

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування

імені адмірала Макарова

**В. О. МИХАЙЛЮК, В. А. ДУБІНІН, В. І. ІЗОТОВ, Н. В. КУЛАЛАЄВА,  
А. М. МАРМАЗИНСЬКИЙ, О. А. СУКОВІЦІН, П. В. ШТЕЙН**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
до виконання практичних, лабораторних та  
індивідуальних робіт з дисципліни  
«БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ»**

*Рекомендовано Методичною радою НУК*

Електронне видання

комбінованого використання на DVD-ROM

УДК 614.8(076)

ББК 30н

М54

*Укладачі:*

В. О. Михайлюк канд. техн. наук, професор;

В. А. Дубінін, канд. воєн. наук, доцент;

В. І. Ізотов, ст. викл.;

Н. В. Кулалаєва канд. хім. наук, доцент;

А. М. Мармазинський, викл.;

О. А. Суковіцин, викл.;

П. В. Штейн, ст. викл.

*Рецензент:*

**В. О. Михайлюк**

М54 Методичні вказівки до виконання практичних, лабораторних та індивідуальних робіт з дисципліни «Безпека життєдіяльності» / В. О. Михайлюк – Миколаїв : НУК, 2013. – 83 с.

Методичні вказівки призначенні для студентів ВНЗів, які вивчають дисципліну «Безпека життєдіяльності» за всіма спеціальностями, а також для викладачів цієї дисципліни. Вони можуть також використовуватися керівним складом суб'єктів господарювання і фахівцями у сфері цивільного захисту для забезпечення практичної частини підготовки персоналу до дій у надзвичайних ситуаціях.

© В. О. Михайлюк, В. А. Дубінін, В. І. Ізотов, Н. В. Кулалаєва, А. М. Мармазинський, О. А. Суковіцин, П. В. Штейн 2013.

© Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2013.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АЕС – атомна електростанція  
АТО – адміністративно-територіальна одиниця  
БЖД – безпека життєдіяльності  
ВР – вибухові речовини  
ГГ – горючі гази  
ГПС – газоповітряна суміш  
ГР – горючі речовини  
ДОП – довгострокове оперативне прогнозування  
ЗІЗ (ЗКЗ) – засоби індивідуального (колективного) захисту  
ЗМХЗ – зона можливого хімічного забруднення  
ІВ – іонізуючі випромінювання  
КТ – контрольні точки  
ЛЗР – легкозаймисті речовини  
МКРЗ – Міжнародна комісія з радіологічного захисту  
НРБУ – норми радіаційної безпеки України  
НС – надзвичайна ситуація  
НФП – небезпечні фактори пожежі  
ПЗХЗ – прогнозована зона хімічного забруднення  
ППС – паливноповітряна суміш  
РЗ – радіоактивне забруднення  
РНО – радіаційно-небезпечний об'єкт  
РО – радіаційна обстановка  
РР – радіоактивні речовини  
СВСП – ступінь вертикальної стійкості повітря  
СВЧЖ – середня втрата часу життя  
СГ – суб'єкт господарювання  
УХ – ударна хвиля  
ЦВ – центр вибуху  
ЦЗ – цивільний захист  
ЯР – ядерний реактор

## ВСТУП

Згідно з п. 20 постанови КМ України від 26.06.2013 № 444 підготовка студентів, які навчаються у закладах освіти за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавр, до дій у надзвичайних ситуаціях передбачає формування знань, умінь та навичок щодо забезпечення необхідного рівня їхньої безпеки відповідно до майбутнього профілю роботи. Провідною дисципліною, де сконцентровано навчальну інформацію, що сприятиме реалізації цього завдання, є «Безпека життєдіяльності». Саме вона має за мету забезпечення теоретичної та практичної підготовки майбутніх фахівців до створення і підтримки безпечних умов професійної діяльності. Тому матеріал, поданий у даних методичних вказівках, спрямований на опанування студентами основних аксіом безпечної життєдіяльності людини, характеристик можливих зовнішніх та внутрішніх негативних факторів, притаманних їхньому фаховому призначенню, наслідків впливу психологічних факторів людини на виробничі процеси і технології, методів виявлення шкідливих та небезпечних факторів, які впливають на життя та здоров'я людини, законодавчих актів і нормативних документів з питань безпеки професійної діяльності.

Методичні вказівки сприятимуть формуванню вмій і навичок з аналізування та оцінки характеристик небезпечних ситуацій з питань підтримки особистої безпеки, забезпечення її в екстремальних ситуаціях. Виконання завдань, наведених в методичних вказівках, буде корисним для глибокого розуміння теоретичного матеріалу нормативної дисципліни «Безпека життєдіяльності».

Методики розрахунку небезпечних чинників НС, які наведено у методичних вказівках, можуть бути використані спеціалістами цивільного захисту об'єктів господарювання під час підготовки управлінських рішень при плануванні заходів забезпечення необхідного рівня їхньої безпеки.

# 1. ЗАГАЛЬНІ МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

## 1.1. Вимоги до виконання роботи

Практичні, лабораторні та індивідуальні роботи виконуються у відповідності з навчальним планом дисципліни «Безпека життєдіяльності».

На занятті кожний студент повинний мати:

- завдання і методичні вказівки до виконання роботи;
- рекомендовані навчальні та довідкові посібники;
- необхідні приладдя для виконання розрахунків, графічної частини роботи та звіту.

У ході розв'язання навчальних питань необхідні вихідні й інші дані беруться з довідкової літератури.

Підсумком роботи є письмовий звіт, який виконується згідно з вимогами Єдиної системи конструкторської документації і здається викладачу для перевірки. Звіт повинний містити: титульну сторінку, зміст, вихідні дані згідно з варіантом завдання, розділи, пункти, підпункти, що завершуються висновками та пропозиціями, перелік використаної літератури.

Одночасно зі звітом повертаються навчально-методичні і довідкові матеріали, отримані студентом на кафедрі БЖД та ЦЗ.

## 2. АНАЛІЗ РИЗИКУ ВИНИКНЕННЯ НЕБЕЗПЕК

Найбільш поширеною оцінкою небезпеки є ризик.

Ризик – це кількісна міра небезпеки, яку розуміють як поєднання двох елементів: частоти чи ймовірності небезпечної або несприятливої події і тяжкості (серйозності) її наслідків. Потреба в такому універсальному визначенні в даний час диктується тим, що запропоновано безліч різновидів і концепцій ризику для застосування до різних аспектів проблеми безпеки життєдіяльності.

Пряму відповідь на питання, як розраховувати ризики, дають методи теорії надійності. Ці методи ґрунтуються на об'єднанні блок-схем складних технічних

пристроїв і теорії ймовірностей, при цьому враховується ще й людський фактор. Серед інших можливих методів оцінки ризику слід згадати матриці ризику, дерева причин, дерева подій, дерева відмов та ін. Перерахуємо деякі найбільш вживані концепції ризику та відповідні показники, широко обговорювані останнім часом: страховий ризик, професійний ризик, індивідуальний ризик, колективний чи груповий ризик, потенційний територіальний ризик, соціальний ризик або  $F/N$  – крива (крива Фармера), очікуваний збиток або  $F/G$  – крива, індекс ризику (*HazardIndex*), класи умов праці за ступенем шкідливості та небезпеки, класи професійного ризику суб'єктів господарювання (СГ). У цій великій кількості концепцій проявляється тенденція до можливо більш тонкої диференціації понять і показників ризику.

Індивідуальний ризик – це частота ураження окремої людини в результаті впливу небезпечного фактора за певний період часу. Як і всякий вид ризику, індивідуальний ризик диференціюється за характером або тяжкістю ураження. Наприклад, розрізняють індивідуальний ризик загального травматизму і ризик травматизму з летальним результатом, причому кожен з цих видів ризику додатково диференціюється за галузями економіки і т.д. Показник індивідуального ризику найбільш часто використовується при аналізі ризиків завдяки простоті і наочності даної концепції.

Колективний або груповий ризик – це очікувана кількість уражених в одиницю часу в результаті впливу небезпечного фактора. Колективний ризик пов'язаний з індивідуальним ризиком: тобто колективний ризик для групи людей дорівнює індивідуальному ризику (для однієї людини), помноженому на кількість  $N$  людей в групі.

#### **Розрахунок індивідуального ризику.**

Величину ризику визначають за співвідношенням:

$$R = \frac{n}{N}$$

де  $n$  – кількість несприятливих наслідків, наприклад смертельних випадків;  $N$  – можлива, максимальна кількість несприятливих наслідків за певний проміжок часу (рік).

Наведена формула дозволяє розрахувати і розміри загального ризику. При оцінці загального ризику величина  $N$  визначає максимальну кількість усіх подій.

**Приклад 1.** Визначимо ризик загибелі людини на СГ за 1 рік, якщо відомо, що на ньому щорічно гине близько  $n = 1,2$  тис. осіб, а чисельність працюючих складає приблизно  $N = 3,4$  млн. чол.:

$$R = \frac{1,2 \cdot 10^3}{3,4 \cdot 10^6} \approx 3,5 \cdot 10^{-4}.$$

**Приклад 2.** Щорічно в країні в наслідок різних небезпек неприродною смертю гине близько 70 тис. чол. Чисельність населення країни 45 млн. чол. Визначимо ризик загибелі жителя країни від небезпек:

$$R = \frac{70 \cdot 10^3}{3,4 \cdot 10^6} \approx 3,5 \cdot 10^{-4}.$$

**Розрахунок ризику скорочення життя від впливу радіоактивного забруднення.**

Радіоактивне забруднення місцевості негативно впливає на здоров'я мешканців.

Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) на підставі вивчення наукових даних припускає, що при отриманні людиною над нормативного рівня дози ( $D$ ) опромінення в 1 бер – скорочення тривалості його життя може скласти 5 діб (з 25000 діб, що в середньому живе людина). Доза зумовлена зовнішнім і внутрішнім опроміненням.

**Послідовність виконання завдання:**

1. Розраховується доза опромінення за все життя після утворення забруднення за формулою, що рекомендувалася науковою службою ООН:

$$D_{\text{бер}} = K \cdot \text{Щ} \text{ (Ки/км}^2\text{)},$$

де:  $K$  – коефіцієнт типу ґрунтів, які складають більшість у регіоні проживання; змінюється в межах від 0,2 до 0,8 – для піщаних ґрунтів рівний 0,8; для чорноземних – 0,2, оскільки в цих ґрунтах міграція радіонуклідів з ґрунту в рослини і м'ясомолочні продукти живлення населення уповільнена;  $\text{Щ}$  – щільність забруднення місцевості радіонуклідами, Ки/км<sup>2</sup>.

2. Визначається середня втрата часу життя (СВЧЖ), яка пов'язана з дозою опромінення:

$$\text{СВЧЖ} = 5 \cdot D_{\text{бер.}}, \text{ (діб).}$$

3. Визначається величина ризику скорочення життя за формулою:

$$R = \text{СВЧЖ}/N,$$

де  $N$  – середня тривалість життя людини.

**Приклад 3.** Визначити СВЧЖ і розмір ризику скорочення життя при щільності забруднення  $50 \text{ Ки/км}^2$  і коефіцієнті типу ґрунту  $0,6$ .

*Рішення:*

1. Визначаємо дозу опромінення  $D_{\text{бер.}} = 0,6 \cdot 50 = 30 \text{ бер.}$ ;
2. Визначаємо  $\text{СВЧЖ} = 5 \cdot 30 = 150 \text{ діб.}$ ;
3. Визначаємо величину ризику  $R = 150/25000 = 0,006 = 6 \cdot 10^{-3}$ .

**Оцінка ступеня прийнятності ризику суспільством.**

**Послідовність виконання завдання:**

1. За допомогою табл. 1 додатку 1 визначається категорія вагомості небезпек.
2. За допомогою табл. 2 додатку 1 визначається індекс ризику, знаючи очікувану частоту виникнення подій та категорії вагомості небезпеки.
3. За табл. 3 додатку 1 визначається критерій ризику небезпеки.
4. Використовуючи графік 1 додатку 1, визначається ступінь прийнятності ризику суспільством.

Якщо знайдена величина ризику прийнятна для суспільства, то робиться висновок, про можливість побудови СГ. Якщо навпаки, то будівництво об'єкту забороняється.

**Приклад 4.**

*Вихідні данні:* тип нещасного випадку – смерть; об'єкт знаходиться поруч з місцем знаходження людей; частота виникнення небезпеки – можлива; сума очікуваних за рік доходів –  $10^5$  у.е.

*Рішення:*

1. Категорія вагомості небезпек – катастрофічна (IV) – табл. 1. додатку 1.
2. Індекс ризику – 4А (табл. 2 додатку 1).
3. Критерії ризику небезпеки – недопустимий (надмірний) – табл. 3. додатку 1.
4. Даний ризик суспільством неприйнятний (графік 1 додатку 1).
5. Об'єкт може будуватися, але за умов, зниження вірогідності ризику від аварії шляхом прийняття відповідного рішення: перенести об'єкт далі від житла, удосконалити технічні засоби захисту.

**Оцінка ризику загрози здоров'ю при впливу канцерогенів, які перебувають у повітрі.**

До канцерогенів відносять речовини, вплив яких достовірно збільшує частоту виникнення пухлин (доброякісних і/або злоякісних) в популяціях людей та/або тварин та/або скорочує час розвитку цих пухлин. При оцінці ризику загрози здоров'ю, спричиненого впливом канцерогенних речовин, використовують два важливих положення. По-перше, прийнято вважати, що у канцерогенів немає порогової дози, їхня дія починається при самих малих кількостях, які потрапили до організму людини. По-друге, вважається, що ймовірність розвитку онкозахворювань (тобто канцерогенний ризик) прямо пропорційно кількості (дозі) канцерогену, введеного в організм.

**Послідовність виконання завдання:**

1. Визначається кількість людей, що захворіли від дії токсиканта,  $q_e$ :

$$q_e = Fr \cdot V \cdot C_i \cdot t \cdot N$$

де  $q_e$  – кількість хворих людей, чол.;  $Fr$  – фактор ризику токсиканту,  $\text{мг}^{-1}$ ;  $V$  – обсяг повітря, що видихається людиною щодоби,  $\text{м}^3/\text{дїб}$ ;  $C_i$  – концентрація токсиканту в розглянутій точці,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $t$  – час дії токсиканту, доба;  $N$  – кількість людей, що піддаються дії токсиканта, чол.

*Примітка:* Для визначення  $C_i$  використовується співвідношення:

$$C_i = \frac{C}{L^2},$$

де  $C$  – концентрація токсиканту на об'єкті,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  $L$  – відстань від ХНО до точки, що розглядається, км. В формулу підставляють значення  $L$  без визначення розмірності; при відсутності даних про об'єм повітря, що видихається людиною кожну хвилину, вважати  $V = 7,5$  л/хв.;  $1\text{л} = 10^{-3} \text{ м}^3$ .

2. Визначається величина ризику, обумовленого дією на людей канцерогенів,  $R$ :

$$R = \frac{q_e}{N}.$$

**Приклад 5.** Після введення в дію деякого промислового об'єкту, населення в кількості 10 тис. чол. постійно (24 години на добу), що проживає на відстані 1 км, підпадає дії токсиканту-канцерогену, який знаходиться в повітрі. Концентрація токсиканту  $0,01 \text{ мг}/\text{м}^3$ , час впливу на людей – 3 години, фактор ризику токсиканту  $10^{-6} \text{ мг}^{-1}$ . Визначити кількість людей, що захворіли на рак, яку можна очікувати від дії цього токсиканту?

*Рішення:*

$$q_e = 10^{-6} \cdot 7,5 \cdot 60 \cdot 24 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 3 \cdot 365 \cdot 10^4 = 1,18 \approx 2 \text{ (чол.)}.$$

### **3. ВИЗНАЧЕННЯ ВРАЖАЮЧИХ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ПРИРОДНОГО ТА ТЕХНОГЕННОГО ПОХОДЖЕННЯ**

#### **3.1. Небезпечні чинники природного походження.**

##### *3.1.1. Оцінка обстановки, що може скластися в наслідок землетрусу*

У зв'язку з можливим загостренням сейсмічної обстановки необхідно провести аналіз можливих наслідків НС території суб'єкту господарювання яка підпала під дію землетрусу і призначити заходи щодо уникнення або зменшення втрат та збитків до мінімально можливих значень.

#### **Послідовність виконання оцінки землетрусу**

1. Визначаються вихідні дані: для цього записують інтенсивність очікуваного землетрусу в балах, вивчають характеристики будівель та споруд.

2. На підставі аналізу та шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64 (додаток 2) визначаються типи будівель та споруд.

3. Визначаються кількість та ступінь пошкоджень будівель в залежності від інтенсивності очікуваного землетрусу за шкалою сейсмічної інтенсивності MSK-64 (за таблицею 1 та п. 2 і 3 шкали, додаток 2).

3. Оцінюється вплив землетрусу на поведінку людей, оточуюче середовище і т.п. (шкала MSK-64 додаток 2).

4. Призначаються заходи щодо уникнення чи зменшення можливих втрат та збитків.

### **Приклад оцінки землетрусу**

Визначити кількість та ступінь пошкоджень будівель (60 будинків) типу А в наслідок землетрусу VII балів.

*Розв'язання:* За таблицею 1 додаток 2 шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64 визначаємо:

Будівлі отримають:

а) окремі пошкодження 4 ступеню, що складає близько 5% (п. 2 шкали MSK-64 додаток 2);

б) багато які пошкодження 3 ступеню що складає близько 50%) (п. 2 шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64 додаток 2);

Таким чином, відповідно до п. 2 та 3 шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64 додаток 2 визначаємо можливу кількість та характер руйнувань:

а) біля  $\frac{60 \cdot 5\%}{100\%} = 3$  будинки можуть отримати пошкодження 4 ступеню, тобто: наскрізні тріщини та проломи в стінах, обвалювання окремих частин будівель, руйнування зв'язків між окремими частинами приміщень, завалювання внутрішніх стін та стін заповнення каркасу;

б) біля  $\frac{60 \cdot 50\%}{100\%} = 30$  будинків можуть отримати пошкодження 3 ступеню, тобто, важкі пошкодження: великі та глибокі тріщини у стінах падіння димарів.

Відповідно до розділу п. 5 шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64 додаток 2 також знаходимо що при землетрусі VII балів:

а) більшість людей налякані і вибігають із приміщень. Багато людей ледве утримуються на ногах. Коливання відчують водії машин під час руху. Дзвонять великі дзвони;

б) в окремих випадках з'являються зсуви проїзної частини доріг на крутих схилах та тріщини на дорогах. Порушаються стики трубопроводів; тріщини в кам'яній огорожі;

в) на поверхні води утворюються хвилі; вода стає каламутною внаслідок підняття мулу. Змінюється рівень води у криницях та дебет джерел. У багатьох випадках утворюються нові або пропадають діючі джерела води. Окремі випадки зсувів на піщаних чи гравійних берегах річок.

### *3.1.2. Прогнозування паводкової повені.*

Паводкова повінь – це інтенсивний, порівняно короткочасний, підйом рівня води, що формується сильними дощами.

Для зниження матеріального збитку і підвищення безпеки населення здійснюється завчасне короткострокове прогнозування можливих наслідків повені. Під короткостроковим прогнозуванням слід розуміти складання гідрологічного прогнозу характеру і наслідків повені не більш ніж за 12-15 діб.

Для прогнозування наслідків повені застосовується наступна методика, яку розроблено для відповідних типів річкових русел: прямокутного, трикутного, трапецеподібного, тощо. Розглянемо одне з них – трикутне (рис. 1).

#### **Послідовність прогнозування наслідків повені:**

*Визначаються:*

1. Площа перетину русла річки до паводку, м<sup>2</sup>.

$$S_0 = \frac{b_0 \cdot h_0}{2};$$

2. Витрата води до настання повені, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_0 = V_0 \cdot S_0;$$

де  $V_0$  – швидкість течії річки, м/с.

3. Витрата води після випадіння опадів, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_{\max} = Q_0 + \frac{J \cdot F}{3,6},$$

де  $J$  – інтенсивність опадів, мм/год.;  $F$  – площа випадіння опадів, км<sup>2</sup>.

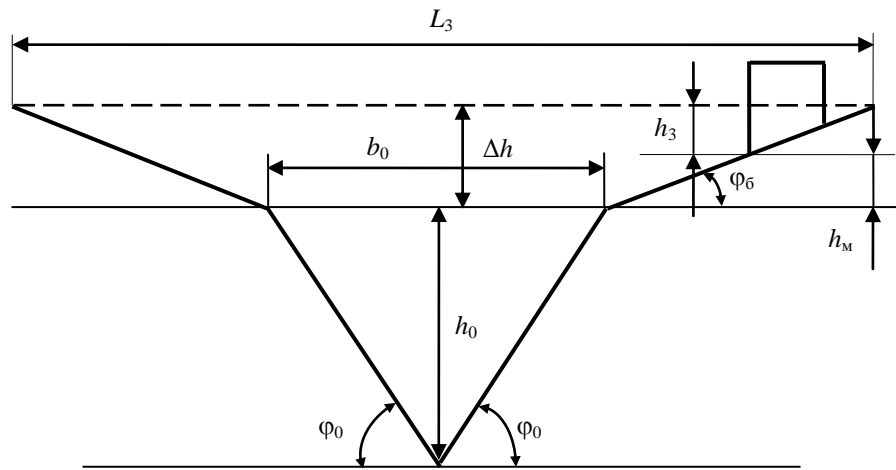


Рис. 1. Схема визначення характеристик зони затоплення річки з трикутним руслом

$h_0$  – глибина річки до паводку, м;  $b_0$  – ширина річки до паводку, м;  
 $\varphi_0$  – кут нахилу підводної частини річки, градуси;  $\varphi_6$  – кут нахилу берегової  
 смуги, градуси;  $h_M$  – висота місця об'єкту, м;  $L_3$  – ширина території,  
 що затоплюється під час повені, м.

4. Висота підйому води в річці при проходженні паводку, м,

$$\Delta h = \left( \frac{2Q_{\max} \cdot \sqrt[3]{h_0^5}}{b_0 \cdot V_0} \right)^{\frac{3}{8}} - h_0;$$

5. Максимальна швидкість потоку води при проходженні паводку, м/с,

$$V_{\max} = V_0 \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{h_0 + \Delta h}{h_0} \right)^2};$$

6. Глибина затоплення, м,

$$h_3 = \Delta h - h_M;$$

7. Максимальна швидкість потоку затоплення, в районі об'єкту, м/с,

$$V_3 = V_{\max} \cdot f;$$

де  $f$  – параметр віддаленості об'єкту від русла річки, визначається за таблицею 4 додатку.

8. Ширина території, що затоплюється під час повені, м,

$$L_3 = b_0 + 2\Delta h \cdot \operatorname{ctg}\varphi_6;$$

9. Площа затоплення в низині, км<sup>2</sup>,

$$S_H = N \cdot L_3,$$

де  $N$  – довжина низини в місці затоплення, км.

10. Вражаюча дія паводку. Вона визначається за максимальною швидкістю потоку затоплення  $V_3$  та глибиною затоплення  $h_3$  (табл. 5 додатку 1).

### Приклад розрахунку зон затоплення.

У районі Х сталася повінь, яка має такі характеристики: глибина річки до паводку,  $h_0 = 5$  м; ширина річки до паводку,  $b_0 = 20$  м; швидкість течії річки,  $V_0 = 0,3$  м/с; кут нахилу берегової смуги,  $\varphi_6 = 2^\circ$ ; інтенсивність опадів,  $J = 20$  мм/год.; площа випадання опадів,  $F = 20$  км<sup>2</sup>; висота місця об'єкту (дерев'яні будинки),  $h_m = 0,5$  м; довжина низини в місці затоплення,  $N = 10$  км.

*Рішення:*

1. Визначення площі перерізу русла річки до паводку, м<sup>2</sup>,

$$S_0 = \frac{b_0 \cdot h_0}{2} = \frac{20 \cdot 5}{2} = 50, \text{ м}^2.$$

2. Витрата води до настання повені, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_0 = V_0 \cdot S_0 = 0,3 \cdot 50 = 15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

3. Витрата води після випадіння опадів, м<sup>3</sup>/с,

$$Q_{\max} = Q_0 + \frac{J \cdot F}{3,6} = 15 + \frac{20 \cdot 20}{3,6} = 126,1, \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Висота підйому води в річці при проходженні паводка, м,

$$\Delta h = \left( \frac{2Q_{\max} \cdot \sqrt[3]{h_0^5}}{b_0 \cdot V_0} \right)^{\frac{3}{8}} - h_0 = \left( \frac{2 \cdot 126,1 \cdot \sqrt[3]{5^5}}{20 \cdot 0,3} \right)^{\frac{3}{8}} - 5 = 6,11, \text{ м}.$$

5. Максимальна швидкість потоку води при проходженні паводку, м/с,

$$V_{\max} = V_0 \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{h_0 + \Delta h}{h_0} \right)^2} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{\left( \frac{5 + 6,11}{5} \right)^2} = 0,51, \text{ м/с}.$$

6. Глибина затоплення, м,

$$h_3 = \Delta h - h_m = 6,11 - 0,5 = 5,61, \text{ м}.$$

7. Максимальна швидкість потоку затоплення, в районі об'єкту, м/с,

$$V_3 = V_{\max} \cdot f = 0,51 \cdot 1,25 = 0,64, \text{ м/с}.$$

8. Ширина території, що затоплюється під час повені, м,

$$L_3 = b_0 + 2\Delta h \cdot \text{ctg}\varphi_6 = 20 + 2 \cdot \text{ctg} 2^\circ = 370, \text{ м}.$$

9. Площа затоплення в низині, км<sup>2</sup>,

$$S_H = N \cdot L_3 = 10 \cdot 0,37 = 3,7, \text{ км}^2.$$

10. Вражаюча дія паводку. Вона визначається за максимальною швидкістю потоку затоплення  $V_3 = 0,64$  м/с, очікується слабке руйнування та глибиною затоплення  $h_3 = 5,61$  м очікується сильне руйнування.

Таким чином, очікується сильне руйнування дерев'яних будинків.

### **3.2. Небезпечні чинники техногенного походження**

#### *3.2.1. Розрахунок основних параметрів пожежі*

Пожежа – це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі та створює загрозу життю і здоров'ю людей, навколишньому середовищу, призводить до матеріальних збитків.

Зміна пожежі від початку її виникнення до повної ліквідації горіння називається розвитком пожежі. Процес розвитку пожежі характеризується наступними основними геометричними та фізичними параметрами: лінійна швидкість поширення горіння,  $V_{\text{л}}$  (м/хв.); шлях, пройдений вогнем,  $L$ , (м); площа пожежі,  $S_{\text{п}}$  (м); периметр пожежі,  $P_{\text{п}}$  (м); фронт пожежі,  $\Phi_{\text{п}}$  (м).

Дані параметри не постійні і змінюються в просторі та часі. Лінійна швидкість поширення горіння представляє фізичну величину, яка характеризується поступальним рухом фронту полум'я в даному напрямку за одиницю часу (м/с). Лінійна швидкість поширення горіння визначається за табл. 32 додатку 1. При визначенні розмірів можливої пожежі лінійну швидкість поширення горіння в перші 10 хвилин від початку виникнення пожежі необхідно приймати половинною від табличного значення ( $0,5V_{\text{л}}$ ). Після 10 хвилин і до моменту введення засобів гасіння в зону горіння першим підрозділом, прибулим на пожежу, величини лінійної швидкості для розрахунку береться рівною табличній ( $V_{\text{л}}$ ), а з моменту введення перших засобів гасіння до моменту локалізації пожежі вона знову приймається половинною від табличного значення ( $0,5V_{\text{л}}$ ).

### 3.2.1.1. Визначення часу вільного розвитку горіння

Час вільного горіння розраховується за формулою:

$$\tau_{\text{вільн}} = \tau_{\text{виявл}} + \tau_{\text{пов}} + \tau_{\text{зб}} + \tau_{\text{сл}} + \tau_{\text{бр}},$$

де  $\tau_{\text{виявл}}$  – час виявлення, хв.;  $\tau_{\text{пов}}$  – час повідомлення про пожежу, хв.;  $\tau_{\text{зб}}$  – час збору підрозділу, хв.;  $\tau_{\text{сл}}$  – час слідування підрозділу, хв.;  $\tau_{\text{бр}}$  – час, витрачений на проведення бойового розгортання (в межах 4-6 хвилин), хв.

### 3.2.1.2. Визначення шляху, пройденого вогнем

Залежно від часу вільного горіння, шлях, пройдений вогнем, м, можна визначити за однією з формул:

– якщо  $\tau_{\text{вільн}} \leq 10$  хв., то 
$$L = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \tau_{\text{СВ}};$$

– якщо  $\tau_{\text{вільн}} > 10$  хв., то

$$L = 0,5 \cdot V_{\text{л}} \tau_1 + V_{\text{л}} \tau_2 = 0,5 \cdot V_{\text{л}} 10 + V_{\text{л}} (\tau_{\text{СВ}} - 5),$$

де  $\tau_1 = 10$  хв.;  $\tau_2 = \tau_{\text{вільн}} - \tau_1 = \tau_{\text{вільн}} - 10$ .

### 3.2.1.3. Визначення форми площі пожежі

Площа пожежі – це площа проекції поверхні горіння твердих і рідких речовин та матеріалів на поверхню землі або підлоги приміщення.

Залежно від місця виникнення пожежі, геометричних розмірів приміщення або будівлі, наявності протипожежних перешкод, шляху, пройденого вогнем, площа пожежі може набувати різні форми: кругову, кутову, прямокутну. Розподіл форм площі пожежі на три види є умовним і застосовується для спрощення практичних розрахунків.

Кругова форма площі пожежі зустрічається при виникненні горіння в геометричному центрі приміщення або в глибині великої ділянки з пожежним навантаженням, якщо швидкість його поширення у всіх напрямках за безвітряної погоди приблизно однакова (склади лісоматеріалів, хлібні масиви, спаленні

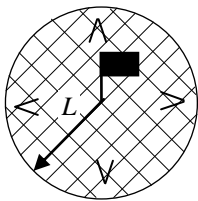


Рис. 2. Кругова форма пожежі

покриття великих площ, виробничі, а також складські приміщення великої площі тощо) – рис. 2.

Кутова форма характерна для пожежі, яка виникає на межі великої

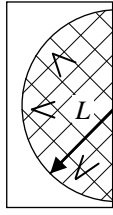


Рис. 3. Кутова форма пожежі 180°



Рис. 4. Кутова форма пожежі 90°

Прямокутна форма площі пожежі зустрічається, коли горіння виникає на межі або в глибині довгої ділянки з пожежним навантаженням і поширюється в одному або декількох напрямках: за вітром – з більшою, проти вітру – з меншою, а при відносно безвітряної погоди приблизно з однаковою лінійною швидкістю (високі будівлі невеликої ширини будь-якого призначення і конфігурації, ряди житлових будинків з надвірними спорудами в сільських населених пунктах і т.д.). Пожежі у будинках з невеликими приміщеннями мають прямокутну форму (рис. 5).

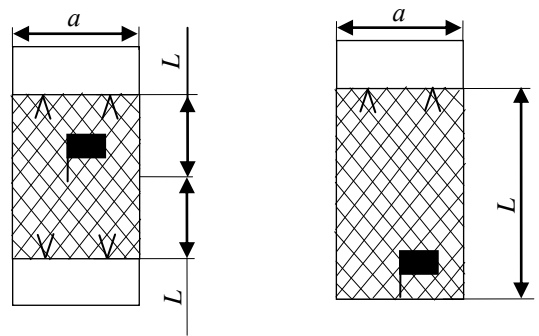


Рис. 5. Прямокутна форма пожежі

У процесі розвитку пожежі її форма може змінюватися. Так, початкова кругова або кутова форма площі пожежі через певний проміжок часу (після досягнення горіння огорожувальних конструкцій) перейде в прямокутну:

- з кругової і кутової 180° перейде в прямокутну, за умови:  $2b \geq a$ ;
- з кутової 90° перейде в прямокутну, за умови:  $b \geq a$ .

У підсумку, якщо пожежа буде і далі поширюватися, вона прийме геометричну форму даної ділянки. При прямокутній формі приміщення

(будівлі) площа пожежі,  $\text{м}^2$ , в даному випадку буде дорівнює площі цього приміщення (будівлі):

$$S_n = a \cdot b,$$

де  $b$  – довжина приміщення (будівлі), м.

При горінні нафти і нафтопродуктів у резервуарах форма площі пожежі відповідає правильній геометричній фігурі ємності (колу або прямокутнику), при розлиті рідини – її площі.

Для визначення розрахункової схеми реальну форму площі пожежі приводять до фігур правильної геометричної форми (рис. 6 **а**, **б**, **в**): колу з радіусом  $R$  (при круговій формі), сектору кола з радіусом  $R$  і кутом  $\alpha$  (при кутовий формі), прямокутнику з шириною сторони  $a$  і довжиною  $b$  (при прямокутній формі).

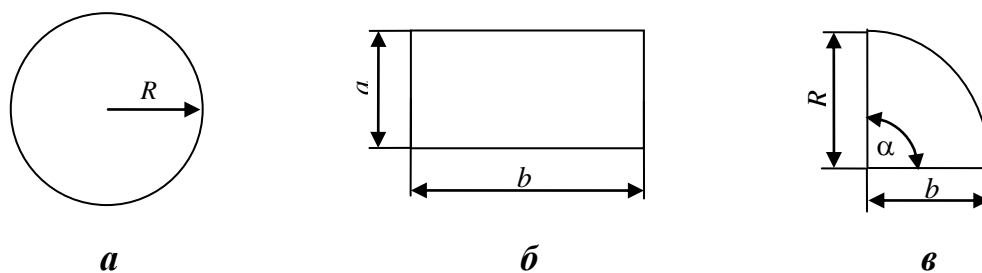


Рис. 6. Розрахункові схеми за формами площі пожежі

**а** – коло; **б** – прямокутник; **в** – сектор

При круговій формі розвитку пожежі параметри визначають за наступними залежностями:

$$S_n = \pi \cdot R^2, \text{ м}^2; \quad P_n = 2\pi \cdot R, \text{ м}; \quad \Phi_n = 2 \cdot \pi \cdot R, \text{ м};$$

$$R = 0,5 \cdot V_{\text{Л}} \cdot \tau_1 + V_{\text{Л}} \cdot \tau_2, \text{ м при } \tau_{\text{вільн}} > 10 \text{ хв.},$$

де  $\tau_1 = 10$  хв.,  $\tau_2 = \tau_{\text{вільн}} - \tau_1 = \tau_{\text{вільн}} - 10$ ,

$$R = 0,5 \cdot V_{\text{Л}} \cdot \tau_{\text{вільн}} \text{ при } \tau_{\text{вільн}} \leq 10 \text{ хв.},$$

де  $S_n$ ,  $P_n$ ,  $\Phi_n$ ,  $R$  – відповідно площа, периметр, фронт та радіус поширення пожежі;  $V_{\text{Л}}$  – лінійна швидкість розповсюдження пожежі, м/хв. (табл. 32 додатку 1);  $\tau_1$  – перші 10 хв. вільного розвитку пожежі (*const*);  $\tau_2$  – час вільного розвитку пожежі на момент локалізації без урахування  $\tau_1$ ,  $\tau_{\text{вільн}}$  – час вільного горіння.

При кутовій формі розвитку пожежі:

$$S_n = k \cdot \pi \cdot R^2, \text{ м}^2; \quad P_n = R \cdot (2 + \alpha), \text{ м}; \quad \Phi_n = \alpha \cdot R, \text{ м};$$

де  $S_n$ ,  $P_n$ ,  $\Phi_n$  – відповідно площа, периметр та фронт поширення пожежі;  $k$  – коефіцієнт, що враховує кут розвитку пожежі ( $k = 0,5$  при куту  $180^\circ$ ,  $k = 0,25$  при куту  $90^\circ$ );  $\alpha$  – кут, в середині якого проходить розвиток пожежі, рад. ( $1 \text{ рад} \approx 57^\circ$ ).

При прямокутній формі розвитку пожежі:

$$S_n = a \cdot b, \text{ – при розвитку в одному напрямку, м}^2$$

$$\text{або } a \cdot (b_1 + b_2), \text{ – при розвитку в двох напрямках, м}^2;$$

$$P_n = 2 \cdot (a + b), \text{ м}; \quad \Phi_n = n \cdot a, \text{ м},$$

де  $S_n$ ,  $P_n$ ,  $\Phi_n$  – відповідно площа, периметр та фронт поширення пожежі;  $a$  – фронт пожежі, м;  $b$  – довжина площі пожежі, м;  $n$  – кількість напрямків розвитку пожежі в горизонтальній проекції.

**Приклад 1.** Пожежа, виникла в центрі приміщення книгосховища. Визначати параметри пожежі на 14 хв. її вільного розвитку.

*Рішення:*

– радіус поширення пожежі ( $R$ ) дорівнює:

$$R = 0,5 V_{\text{л}} \cdot \tau_1 + V_{\text{л}} \cdot \tau_2 = 0,5 \cdot 3 \cdot 10 + 3 \cdot (14 - 10) = 27 \text{ м};$$

– оскільки форма пожежі кругова, то її площа дорівнює:

$$S_{\text{п}} = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 27^2 = 2289,06 \text{ м}^2,$$

де:  $\pi - 3,14$  (*const*);

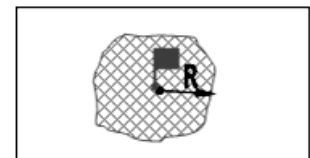
– визначаємо периметр пожежі:

$$P_{\text{п}} = 2\pi \cdot R = 2 \cdot 3,14 \cdot 27 = 169,56 \text{ м}.$$

– оскільки пожежа набула кругової форми розвитку на 14 хв., то периметр пожежі буде дорівнювати її фронту, тобто:

$$\Phi_{\text{п}} = P_{\text{п}} = 169,56 \text{ м}.$$

**Приклад 2.** Пожежа виникла у навчальному закладі, поширюється в одному напрямку розмір вогнища  $60 \times 30$  м. Визначити основні параметри пожежі на 25 хв. її вільного розвитку, якщо лінійна швидкість поширення пожежі  $V_{\text{л}} = 0,8$  м/хв.



*Рішення:*

– радіус поширення пожежі:

$$R = 0,5 V_{\text{л}} \cdot \tau_1 + V_{\text{л}} \cdot \tau_2 = 0,5 \cdot 0,8 \cdot 10 + 0,8 \cdot (25 - 10) = 16 \text{ м};$$

– оскільки форма пожежі прямокутна, то площа дорівнює:

$$S_{\text{п}} = a \cdot b = a \cdot R = 30 \cdot 16 = 480 \text{ м}^2,$$

де:  $a$  – ширина будівлі, м;  $b(R)$  – шлях, який здійснила пожежа на 25 хв. її вільного розвитку, м.

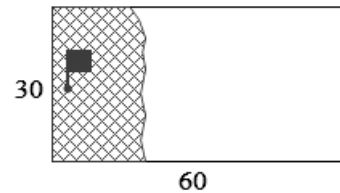
– периметр пожежі:

$$P_{\text{п}} = 2(a + b) = 2(30 + 16) = 92 \text{ м};$$

– фронт пожежі:

$$\Phi_{\text{п}} = n \cdot a = 1 \cdot 30 \text{ м},$$

де:  $a$  – ширина будівлі;  $n$  – кількість напрямків розвитку пожежі.



**Приклад 3.** Пожежа, що виникла у типографії, має розмір  $35 \times 15$  м. Визначити основні параметри пожежі на 17 хв. її вільного розвитку. Лінійна швидкість поширення пожежі  $V_{\text{л}} = 0,6$  м/хв.

*Рішення:*

– радіус поширення пожежі:

$$R = 0,5 V_{\text{л}} \cdot \tau_1 + V_{\text{л}} \cdot \tau_2 = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 10 + 0,6 \cdot (17 - 10) = 7,2 \text{ м};$$

– площа пожежі за умов кутової форми дорівнює:

$$S_{\text{п}} = 0,25 \cdot \pi \cdot R^2 = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 7,2^2 = 40,6 \text{ м}^2,$$

де:  $\pi - 3,14$  (*const*);

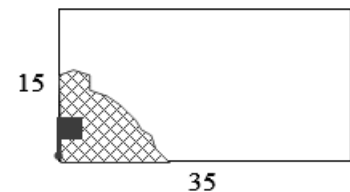
– периметр пожежі:

$$P_{\text{п}} = R \cdot (2 + \alpha) = 7,2 \cdot (2 + 1,57) = 25,7 \text{ м},$$

де:  $\alpha$  – кут у радіанах (для  $\angle 90^\circ = \alpha = 1,57$  рад).

– фронт пожежі. Оскільки пожежа набула кутової форми розвитку на 17 хв.:

$$\Phi_{\text{п}} = \alpha \cdot R = (1,57 \cdot 7,2) = 11,3 \text{ м}.$$



**Приклад 4.** Пожежа виникла у житловій будівлі розміром 12×27м. Визначити  $S_{\text{п}}$  та  $\Phi_{\text{п}}$  на 27 хв. її вільного розвитку, якщо лінійна швидкість поширення пожежі  $V_{\text{п}}$  0,7 м/хв.

*Рішення:*

– шлях, який здійснила пожежа за 27 хв. її вільного розвитку:

$$R = 0,5 V_{\text{п}} \cdot \tau_1 + V_{\text{п}} \cdot \tau_2 = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 10 + 0,7 \cdot (27 - 10) = 15,4 \text{ м.}$$

– площа пожежі:

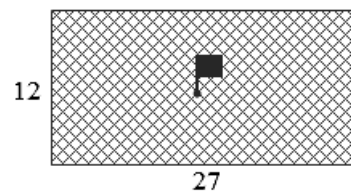
$$S_{\text{п}} = a \cdot b = 12 \cdot 27 = 324 \text{ м}^2.$$

Пожежею буде охоплене все приміщення, оскільки  $R$  перевищує ширину будівлі.

– фронт пожежі:

$\Phi_{\text{п}} = 0$ , оскільки пожежа не

розповсюджується, внаслідок обмеження стінами.



### 3.2.2. Оцінка наслідків радіаційного впливу на людину при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах

Одним із основних заходів у сфері захисту населення є радіаційний захист. Він містить заходи з виявлення та оцінки радіаційної обстановки (РО), організацію і здійснення дозиметричного контролю, розробку типових режимів радіаційного захисту людей, забезпечення їх засобами індивідуального та колективного захисту (ЗІЗ та ЗКЗ), організацію та проведення спеціальної обробки. До джерел радіаційного забруднення (РЗ) можна віднести накопичену певними державами ядерну зброю, широке використання радіоактивних речовин (РР) – джерел іонізуючих випромінювань (ІВ) у різних галузях науки, техніки та господарчої діяльності, ядерні вибухи та аварії на об'єктах уранової, радіохімічної промисловості, атомних електростанціях (АЕС), місця переробки та поховання радіоактивних відходів тощо. РР генерують ІВ, біологічна дія яких через ефекти іонізації та подальший розвиток хімічних реакцій в біологічних структурах клітки, може привести до її загибелі.

Ступінь ураження організму залежить від кількості поглинутої енергії ІВ. Для характеристики поглинутої енергії ІВ одиницею маси речовини звичайно використовують поняття поглинутої дози. Поглинута доза – це кількість енергії, яка поглинута одиницею маси опроміненої речовини. Одиницею поглинутої дози в системі СІ є – Грей (Гр), використовується також позасистемна одиниця – рад.  $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг} = 100 \text{ рад}$ .

При опроміненні живих організмів виникають різні біологічні ефекти, різниця між якими при одній і тій же поглинутій дозі пояснюється різними видами опромінення. Тому прийнято порівнювати біологічні ефекти, які спричиняють будь-які ІВ, з ефектами від  $R$  та  $\gamma$  – випромінювань, тобто йдеться про еквівалентну дозу. В системі СІ, як одиницю еквівалентної дози використовують зіверт (Зв). Застосовується також позасистемна одиниця еквівалентної дози ІВ – бер (біологічний еквівалент рад).  $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$ . Коефіцієнт який показує, на скільки раз вид випромінювання, що оцінюється, біологічно не безпечніший за  $R$  та  $\gamma$  – випромінювання при однаковій поглинутій дозі, називається коефіцієнтом якості випромінювання ( $Q$ ). Для  $R$ ,  $\gamma$  та  $\beta$ -випромінювання  $Q = 1$ , для нейтронів  $Q = 10$ , для  $\alpha$  – випромінювання  $Q = 20$ . Таким чином еквівалентна доза визначається добутком поглинутої дози на коефіцієнт якості випромінювання  $D_{\text{екв}} = D_{\text{пог}} \cdot Q$ ,  $1 \text{ бер} = 1 \text{ рад} \cdot Q$ ;  $1 \text{ Зв} = 1 \text{ Гр} \cdot Q$ .

Іноді в тексті зустрічається не рекомендована для використання після 1.01.90 р. одиниця вимірювання дози – рентген (Р).  $1 \text{ Р} = 0,93 \cdot 10^{-2} \text{ Зв}$ .

Важливим фактором при впливі ІВ на організм людини є час опромінення. При інших рівних умовах доза ІВ тим більше, чим більше час опромінення, тобто доза накопичується з часом. Ступінь враження організму залежить також від розміру опроміненої поверхні, з її зменшенням знижується і біологічний ефект поразки.

Сукупність умов, які виникають в результаті аварії на радіаційне небезпечних об'єктах (РНО), що характеризуються масштабами і ступенем РЗ місцевості, акваторії, об'єктів, які впливають на життєдіяльність населення,

персоналу СГ, називається радіаційною обстановкою (РО). Виявлення РО полягає у визначенні розмірів зон зараження і відображення найбільш вірогідного положення цих зон на карті (схемі).

Під оцінкою РО розуміють рішення основних задач, за допомогою яких визначають ступінь можливого впливу РЗ на життєдіяльність населення, персоналу СГ.

Оцінка РО може здійснюватися методом прогнозування і за даними розвідки. Перший метод досить приблизний, але дозволяє швидко оцінювати обстановку, другий – більш точний, але потребує більше часу і відносно більшої кількості сил і засобів. Оскільки процес формування сліду радіоактивної хмари відносно довгий, то попередньо обстановка оцінюється методом прогнозування, що дозволяє завчасно, до підходу хмари зараженого повітря, прийняти захисні заходи. Орієнтовні розміри зон РЗ визначаються за допомогою довідкових таблиць. При оцінці РО іншим методом – за даними розвідки, визначаються фактичні розміри зон за рівнями радіації, які вимірювались в певних точках місцевості. Знаючи своє місце в зоні РЗ, можна проаналізувати можливі наслідки опромінення і вибрати найбільш доцільні варіанти дій, які забезпечать захист населення, персоналу СГ.

#### *3.2.2.1. Оцінка РО при аварії на РНО методом прогнозування*

Для оцінки РО при аварії на РНО методом прогнозування необхідно знати такі дані: координати РНО, час аварії; потужність аварійного джерела РЗ, напрямок і швидкість середнього вітру, в районі аварії, і по шляху руху радіоактивної хмари. При цьому приймаються наступні умови: викид продуктів ядерного розподілу – одноразовий, напрям і швидкість вітру постійні.

Виявлення РО методом прогнозування зводиться до нанесення на карту зон можливого забруднення (рис. 7) і відбувається в такій послідовності:

1. На карту (схему) наносять точку – центр РНО (АЕС) і його характеристику. Потім з цього центру проводять коло з  $r = 0,2...0,3$  км (розмір проммайданчика).

2. З центру РНО в напрямку середнього вітру проводять вісь сектору центральним кутом  $40^\circ$ , який утворений двома дотичними до визначеного кола під кутом  $20^\circ$  (бічні сторони сектору).

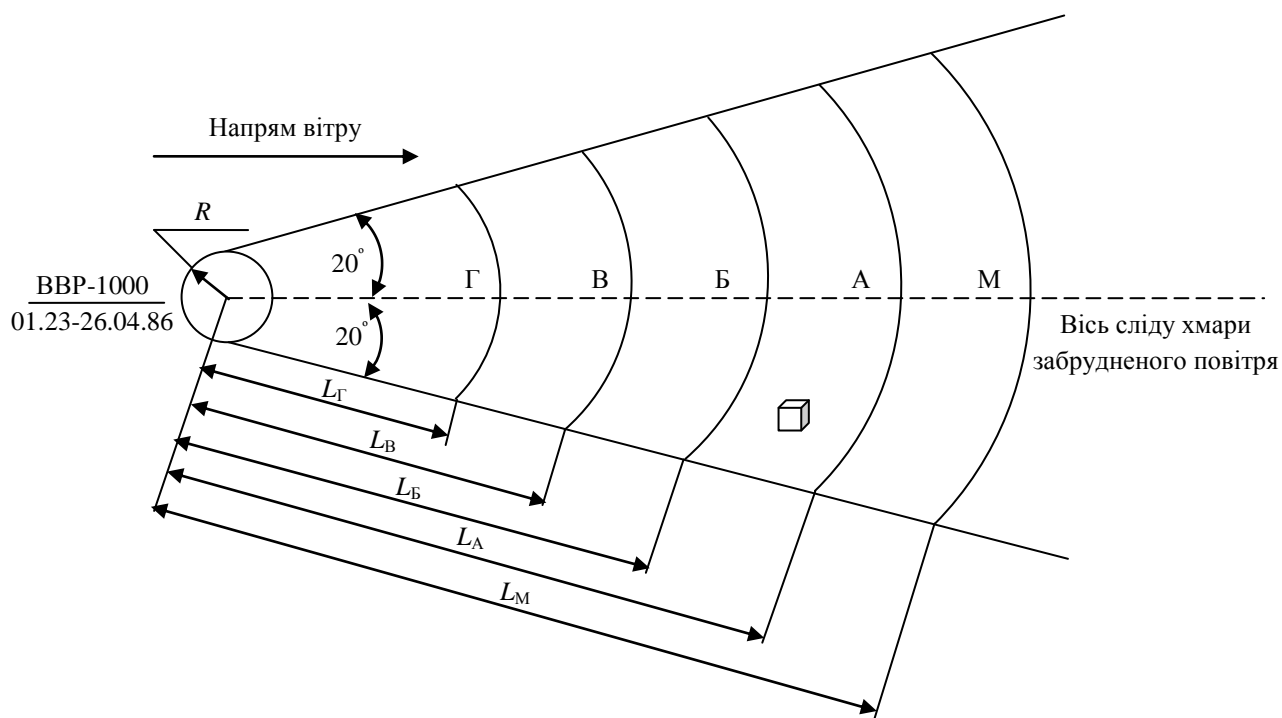


Рис. 7. Схема зон можливого РЗ місцевості при аварії на АЕС (при одноразовому викиді РР) Г – надзвичайно небезпечного РЗ, В – небезпечного РЗ, Б – сильного РЗ, А – помірного РЗ і зона М – радіаційної небезпеки, R – радіус промайданчика,  $\square$  – СГ.

3. Весь сектор поділяється на 5 зон РЗ радіусами, що дорівнюють довжинам  $L$  цих зон (Г, В, Б, А, М), які визначаються за табл. 6 додатку 1, в залежності від потужності та кількості аварійних реакторів.

Межі зон наносять на карту (схему) відповідним кольором: зона М – червоним, зона А – синім, зона Б – зеленим, зона В – коричневим, зона Г – чорним.

Параметри, що характеризують зони РЗ (визначаються за табл. 6 додатку 1):

- потужність дози (рівень радіації) на 1 годину після аварії ( $P_1$ );
- потужність дози на 10 годин після аварії ( $P_{10}$ );
- доза опромінення за 1 рік ( $D_{\text{рік}}$ ).

Місцевість вважається забрудненою при  $P \geq 78 \cdot 10^{-5}$ , мЗв/с.

Оцінка РО містить рішення таких задач, як визначення можливих доз опромінення, допустимої тривалості часу перебування в зонах РЗ, допустимого часу входу в ці зони, тощо. При розрахунках необхідно керуватися допустимою дозою опромінення, що встановлена для категорій населення, яке опинилося в зоні РЗ при аварії на РНО.

Завершальним етапом оцінки РО є висновки, в яких визначається вплив РЗ на діяльність персоналу СГ, найбільш цілеспрямовані варіанти дій в умовах РЗ, заходи з організації захисту і ліквідації наслідків забруднення.

#### *3.2.2.2. Екстрена оцінка РО при аварії на АЕС*

Основним завданням першого етапу, який триває декілька годин (не більше 24 годин) з моменту встановлення факту аварій, є екстрена оцінка РО і очікуемого масштабу аварії для визначення та проведення першочергових заходів, направлених на захист населення. На підставі викладеного вище побудована методика виявлення та екстреної оцінки РО при аварії на РНО (на прикладі аварії на АЕС). При розрахунках приймаються наступні допущення:

- викид РР відбувається одноразово і одночасно від всіх аварійних реакторів;

- напрям і швидкість вітру – постійні.

Виявлення РО здійснюється в такій послідовності:

1. На карту (схему) наносять зони можливого РЗ.

2. Визначається в якій зоні РЗ і в якій точці цієї зони може опинитися СГ, що досліджується. Ця точка визначається в залежності від відстані, на якій знаходиться СГ від геометричного центру АЕС і визначеної довжини зони, де він знаходиться.

3. На вісі зони РЗ визначаються контрольні точки: КТ-2 – в центрі СГ, КТ-1 – на ближній межі СГ, КТ-3 – на дальній межі.

Кількість контрольних точок визначається за необхідністю, але якщо відстань між ближньою і дальньою межами СГ менше 10 км, то можна обійтися тільки однією основною КТ – в центрі СГ.

4. Визначається час початку РЗ у контрольних точках за формулою:

$$t_{\text{п}} = R/V_{\text{сер}}, (\text{год.}),$$

де  $t_{\text{п}}$  – час початку РЗ, год.;  $R$  – відстань від АЕС, км;  $V_{\text{сер}}$  – швидкість середнього вітру, км/год.

**Приклад 1.** Визначити час початку опромінення, якщо відстань від АЕС до контрольної точки складає 75 км, а швидкість середнього вітру 25 км/год.

*Рішення:*

Для визначення часу початку опромінення використовують формулу:

$$t_{\text{п}} = R/V_{\text{сер}} = 75/25 = 3 \text{ год.}$$

5. Визначається рівень радіації на вісі сліду радіоактивної хмари (у КТ) через 1 годину після аварії ( $P_1$ ) використовуючи табл. 7 додатку 1 і в залежності від відстані до АЕС, потужності та кількості аварійних реакторів.

Якщо значення відстані ( $R$ ) не співпадає з табличним значенням, то необхідно провести інтерполяцію значень  $P_1$  за формулою:

$$f(x) = f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a} \cdot (x - a),$$

де  $x$  – шукане значення аргументів;  $a, b$  – межові значення відрізка, якому належить  $x$ ;  $f(a), f(b)$  – значення функції в межових точках відрізка  $ab$ ;  $f(x)$  – значення функції шуканого аргументу.

**Приклад 2.** Визначити рівень радіації у КТ через одну годину після аварії ( $P_1$ ), якщо відстань від АЕС до КТ становить 75 км, потужність реактора – 1000 МВт, кількість аварійних реакторів – 2 шт.

*Рішення:*

Використовуючи таблицю 7 додатку 1, визначають, що на відстані 75 км від АЕС до КТ, при аварії на 2-х реакторах і потужності реактору 1000 МВт, рівень радіації ( $P_1$ ) через 1 год. після аварії складатиме  $1,82 \cdot 10^{-5}$  Зв/с, ( $P_1 = 1,82 \cdot 10^{-5}$  Зв/с)

6. Визначають фактичні рівні радіації ( $P_t$ ) у позначених точках за даними розвідки або шляхом розрахунку за формулою:

$$P_t = P_1 \cdot K_t,$$

де  $P_t$  – фактичний рівень радіації на певний час, Зв/с;  $P_1$  – рівень радіації через 1 годину після аварії, Зв/с;  $K_t$  – коефіцієнт перерахунку, який визначається за таблицею 8 додатку 1.

Якщо значення  $t_n$  у КТ не співпадає з табличним, то необхідно провести інтерполяцію значень.

**Приклад 3.** Визначити рівень радіації на час випадання радіоактивних опадів ( $P_t$ ) у КТ, якщо час, що пройшов після аварії складає 3 год. Рівень радіації через 1 год. після аварії ( $P_1$ ) складає  $1,82 \cdot 10^{-5}$  Зв/с.

*Рішення:*

Визначення  $P_t$  необхідно здійснювати за формулою:

$$P_t = P_1 \cdot K_t$$

Визначення коефіцієнта  $K_t$  можна здійснювати 2 способами:

- 1) за формулою  $K_t = t^{-0,4}$  і калькулятором  $K_t = 3^{-0,4} = 0,64$ ;
- 2) за допомогою таблиці 8 додатку 1, де при  $t_n = 3$  год,  $K_t = 0,64$ .

Підставивши знайдені значення у формулу, отримують значення:

$$P_t = 1,16 \cdot 10^{-5}.$$

7. Визначається можлива доза опромінення персоналу СГ, населення за перші 48 годин після аварії у КТ на відкритій місцевості та в будівлях за формулою:

$$D_t = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл.}}$$

де  $P_1$  – рівень радіації у КТ через 1 годину після аварії; Зв/с;  $A_t$  – коефіцієнт накопичення дози;  $\kappa_{\text{осл.}}$  – коефіцієнт ослаблення випромінювання місцевості будівлями, спорудами і транспортними засобами.

За таблицею 9 додатку 1, в залежності від часу початку випромінювання ( $t_n$ ) у КТ і часу кінця випромінювання  $t_k$ , на який ведеться розрахунок (48 год.), знаходять значення коефіцієнта накопичення дози радіації ( $A_t$ ). Якщо значення  $t_n$  у КТ не співпадає з табличним, то необхідно провести інтерполяцію значень  $\kappa_{\text{осл.}} = 1$  – для відкритої місцевості, а  $\kappa_{\text{осл.}}$  для будівель, споруд знаходять за допомогою таблиці 10 додатку 1.

**Приклад 4.** Визначити можливу дозу опромінення персоналу СГ, населення за перші 48 годин після аварії у КТ на відкритій місцевості та в

будівлях, якщо рівень радіації через 1 год. після аварії складає  $1,82 \cdot 10^{-5}$  Зв/с,  $\kappa_{\text{осл}} = 1$  – на відкритій місцевості і  $\kappa_{\text{осл}} = 8$  – для двоповерхових дерев’яних будівель, час початку опромінення  $t_{\text{п}} = 3$  год.

*Рішення:*

Можливу дозу опромінення персоналу, населення за перші 48 годин після аварії у КТ визначають за формулою:

$$D_t = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл.}}$$

Для визначення коефіцієнта накопичення дози радіації ( $A_t$ ) використовують таблицю 9 додатку 1, де за значенням  $t_{\text{п}}$  і часу кінця опромінення (48 год.) знаходимо, що  $A_t$  для 48 годин при  $t_{\text{п}} = 3$  становить 7. За отриманими значеннями, розраховують можливу дозу опромінення:

$$D_{48} = P_1 \cdot A_t / \kappa_{\text{осл.}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 7 / 1 = 12,74 \cdot 10^{-5} \text{ Зв, – для відкритої місцевості.}$$

$$D_{48} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 7 / 8 = 1,59 \cdot 10^{-5} \text{ Зв – для 2-поверхових дерев’яних будівель.}$$

8. Визначають можливу дозу опромінення персоналу СГ, населення за 10 діб після аварії у КТ при знаходженні людей на відкритій місцевості та в будівлях або спорудах.

Визначення можливої дози за 10 діб після аварії здійснюється аналогічно, як і для 48 годин.

**Приклад 5.** Визначити можливу дозу опромінення персоналу СГ за 10 діб після аварії у КТ на відкритій місцевості та будівлях, якщо рівень радіації через 1 годину після аварії ( $P_1 = 1,82 \cdot 10^{-5}$  Зв/с), час початку опромінення ( $t_{\text{п}} = 3$  год.),  $\kappa_{\text{осл.}} = 1$  – для відкритої місцевості,  $\kappa_{\text{осл.}} = 8$  – для будівель.

*Рішення:*

Визначають можливу дозу опромінення за 10 діб після аварії у КТ.

Для визначення коефіцієнта накопичення ( $A_t$ ) використовують таблицю 9 додатку 1, де за значеннями  $t_{\text{п}} = 3$  год і  $t_{\text{к}} = 240$  год (10 діб) знаходять, що  $A_t = 16,3$ .

Підставивши знайдені та відомі дані у формулу знаходять можливу дозу опромінення у КТ для відкритої місцевості та в будівлях чи спорудах.

$$D_{10 \text{ діб}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 16,3 / 1 = 29,67 \cdot 10^{-5} \text{ Зв – для відкритої місцевості.}$$

$$D_{10 \text{ діб}} = 1,82 \cdot 10^{-5} \cdot 16,3 / 8 = 3,7 \cdot 10^{-5} \text{ Зв – для дерев’яних будівель.}$$

9. Визначають допустиму тривалість роботи формувань ЦЗ на забрудненій території з урахуванням установленої дози опромінення.

Для визначення допустимої тривалості роботи ( $T$ ) формувань ЦЗ в осередку ураження, необхідно знати: час входу в осередок після аварії, рівень радіації при вході і установлену дозу опромінення.

Далі розраховують співвідношення:

$$D_{\text{вст.}} \cdot K_{\text{осл.}} / P_{\text{в}}$$

де  $D_{\text{вст.}}$  – встановлена доза опромінення, Зв;  $P_{\text{в}}$  – рівень радіації на момент входу в зону РЗ, Зв/с;  $K_{\text{осл.}}$  – коефіцієнт ослаблення випромінювання, який визначається за таблицею 10 додатку 1.

Визначивши співвідношення і, знаючи час входу в осередок ураження ( $t_{\text{п}}$ ), за таблицею 11 додатку 1 знаходять допустиму тривалість роботи ( $T$ ) формувань ЦЗ на забрудненій місцевості.

**Приклад 6.** Визначити допустиму тривалість роботи ( $T$ ) о/с формувань ЦЗ в осередку ураження, якщо вимірюваний рівень радіації ( $P_{\text{в}}$ ) при вході в осередок через 2 години після аварії ( $t_{\text{п}}$ ) складає 0,2 Зв/с, встановлена доза опромінення 0,4 Зв.

*Рішення:*

Визначають співвідношення:

$$D_{\text{вст.}} \cdot K_{\text{осл.}} / P_{\text{в}} = 0,4 \cdot 1 / 0,2 = 2.$$

За допомогою таблиці 11 додатку 11 і відомого часу входу в осередок ураження ( $t_{\text{п}} = 2$  год.), знаходять, що допустима тривалість роботи становитиме:  $T = 4$  год. 06 хв.

*3.2.2.3. Захист персоналу СГ та населення, що мешкає поблизу від дії РЗ при аварії на АЕС*

При виникненні комунальної радіаційної аварії, окрім термінових робіт щодо стабілізації РО, одночасно повинні запроваджуватися заходи протирадіаційного захисту, які спрямовані на:

– зведення до мінімуму кількості осіб, що могли б підпасти аварійному опроміненню;

– запобігання чи зниження індивідуальних або колективних доз опромінення населення;

– запобігання чи зниження рівнів забруднення продуктів харчування, питної води, сільськогосподарської сировини, оточуючого середовища, будинків та споруд.

Всі заходи, що здійснюються в умовах радіаційної аварії поділяють на прямі і непрямі. До прямих належать заходи, які спрямовані на запобігання чи зниження доз аварійного опромінення. Непрямі – не знижують доз опромінення, але компенсують шкоду нанесену здоров'ю (це соціально-економічні, медичні, фінансові пільги особам, які були опромінені).

В залежності від масштабу і фази аварії, доз опромінення, що прогнозуються, прямі заходи умовно поділяють на: термінові, невідкладні, довгострокові. Термінові заходи спрямовані на запобігання доз опромінення, які можуть привести до клінічних проявів. До термінових і невідкладних заходів належать: укриття населення, обмеження режиму поведінки (перебування на відкритому повітрі), евакуація; йодна профілактика, тимчасова заборона на вживання окремих продуктів місцевого виробництва.

Термінові заходи вимагають швидкого реагування і повинні запроваджуватися при прогнозуємих дозах гострого опромінення відповідно до таблиці 12 додатку 1 і річних дозах хронічного опромінення відповідно таблиці 13 додатку 1.

**Приклад 1.** Визначити необхідність термінового втручання при  $D_{48} = 49$  Гр.

*Рішення:*

За табл. 14 додатку 1 визначаємо, що термінове втручання безумовно виправдано для вагітних жінок. Крім перелічених, використовується низка допоміжних заходів, для яких не встановлено рівні виправданості. До подібних заходів відносяться: заходи щодо пилоподавлення, чиста помивка шляхів з твердим покриттям, обмеження виїзду автотранспорту на обочину, спеціальний режим роботи шкіл і дитячих установ, зміна режиму роботи лікувально-оздоровчих установ та ін.

Невідкладні заходи – це заходи, спрямовані на запобігання радіаційних ефектів, які можна визначити. Основні заходи невідкладного характеру, що мають високу ефективність у сенсі запобігання доз опромінення, в той же час створюють дискомфорт для населення і є багато коштовними, тому їхня доцільність визначається за таблицею 13 додатку 1.

Довгострокові заходи, спрямовані на запобігання хронічного опромінення дозами нижче рівня, які визивають певні ефекти. Довгостроковими заходами є: тимчасове відселення, постійне переселення, дезактивація територій і споруд, обмеження вживання заражених продуктів і питної води на довгий період, сільськогосподарські та інші заходи. Ці заходи запроваджуються при наступних умовах:

- дані радіаційного моніторингу дозволяють з надійний прогноз розвитку ситуації;
- організації відповідальні за проведення цих заходів мають достатньо ресурсів;
- є надійна науково-технічна експертиза ефективності довгострокових заходів.

Довгострокові заходи слід вважати безумовно виправданими, якщо запобігаєма доза перевищує величини наведені в таблицях 15, 16, 17 додатку 1.

Рішення про проведення термінових і невідкладних заходів повинні прийматися не тільки з урахуванням поточної обстановки, але, в першу чергу, повинні базуватися на прогнозуванні її розвитку в зв'язку з очікуваними викидами та скидами, а також з урахуванням гідрометеорологічних прогнозів. Основні організаційні і технологічні характеристики, а також перелік необхідних для проведення термінових, невідкладних контрзаходів (включаючи укриття, евакуацію, йодну профілактику) визначаються у відповідних аварійних планах. Такі плани повинні бути завчасно підготовлені для відповідних сценаріїв гіпотетичних аварій різного масштабу.

### 3.2.3. Розрахунки вражаючих факторів вибухів.

Вибухо- та пожежонебезпечними об'єктами є виробництва вибухових речовин (ВР), нафтопереробні підприємства, млинарські комбінати та елеватори, деревообробні та інші підприємства, що використовують або виробляють горючі речовини та матеріали. Аварії на таких об'єктах, як правило, супроводжуються вибухами. Під вибухом розуміється процес звільнення великої кількості енергії за короткий проміжок часу. В результаті вибуху речовина перетворюється в сильно нагрітий газ з дуже високим тиском, що впливає на навколишнє середовище, повітря, викликаючи його рух, і утворення чинників, що поражають (вражаючих факторів).

Основним вражаючим фактором вибуху є ударна повітряна хвиля (УХ) – зона сильно стислого повітря, що розповсюджується з надзвуковою швидкістю в усі боки від центру вибуху. Основним параметром УХ, що визначає її руйнівну дію, є надмірний тиск у фронті УХ. ( $\Delta P_{\phi}$ ) – різниця між максимальним тиском у фронті хвилі ( $P_{\phi}$ ) і атмосферним тиском перед фронтом ( $P_0$ ):

$$\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_0, \text{ кПа.}$$

Одиницею виміру  $\Delta P_{\phi}$  в системі СІ є Паскаль (Па). Позасистемна одиниця – кгс/см<sup>2</sup>. Співвідношення одиниць: 1 кгс/см<sup>2</sup> = 100 кПа.

Надмірний тиск у даній точці залежить від відстані до місця (центру) вибуху, маси продукту вибуху (потужності вибуху) та інших чинників.

Зону повного руйнування характеризує надмірний тиск у фронті УХ 50 кПа і більше. Будинки, споруди, обладнання в зоні повністю руйнуються, утворюю суцільні завали.

Зона сильних руйнувань характеризується сильними руйнуваннями будинків і споруд, утворенням місцевих завалів і розповсюджується на територію, де надмірний тиск складає від 30 до 50 кПа.

Зона середніх руйнувань утворюється там, де надмірний тиск від 20 до 30 кПа, будівлі і споруди мають середній ступінь руйнувань. Дерев'яні споруди повністю руйнуються.

Зона слабких руйнувань –  $\Delta P_{\phi}$  від 10 до 20 кПа. Слабкі руйнування будівель.

Радіуси осередку ураження і кожної із зон руйнування в залежності від потужності вибуху (маси продуктів вибуху  $Q$ ) для прогнозування обстановки можна визначити за графіком – при вибуху тротилу (графік 2 додатку 1).

Прогнозування та оцінювання обстановки, що може скластися внаслідок вибуху під час аварій, здійснюють з метою отримання інформації для планування і реалізації заходів щодо запобігання або зменшення наслідків техногенних небезпек, захисту населення, організації проведення аварійно-рятувальних та відновлювальних робіт в осередку ураження.

### **Послідовність прогнозування та оцінки наслідків при вибухах на СГ**

Прогнозування та оцінка наслідків при вибухах здійснюється розв'язанням наступних задач:

**Задача 1.** Визначення параметрів осередку ураження і можливості потрапляння СГ в осередок ураження.

*Визначаються:*

1. Радіус осередку ураження  $R_{oc}$  і радіуси зон руйнувань: слабких  $R_{сл} = R_{oc}$ , середніх  $R_{ср}$ , сильних  $R_{сил}$ , повних  $R_{пов}$ :

– при вибуху вибухової речовини (тротилу, тетриллу, гексогену та ін.) – за графіком 2 додатку 1.

2. Площа осередку ураження  $S_0$  – розрахунки за формулою:

$$S_0 = \pi \cdot R_{oc}^2, \text{ км}^2$$

3. Можливість потрапляння СГ в осередок ураження за умови  $R \leq R_{oc}$ , де  $R$  – відстань до СГ.

**Задача 2.** Визначення надмірного тиску ударної хвилі  $\Delta P_{\phi}$ , що очікується на СГ.

Величина надмірного тиску УХ для різних видів вибухових речовин визначається за різними методиками.

#### **а) при вибуху газо- та паливо-повітряних сумішей (ГПС, ППС)**

Одна з методик полягає у оцінці значення надмірного тиску вибухової хвилі, яка виникає при вибуху суміші повітря з вуглеводневими газами: метаном, пропаном, бутаном, етиленом, пропіленом і т.п.

При вибуху газоповітряної суміші утворюються три зони (рис. 8):

– Зона детонаційної хвилі з постійним значенням надмірного тиску  $\Delta P_I = 1700$  кПа і радіусом:

$$r_I = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ м,}$$

де  $Q$  – маса газу, що вибухнув (т);

– Зона дії продуктів вибуху радіусом:

$$r_{II} = 1,7 \cdot r_I, \text{ м,}$$

Надмірний тиск в межах зони змінюється згідно з формулою:

$$\Delta P_{II} = 1300 \cdot \frac{r_I^3}{r} + 50, \text{ кПа,}$$

де  $r$  – відстань від епіцентру вибуху до СГ, що розташований у зоні.

Радіус дії ударної хвилі визначається за залежністю:

$$r_{III} = 12 \cdot r_I, \text{ м.}$$

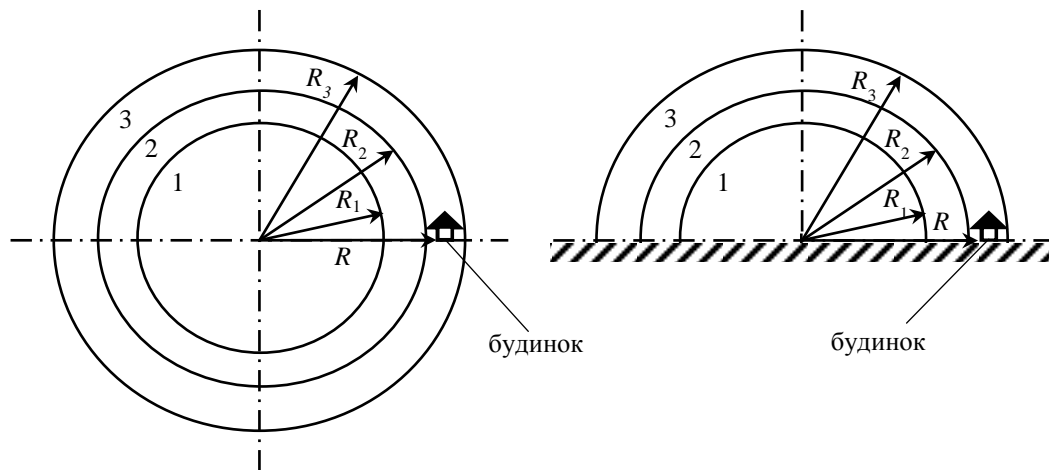


Рис. 8. Зони осередку вибуху ГПС (ППС)

1 – детонації, 2 – розсіювання продуктів вибуху,  
3 – повітряної ударної хвилі.

Значення надмірного тиску у цій зоні знаходиться за наступними формулами:

$$\text{при } \Psi \leq 2, \Delta P_{III} = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8\Psi^3} - 1)}, \text{ кПа,}$$

$$\text{при } \Psi > 2, \Delta P_{III} = \frac{22}{\Psi \cdot \sqrt{\lg \Psi + 0,158}}, \text{ кПа,}$$

де  $\Psi = 0,24 \frac{r}{r_1}$  – допоміжний коефіцієнт.

Від впливу ударної хвилі на будови і споруди можуть утворитися різні ступені руйнувань. В залежності від величини надмірного тиску можуть виникнути повні, сильні, середні та слабкі руйнування, характеристика яких відображена у таблицях 18, 19 додатку 1.

**Задача 3.** Провести оцінку наслідків в механічному цеху суб'єкта господарювання при вибуху газоповітряної суміші.

*Вихідні дані:*

Відстань цеху від сховища вуглеводневих сполук, м 500

Маса пропану, т 400

Характеристика механічного цеху:

– будівля безкаркасна;

– трубопроводи наземні.

*Розрахунок:*

1. Визначаються значення  $r_1$  і  $r_{II}$ .

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q} = 17,5 \sqrt[3]{400} = 128,68, \text{ м};$$

$$r_{II} = 1,7 r_1 = 1,7 \cdot 128,68 = 218,76, \text{ м}.$$

2. За заданої відстані від епіцентру вибуху визначається зона, в якій розташовано об'єкт.

Оскільки  $r_{II} = 218,76 \text{ м} < 500 \text{ м}$ , то об'єкт розташовано в III зоні

3. Визначається значення  $\Delta P$  в місці розташування об'єкта.

$$\Psi = 0,24 \frac{r_{III}}{r_1} = 0,24 \cdot \frac{500}{128,68} = 0,93,$$

оскільки  $\Psi < 2$ , то

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\Psi^3}-1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot 0,93^3}-1)} = 58,37, \text{ кПа}.$$

4. За табл. 18 додатку 1 визначається ступінь руйнування споруд.

При надмірному тиску 58,37 кПа без каркасна споруда зазнала повних руйнувань, наземні трубопроводи отримали середні руйнування.

5. З табл. 19 додатку 1 визначається характеристика руйнувань. Повні руйнування означають, що в будовах і спорудах повністю зруйновані всі

основні несучі конструкції і перекриття, відновлення елементів неможливе.

Середні руйнування трубопроводів означають розрив і деформацію труб в окремих місцях, ушкодження стиків. При відновленні виконується капітальний ремонт із заміною ушкоджених елементів.

У приміщеннях вибухонебезпечних об'єктів (цехах деревообробки, лакофарбових, складах палива, котельнях, елеваторах) можливі вибухи і вибухове дефлаграційне горіння, у всьому об'ємі, оскільки межі приміщення не дають можливості розширюватися продуктам горіння.

Надмірний тиск вибуху  $\Delta P$  для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m \cdot z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_{\text{н}}}$$

де  $P_{\max}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної газоповітряної або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, який визначається дослідним шляхом. У разі відсутності таких даних, допускається приймати  $P_{\max}$  таким, що дорівнює 900 кПа;  $P_0$  – початковий тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101 кПа);  $m$  – маса горючих газів (ГГ) або парів легкозаймистих речовин (ЛЗР) та горючих речовин (ГР), що потрапили в результаті розрахункової аварії до приміщення, кг;  $z$  – коефіцієнт участі пальної речовини у вибуху в приміщенні, дорівнює: 0,5 – для пальних газів, промислового пилу; 0,3 – для ЛЗР та пальних рідин, нагрітих до температури спалаху і вище та при температурі нижче температури спалаху при утворенні аерозолі;  $V_{\text{вільн}}$  – вільний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>;  $\rho_{\text{г,п}}$  – густина газу або пари при розрахунковій температурі  $t_p$ , кг/м<sup>3</sup>, що визначається за формулою:

$$\rho_{\text{г,п}} = \frac{M}{V_0(1 + 0,00367 \cdot t_p)},$$

де  $M$  – молярна маса, г/моль<sup>-1</sup> (табл. 20);  $V_0$  – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м<sup>3</sup>/моль<sup>-1</sup>;  $t_p$  – розрахункова температура, °С;  $C_{\text{ст}}$  – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою:

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta},$$

де  $\beta = n_c + \frac{n_h - n_r}{4} - \frac{n_o}{2}$  – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згорання (при розрахунку  $\beta$  атоми азоту не враховуються);  $n_c, n_h, n_o, n_r$  – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР (табл. 20 додатку 1);  $K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення та неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати  $K_n$  рівним 3.

Негерметичність приміщення обумовлена постійно відкритими прорізами в огорожувальних конструкціях приміщення.

Як розрахункову температуру слід приймати максимально можливу температуру повітря в даному приміщенні у відповідній кліматичній зоні або максимально можливу температуру повітря за технологічним регламентом з урахуванням можливого підвищення температури у разі аварійної ситуації.

Радіус розкиду ГПС, ППС у приміщенні  $R_0$ , м, розраховується за співвідношенням:

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_z}{2\pi}},$$

де  $V_z$  – загальний об'єм приміщення, м<sup>3</sup>.

*Примітка:* 1) вибух у приміщенні можливий тільки за значення фактичної густини речовини в повітрі більше небезпечної густини;

2) Якщо у приміщенні стався вибух з  $\Delta P_{\phi} > 30$ кПа, то воно, як правило, руйнується (частково або повністю);

3) Вільний об'єм приміщення складає 80% від загального об'єму.

За знайденою величиною надмірного тиску зробити висновки щодо ступеня уражень незахищених людей та можливих руйнувань об'єктів.

#### **Приклад розрахунку надмірного тиску вибуху.**

*Вихідні дані:* пропан (хімічна формула  $C_3H_8$ , табл. 20 додатку 1),  $m = 100$  кг;  $V_{\text{вільн.}} = 2400$  м<sup>3</sup>;  $K_n = 3$ ;  $t_p = 25^\circ\text{C}$ .

*Рішення:*

Розрахунок надмірного тиску здійснюють за формулою:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_0) \frac{m \cdot z}{V_{\text{вільн.}} \cdot \rho_{\text{г,п}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_n},$$

$\rho_{г,п}$  – густина газу або пари при розрахунковій температурі  $t_p$ ,  $\text{кг/м}^{-3}$ , що визначається за формулою:

$$\rho_{г,п} = \frac{M}{V_0(1+0,00367 \cdot t_p)} = \frac{44}{22,413(1+0,00367 \cdot 25)} = 1,798, \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}.$$

де  $M$  – молярна маса пропану (таблиця 20 додатку 1),  $44 \text{ г/моль}^{-1}$ ;  $V_0$  – мольний об'єм, який дорівнює  $22,413 \text{ м}^3, \text{моль}^{-1}$ ;  $t_p$  – розрахункова температура,  $25^\circ\text{C}$ ;

Стехіометричну концентрацію % об., обчислюємо за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1+4,84 \cdot \beta}$$

Коефіцієнт  $\beta$  для діетилового ефіру дорівнює:  $\beta = 3 + \frac{8-0}{4} - \frac{0}{2} = 5,$

Отже,  $C_{ст} = \frac{100}{1+4,84 \cdot 5} = 3,968\% .$

$Z$  – коефіцієнт участі пропану згідно з таблицею 1 додатку 1 дорівнює 0,5.

Таким чином,

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{m \cdot z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{г,п}} \cdot \frac{100}{C_{ст}} \cdot \frac{1}{K_n} = (900 - 101) \cdot \frac{100 \cdot 100 \cdot 0,5}{1400 \cdot 1,798 \cdot 3,968 \cdot 3} = 77,77, \text{ кПа}.$$

*Висновок:* Вибух може спричинити руйнування й ушкодження будівель, споруджень, технологічних установок, ємкостей і трубопроводів на СГ з вибухо та пожежонебезпечними технологіями, привести до витікання газоподібних чи зріджених вуглеводних продуктів. При перемішуванні вуглеводних продуктів з повітрям утворюються вибухо чи пожежонебезпечні суміші.

#### 3.2.4. Довгострокове прогнозування наслідків аварій на ХНО.

Під аварією на ХНО розуміється порушення технологічних процесів на виробництві, пошкодження трубопроводів, ємностей, сховищ, транспортних засобів, що приводить до викиду НХР в атмосферу в кількостях, які можуть викликати масове ураження людей і тварин. Під руйнуванням ХНО слід розуміти результат катастроф і стихійних лих, що призвели до повної розгерметизації всіх ємностей і порушення технологічних комунікацій. При аваріях і руйнуваннях ХНО в повітрі утворюються первинна і вторинна хмара НХР:

Первинна хмара – хмара НХР, що утворюється в результаті миттєвого (1-3 хвилини) переходу в атмосферу частини НХР з ємності при її руйнуванні;

Вторинна хмара – хмара НХР, що утворюється в результаті випаровування розливої речовини з підстильної поверхні.

У результаті аварії або руйнування ХНО утворюється зона забруднення НХР, або зона хімічного забруднення (ЗХЗ) – територія, на якій концентрація НХР досягає значень, небезпечних для життя та здоров'я людей. Межа зони хімічного забруднення характеризується значенням порогової токсодози. В зону входять: район розливу (викиду) НХР та територія, на яку поширилась хмара НХР з небезпечними (вражаючими) концентраціями. ЗХЗ, яка створена розливом (викидом) НХР характеризується розмірами: глибиною  $\Gamma_3$  та площею  $S_3$ .

Основною характеристикою зони ХЗ (рис. 9) є глибина  $\Gamma_3$  поширення хмари забрудненого повітря – відстань від центру ділянки (викиду) до межі, на якій пари НХР не досягають вражаючих концентрацій. На розміри зони ХЗ впливають: кількість та тип НХР, метеоумови, характер місцевості. Вони ж визначають тривалість дії ХЗ.

У подальшому прогнозування та оцінка хімічної обстановки розглядається для випадків найбільш поширених хімічних аварій з утворенням тільки первинної хмари.

#### *Прогнозування масштабів та наслідків забруднення НХР.*

Взагалі, оцінка хімічної обстановки може виконуватися методом прогнозування та за даними розвідки. Метод прогнозування застосовується для організації та проведення захисних заходів, а метод розвідки – при проведенні робіт у зонах хімічного забруднення. Одним із найважливіших заходів комплексу заходів щодо захисту населення від зараження НХР є завчасне прогнозування зон можливого хімічного забруднення. Під прогнозуванням масштабів забруднення НХР розуміється визначення глибини і площі зон забруднення, а також можливих втрат. Порядок нанесення зон можливого забруднення НХР на топографічних картах і схемах розглядається нижче.

Прогнозування може бути довгостроковим (оперативним) та аварійним.

Довгострокове (оперативне) прогнозування (ДОП) застосовується для визначення ступеня небезпеки ХНО і планування завчасних захисних заходів.

Аварійне прогнозування проводиться для визначення можливих наслідків аварії в конкретних умовах її розгортання та ефективних дій для її локалізації, захисту населення та ліквідації наслідків.



– кількість НХР  $Q_0$ , т – кількість НХР в максимальній по об'єму одиничній ємності (технологічній, складській, транспортній і т.д. – приймається, що ємність з НХР руйнується повністю; на воєнний час та для сейсмонебезпечних районів приймається загальний запас НХР у всіх ємностях);

– ступінь заповнення ємності (ємностей) приймається 70% від паспортного об'єму ємності;

– розлив НХР – «вільно»;

– метеоумови: ступінь вертикальної стійкості повітря – інверсія; температура повітря  $t_{\text{пов}} = +20^{\circ}\text{C}$ ; швидкість вітру  $v_{\text{в}} = 1$  м/с; напрям вітру не враховується – можливість поширення хмари НХР приймається у будь-якому напрямку (в межах кола з центром у місці аварії);

– максимальний час прогнозу – 4 години.

При необхідності використовуються додаткові дані:

– відстань від ХНО (місця аварії) до границі міста  $R_{\text{м}}$ , км, або досліджуваного об'єкту (СГ)  $R_{\text{СГ}}$ , км.

– середня щільність міського та заміського населення  $\rho_{\text{м}}, \rho_{\text{зм}}$ , осіб/км<sup>2</sup>;

– при аваріях на продуктопроводах (аміакопроводах та ін.) кількість НХР, що може бути викинута, приймається за її кількістю між відсікателями (для продуктопроводів об'єм НХР приймається 300-500 т);

– заходи щодо захисту населення більш детально плануються на глибину зони можливого хімічного забруднення, яка утворюється протягом перших 4 годин після початку аварії.

### **Порядок здійснення ДОП.**

На основі вихідних даних за допомогою формул і довідкових таблиць визначаються основні характеристики хімічного забруднення у наступній послідовності.

1. Визначається глибина зони можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ)  $\Gamma_3^{\text{ДОВГ}}$ , км, за табл. 21 додатку 1. ЗМХЗ графічно відображається на карті (схемі). ЗМХЗ – територія, в межах якої під впливом зміни напрямку вітру може виникнути переміщення хмари НХР з небезпечними для людини

концентраціями. При довгостроковому прогнозуванні ЗМХЗ на картах та схемах має вигляд круга з радіусом, що дорівнює глибині  $\Gamma_3^{\text{ДОВГ}}$ .

Приклад нанесення ЗМХЗ на топографічну карту або схему для ДОП – на рис. 9. (Особливості: інверсія;  $t_{\text{пов}} = +20^\circ\text{C}$ ;  $v_{\text{в}} = 1$  м/сек.; напрям вітру не враховується, тому розповсюдження хмари зараженого повітря приймається в межах кола ( $\varphi = 360^\circ$ )).

На схемі обов'язково відзначаються: місце аварії (розливу або викиду НХР), вид НХР та її кількість (т), населені пункти або інші важливі об'єкти.

Дата та час аварії, напрям та швидкість середнього вітру обов'язково відзначаються при аварійному прогнозуванні.

2. Значення  $\Gamma_3^{\text{ДОВГ}}$  порівнюється з відстанню від ХНО до об'єкту, що розглядається (наприклад – СГ),  $R_{\text{СГ}}$ , км, та робиться висновок: потрапляє об'єкт у ЗМХЗ чи ні.

3. Для визначення кількості людей, які можуть потрапити в ЗМХЗ визначається її площа  $S_{\text{ЗМХЗ}}$ :

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 3,14(\Gamma_3^{\text{ДОВГ}})^2, \text{ км}^2.$$

4. Для визначення кількості людей, які можуть зазнати впливу НХР розраховується площа прогнозованої зони хімічного забруднення (ПЗХЗ)  $S_{\text{ПЗХЗ}}$ :

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,11(\Gamma_3^{\text{ДОВГ}})^2, \text{ км}^2.$$

ПЗХЗ – розрахункова зона в межах ЗМХЗ, площу якої приблизно визначають, як площу еліпса. З урахуванням можливого переміщення хмари НХР під впливом зміни напрямку вітру та інших метеорологічних умов, зображення одного з можливих положень ПЗХЗ у формі еліпсу наносять пунктиром довільно в межах ЗМХЗ.

5. Визначається кількість людей, які проживають в ЗМХЗ  $N_{\text{ЗМХЗ}}$ :

$$N_{\text{ЗМХЗ}} = \rho_{\text{м}} \cdot S_{\text{ЗМХЗ м}} + \rho_{\text{зм}} \cdot S_{\text{ЗМХЗ зм}}, \text{ тис. осіб},$$

де  $\rho_{\text{м}}$  – середня щільність населення в місті, тис. осіб/км<sup>2</sup>;  $\rho_{\text{зм}}$  – середня щільність населення за містом, тис. осіб/км<sup>2</sup>;  $S_{\text{ЗМХЗ м}}$  та  $S_{\text{ЗМХЗ зм}}$  – міська і заміська частини  $S_{\text{ЗМХЗ}}$ , розраховуються з урахуванням відстані від ХНО (місця аварії) до границі міста  $R_{\text{м}}$ .

Для визначення площі забруднення, що припадає на міську територію, рекомендовано використовувати наступну формулу:

$$S_{ЗМХЗ\ м} = \alpha \cdot (\Gamma_3^{\text{ДОВГ}} / \Gamma_3^{\text{ДОВГ}}) \cdot S_{ЗМХЗ}, \text{ км}^2,$$

де  $\Gamma_3^{\text{ДОВГ}} = \Gamma_3^{\text{ДОВГ}} - R_m$ , км – глибина забруднення, що припадає на міську територію;  $\alpha$  – розрахунковий коефіцієнт (визначається за таблицею 22 додатку 1).

Тоді площа забруднення на заміській території складає:

$$S_{ЗМХЗ\ зм} = S_{ЗМХЗ} - S_{ЗМХЗ\ м}, \text{ км}^2.$$

6. Визначається орієнтовна кількість людей, які можуть зазнати впливу НХР за співвідношенням:

$$N_{ПЗХЗ} = \rho_m \cdot S_{ПЗХЗ\ м} + \rho_{зм} \cdot S_{ПЗХЗ\ зм}, \text{ тис. осіб},$$

де  $S_{ПЗХЗ\ м}$  та  $S_{ПЗХЗ\ зм}$  – міська і заміська частини  $S_{ПЗХЗ}$ , розраховуються аналогічно попереднім розрахункам для ЗМХЗ.

7. Робиться висновок стосовно кількості населення, що може постраждати в ЗМХЗ (для ДОП).

8. Пропонуються завчасні заходи для попередження виникнення аварії та захисту від можливих наслідків.

**б) аварійне прогнозування наслідків аварії з викидом НХР.** Для аварійного прогнозування використовуються такі ж вихідні дані, як і при ДОП (дивись вище), але вже з урахуванням реальних умов, при яких сталась аварія:

– характер розливу НХР по підстильній поверхні («вільно» або «у піддон»); якщо у піддон, то враховується висота обвалування (піддону)  $H$ , м;

– метеорологічні умови на момент аварії: температура повітря  $t_{\text{пов}}$ , °С, швидкість середнього вітру  $v_v$ , м/с, напрямок середнього вітру у приземному шарі  $H_v$ , град., стан атмосфери – СВСП(конвекція, ізотермія, інверсія);

– час прогнозу (час після аварії)  $T$ , год. (прогнозування здійснюється на термін не більше ніж на 4 години, після чого прогноз має бути уточнений).

При необхідності використовуються додаткові дані:

– відстань від ХНО (місця аварії) до досліджуваного СГ  $R_{\text{СГ}}$ , км;

– чисельність персоналу СГ  $N_{\text{СГ}}$ , осіб;

– наявність засобів захисту персоналу (індивідуальних і колективних).

### Порядок здійснення аварійного прогнозування.

1. Визначається площа  $S_p$  та радіус  $r_p$  зони розливу НХР за залежностями:

$$S_p = \frac{Q_0}{h \cdot d}, \text{ м}^2,$$

де  $h$  – товщина шару розливої НХР, м (приймається 0,05 м),  $d$  – густина НХР, т/м<sup>3</sup> (визначається за табл. 23 додатку 1);

$$r_p = \sqrt{S_p / \pi}, \text{ м.}$$

2. За даними прогнозу або за таблицею 24 додатку 1 визначити СВСП.

3. Визначити глибину зони можливого хімічного забруднення  $\Gamma_3^{\text{аб}}$ , км за таблицею 21 додатку 1 на реальні метеоумови.

Глибини розповсюдження НХР, значення яких не визначено в таблиці 21, розраховуються з використанням коефіцієнтів таблиць 25, 26, 27, додатку 1.

4. Після визначення  $\Gamma_3^{\text{аб}}$  з урахуванням усіх коефіцієнтів отримана величина порівнюється з максимальним значенням глибини переносу повітряних мас  $\Gamma'$  за  $T$  годин:

$$\Gamma' = T \cdot w, \text{ км,}$$

де  $w$  – швидкість переносу переднього фронту забрудненого повітря в залежності від швидкості вітру та СВСП, км/год. (табл. 28 додатку 1).

Для подальших розрахунків беруть менше з двох значень (глибини зони забруднення  $\Gamma_3^{\text{аб}}$  та глибини переносу повітряних мас  $\Gamma'$ ), далі –  $\Gamma$ , км.

5. Форма ЗМХЗ буде залежати від напрямку та швидкості середнього вітру. Вона умовно приймається у вигляді кола, напівкола або сектора кола, кутовий розмір якого  $\varphi$ , град залежить від швидкості вітру (табл. 29 додатку 1). Радіус кола (сектора) дорівнює глибині забруднення  $\Gamma$ . Розворот сектору – у напрямку вітру (бісектриса кута  $\varphi$  повинна співпадати з напрямком вітру  $H_B$ ).

Приклади зображення ЗМХЗ при аварійному прогнозуванні – на рис. 10.

Площа ЗМХЗ  $S_{\text{ЗМХЗ}}$  при аварійному прогнозуванні визначається як площа сектора кола:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \text{ км}^2.$$

6. Форма ПЗХЗ, як і при ДОП, умовно приймається у вигляді еліпсу і графічно зображується пунктиром в межах ЗМХЗ, але фіксовано – велика піввісь еліпсу (дорівнює глибині забруднення  $\Gamma$ ) співпадає з напрямком вітру (бісектрисою кута  $\varphi$ ).

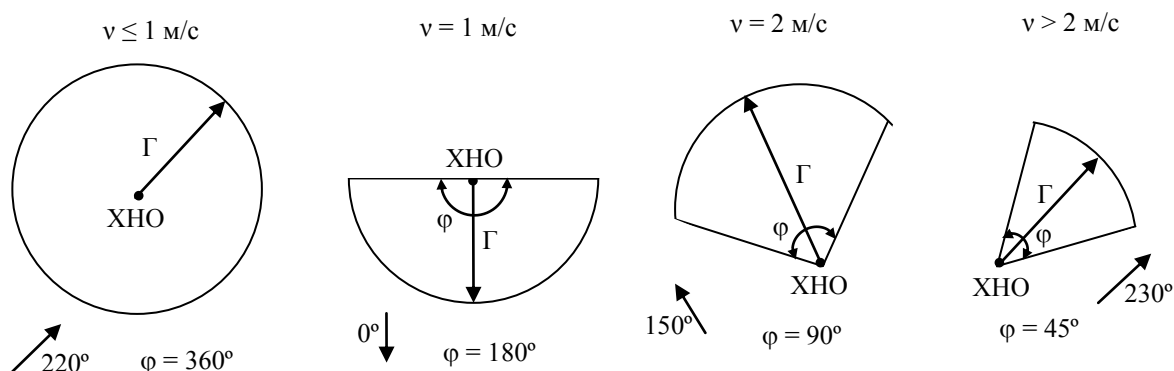


Рис. 10. Вигляд ЗМХЗ при аварійному прогнозуванні в залежності від швидкості та напрямку вітру

Площа ПЗХЗ  $S_{\text{ПЗХЗ}}$  при аварійному прогнозуванні визначається за формулою:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = k \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2}, \text{ км}^2,$$

де  $k$  – коефіцієнт, що залежить від СВСП і дорівнює при інверсії – 0,081, при ізотермії – 0,133, при конвекції – 0,235;  $T$  – час, на який розраховується глибина ПЗХЗ (час прогнозу).

Ширина ПЗХЗ (мала піввісь еліпсу) визначається в залежності від СВСП: при інверсії  $Ш = 0,3\Gamma^{0,6}$ , км; при ізотермії  $Ш = 0,3\Gamma^{0,75}$ , км; при конвекції  $Ш = 0,3\Gamma^{0,95}$ , км, де  $\Gamma$  – прийнята глибина зони забруднення.

7. Визначається час підходу хмари забрудненого повітря до досліджуваного об'єкту (СГ):

$$t = \frac{R_{\text{СГ}}}{w}, \text{ год.},$$

де  $R_{\text{СГ}}$  – відстань від місця аварії до об'єкту, км.

8. Визначити тривалість вражаючої дії НХР  $t_{\text{вр}}$ , год.

Тривалість вражаючої дії НХР визначається терміном випаровування НХР з поверхні її розливу (приймається  $t_{вр} = t_{вип}$ ) та залежить від характеру розливу («вільно» чи «у піддон»), швидкості вітру, типу НХР і може бути визначена за табл. 30 додатку 1.

9. По карті (схемі) визначаються осередки хімічного ураження – об'єкти чи населені пункти, що потрапили у ЗМХЗ. У завданні, що розглядається, визначається: чи потрапляє СГ в ЗМХЗ. Якщо потрапляє, то здійснюється приблизна оцінка можливих втрат серед людей (персоналу СГ).

В «Методиці прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» затвердженій наказом №73 МНС, можливі втрати серед людей та їх структура визначені з використанням імовірнісного підходу. Але з метою полегшення практичного застосування «Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті» при прогнозуванні, громіздкі розрахунки  $Pr$  замінені на зручну у використанні таблицю (див. табл. 31 додатку 1), за якою можливі втрати та їх структура визначаються у відсотках від загальної чисельності. За необхідністю, за отриманими відсотками, можна визначити кількісні значення.

Тому можливі втрати серед персоналу СГ за табл. 31 додатку 1 визначаються спочатку у відсотках, а потім кількісно. Також визначається (у відсотках та кількісно) ступінь ураження постраждалих: смертельні ураження, отруєння середньої тяжкості та легкі отруєння.

10. Призначаються та здійснюються заходи, які виконуються після аварії на ХНО.

**Приклад 1.** Нанесення зон хімічного забруднення на карту (схему) місцевості при аварійному прогнозуванні, швидкості вітру 1 м/с, напрямку вітру – 320°, рис. 9.

**Приклад 2.** Розв'язання задачі з довгострокового прогнозування наслідків аварії на ХНО.

Для прогнозування наслідків аварії на ХНО необхідні такі вихідні дані про хімічно небезпечний об'єкт та про умови аварії: вид НХР – аміак – рідина під тиском; кількість НХР – 250 т (паспортне кількість); відстань від ХНО до СГ –  $R_{СГ} = 3$  км; кількість персоналу СГ – 800 чол.; наявність засобів захисту – персоналу в цеху, протигазами забезпечений на 100%; щільність населення  $\rho = 1800$  чол./км<sup>2</sup>; температура повітря  $t_{пов} = +40^{\circ}\text{C}$ ; швидкість вітру  $v_{в} = 2$  м/с; СВСП конвекція; напрям вітру  $A = 220^{\circ}$ ; розлив вільний; товщина шару розливу  $h = 0,05$  м; час прогнозу  $T = 4$  години.

Для здійснення довгострокового прогнозування необхідно відкоригувати вихідні дані за метеоумовами та кількістю НХР. При цьому приймається найгірший варіант метеоумов за яких глибина поширення хмари НХР з вражаючими концентраціями буде максимальною тобто:

$t_{пов} = + 20^{\circ}\text{C}$ , оскільки СВСП – інверсія, швидкість вітру  $v_{в} = 1$  м/с, напрямок вітру в колі –  $360^{\circ}$ .

Кількість НХР  $Q_0$  приймаємо 70% від паспортного

$$Q_0 = 250 \cdot 0,7 = 175, \text{ т.}$$

Визначаємо чисельність населення  $N_{ЗМХЗ}$ , яке мешкає в ЗМХЗ, а також чисельність населення  $N_{ПЗХЗ}$  яке може зазнати вплив НХР при аварії, ступінь небезпеки хімічно небезпечного об'єкта.

1. За таблицю 21 додатку 1 знаходимо глибину ( $\Gamma_T$ ) для 175 т НХР. Оскільки 175 т в таблиці займає проміжне значення, то глибину знаходимо методом лінійної інтерполяції.

$$a = 100\text{т} \quad \Gamma_T = 10,8\text{км} - f(a);$$

$$b = 300\text{т} \quad \Gamma_T = 21\text{км} - f(b);$$

$$x = 175\text{км} \quad \Gamma_T = f(x);$$

$$\Gamma_T = f(x) = f(a) + \frac{f(b) - f(a)}{b - a} (x - a) = 10,8 + \frac{21 - 10,8}{300 - 100} (175 - 100) = 14,6, \text{ км.}$$

Для температури  $+20^{\circ}$  глибину необхідно збільшити на 5% (див. примітку до табл. 21 додатку 1)  $\Gamma_3^{довг} = \Gamma_T + \Gamma_T \cdot 0,05 = 14,6 + 14,6 \cdot 0,05 = 15,33$  км.

2. Після цього порівнюючи  $\Gamma_T$  та  $R_{CG}$  визначаємо чи потрапляє заданий об'єкт в цю зону. Оскільки, відстань  $R_{CG} = 3 \text{ км} < \Gamma_3^{\text{добг}} = 15,33 \text{ км}$ , то об'єкт опиниться в ЗМХЗ.

3. Визначаємо площу  $R_{CG}$  ЗМХЗ:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = (3,14\Gamma_3^{\text{добг}})^2 = 3,14 \cdot (15,33)^2 = 737,9 \text{ км}^2$$

4. Визначаємо площу прогнозованої зони хімічного забруднення:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,11(\Gamma_3^{\text{добг}})^2 = 0,11 \cdot (15,33)^2 = 25,8 \text{ км}^2$$

5. Визначаємо  $N_{\text{ЗМХЗ}}$ :

$$N_{\text{ЗМХЗ}} = \rho \cdot S_{\text{ЗМХЗ}} = 1800 \cdot 737,9 = 1328220 \text{ чол.}$$

6. Визначаємо  $N_{\text{ПЗХЗ}}$ :

$$N_{\text{ПЗХЗ}} = \rho \cdot S_{\text{ПЗХЗ}} = 1800 \cdot 25,8 = 46440 \text{ чол.}$$

**Приклад 3.** Розв'язання задачі з аварійного прогнозування наслідків аварії на ХНО.

1. Визначимо площу і радіус зони розливу:  $S_p = \frac{Q_0}{h \cdot d}$ ,

де  $d = 0,681$  щільність НХР (табл. 23 додаток 1);  $S_p$  – площа зони розливу.

$$S_p = \frac{250}{0,05 \cdot 0,681} = 7352,9, \text{ м}^2;$$

$$r_p = \sqrt{S_p / \pi} = \sqrt{7352,9 / 3,14} = 48,4, \text{ м};$$

де  $r_p$  – радіус зони розливу.

2. СВСП – конвекція (вихідні дані).

3. Визначаємо табличну глибину ( $\Gamma_T$ ) для 250 т аміаку за таблицею 21 додатку 1 методом інтерполяції:

$$\Gamma_T = 2,2 + \frac{4,55 - 2,2}{300 - 100} (250 - 100) = 3,96, \text{ км.}$$

Для температури  $+40^\circ$  до табличній глибині додаємо 10% (див. примітку 2 до табл. 21 додатку 1).  $\Gamma'_T = 3,96 + 3,96 \cdot 0,1 = 4,35 \text{ км}$ .

4. З таблиці 25 додаток 1 вибираємо поправочний коефіцієнт для швидкості вітру 2 м/с:  $K = 0,7$ .

Тоді розрахункова глибина буде:

$$\Gamma_3^{\text{аб}} = \Gamma'_T \cdot 0,7 = 4,35 \cdot 0,7 = 3,04 \text{ км.}$$

5. Визначаємо глибину переносу переднього фронту повітряних мас за час прогнозу:

$$\Gamma' = T \cdot w = 4 \cdot 14 = 56 \text{ км,}$$

де  $w$  – швидкість повітряних мас в заданих умовах в км/год. з табл. 28 додатку 1.

Шляхом порівняння отриманих глибин  $\Gamma_3^{ab}$  і  $\Gamma'$  знаходимо менше значення  $\Gamma = 3,04$  км. Цю глибину приймаємо для подальших розрахунків.

6. Визначаємо площу зони можливого хімічного забруднення:

$$S_{зmxз} = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot (3,04)^2 \cdot 90 = 7,25 \text{ км}^2$$

$\varphi = 90^\circ$  (таблиця 29 додаток 1).

7. Визначаємо площу прогнозованої зони хімічного забруднення:

$$S_{пзхз} = k \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2},$$

де  $k = 0,235$  (для конвекції).

$$S_{пзхз} = 0,235 \cdot (3,04)^2 \cdot 4^{0,2} = 2,86 \text{ км}^2.$$

8. Визначаємо ширину прогнозованої зони хімічного забруднення:

$$\Pi = 0,3 \Gamma^{0,95} = 0,3 \cdot 3,04^{0,95} = 0,86 \text{ км.}$$

9. Для розробки заходів захисту населення необхідно побудувати зони хімічного забруднення.

Зони можливого хімічного забруднення для швидкості вітру 2 м/с матимуть вигляд сектора з кутом  $\varphi = 90^\circ$  у межах якого, з імовірністю 90% буде переміщатися хмара, вісь сектора будується за напрямком вітру  $220^\circ$ .

10. Визначаємо час підходу хмари зараженого повітря до об'єкта:

$$t = \frac{R_{CF}}{w} = \frac{3}{14} = 0,214 \approx 12 \text{ хв.}$$

11. Тривалість вражаючої дії хмари визначається часом випаровування розлитого НХР що визначається за таблицею 30 додатку 1.

$$t_{вр} = t_{вип} = 1,4 \cdot 0,6 = 0,84 \text{ год.}$$

12. Кількість осіб які мешкають в зоні можливого хімічного забруднення:

$$N_{зmxз} = \rho \cdot S_{зmxз} = 1800 \cdot 7,25 = 13050 \text{ чол.}$$

13. Кількість осіб які можуть зазнати вплив НХР при аварії:

$$N_{пзхз} = \rho \cdot S_{пзхз} = 1800 \cdot 2,86 = 5148 \text{ чол.}$$

14. Можливі втрати на суб'єкті господарювання визначаються за табл. 31 додатку 1.

В цеху очікується 1% втрат це буде 8 осіб. Структура втрат: Смертельний результат – 3 чол.; Ураження середньої тяжкості – 3 чол.; Легкі поразки – 2 чол.

*Примітка:* При аварійному прогнозуванні використовуються фактичні вихідні дані.

*Висновки:* При отриманні сигналу оповіщення про аварію на СГ виконуються наступні дії: оцінка обстановки, оповіщення та інформування персоналу, зупинка виробництва, герметизація приміщень, використання засобів захисту, організація хімічної розвідки, евакуація персоналу.

### **3.3. Прогнозування поведінки людини у небезпечній ситуації**

#### *3.3.1. Психологічний стрес як особливий психічний стан*

Еволюційний розвиток людини відбувався головним чином у психіці, яка є здатністю мозку відбивати об'єктивну дійсність у формі відчуттів, уявлень, думок та інших суб'єктивних образів об'єктивного світу. Психіка людини проявляється у вигляді психічних явищ: процесів, станів, властивостей, що безпосередньо пов'язані з її безпечною діяльністю. Реакціями особи на вплив зовнішніх і внутрішніх подразників, які значно впливають на суб'єкта і охоплюють усі види чутливості є емоції. Вони виникають лише в тому випадку, якщо людина має якусь мету, потребу (вижити, залишитися неушкодженою, перемогти та ін.), а засобів для її досягнення виявляється недостатньо. У якості засобів виступають: інформація, уміння, досвід, навичка, (І); енергія (Е); час (Ч). Головне в природі емоцій – це залежність від потреб (цілей) та дефіциту необхідної інформації. До того ж, якщо людина психічно здорова, вона ніколи не стане прагнути ушкоджень, причинами яких можуть бути внутрішні чи зовнішні фактори:

а) внутрішні фактори:

- індивідуальні психологічні або фізіологічні властивості;
- порушення емоційного стану;
- недостатність знань і досвіду;

б) зовнішні фактори середовища існування.

Прояв емоційного життя людини відбувається у таких станах, як афекти, власне емоції, почуття, настрої і стрес. Найсильнішою емоційною реакцією є афект. Він постає як наслідок якогось сильного потрясіння, повністю захоплює людину і підкоряє її думки і рухи. Власне емоції – це більш тривалі реакції та ті, що виникають не тільки внаслідок події, яка сталася, а й тих, що передбачаються або згадуються (рис. 11).

Почуття – стійкі емоційні стани, які мають чітко означений предметний характер і висловлюють ставлення, як до конкретної події або людей, так і до уявлення.

Настрої – найстійкіший емоційний стан. Настрої відображає загальне ставлення щодо сприйняття або не сприйняття людиною світу.

Стрес – це неспецифічна реакція організму людини у відповідь на несподівану та напружену ситуацію; це фізіологічна реакція, що мобілізує резерви організму і готує його до фізичної активності типу опору, боротьби, втечі.

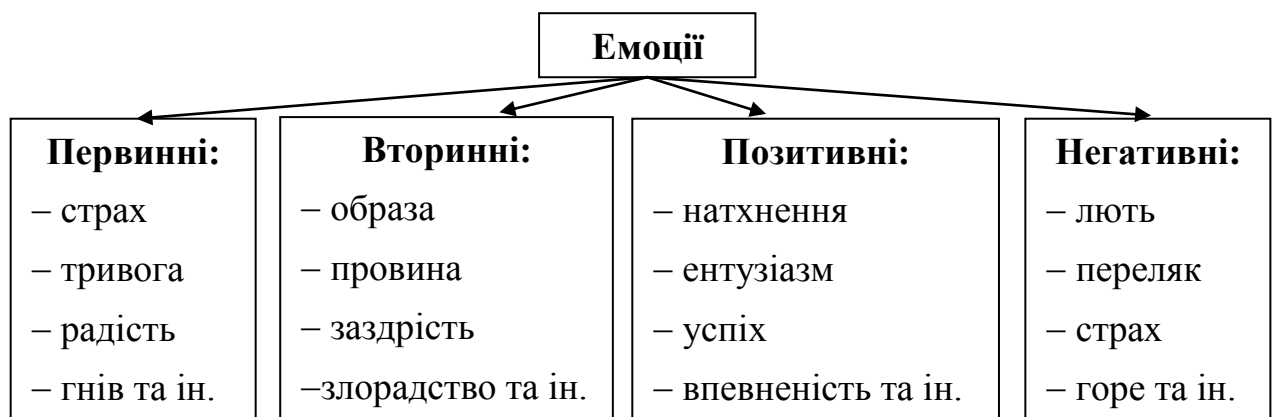


Рис. 11. Емоції, притаманні людині

Для нього характерні неспецифічні системні зміни активності психіки людини, що виражають її організацію і мобілізацію у зв'язку з виниклими підвищеними вимогами нової ситуації.

Під час стресу виділяються гормони, змінюється режим роботи багатьох органів і систем (ритм серця, частота пульсу тощо). Стрессова реакція має

особливий прояв у різних людей: активна – зростає ефективність діяльності, пасивна – ефективність діяльності різко зменшується.

Цей стан відрізняє неспецифічний (загальний) психологічний адаптаційний синдром, тобто сукупність системно організованих ознак неспецифічної активності психіки, що виявляються при будь-яких нових вимогах у новій ситуації. Відокремлюють 4 види психологічного стресу, що відрізняються за інтенсивністю і впливом на діяльність людини. Еустрес – оптимальна, сприятлива для життєдіяльності людини неспецифічна активність психіки. Екстрес – інтенсивна, напружена, що часто виникає в екстремальних ситуаціях значної складності неспецифічна активність психіки, яка неоднозначно позначається на людях. Дістрес – гранично інтенсивна (для даної особистості) психічна активність, що використовує недостатньо ефективні резерви психіки і несприятливо позначається на поведінці людей. Гіперстрес – над інтенсивна неспецифічна активність психіки, нестерпна значному числу людей, що руйнує їх нормальну психічну діяльність та поведінку.

При проведенні досліджень про вплив дістресу на виникнення у людини ішемічної хвороби серця було виявлено 2 типи людей – тип А (схильні до захворювання серця) і тип Б (несхильні до нього). Характерні риси людей типу А (група ризику):

- високий темп життя, прискорення темпу багатьох фізичних і психічних функцій;
- постійне прагнення до змагання, конкуренції, кар'єрного росту;
- прагнення до визнання;
- постійний дефіцит часу, зайнятість у багатьох видах діяльності;
- нетерплячість і поспіх в усьому;
- нездатність до релаксації й ін.

Тип Б є протилежним типові А «іммунним» стосовно ішемічної хвороби. Є дані, що люди типу А схильні і до інших захворювань, зв'язаних зі стресом.

Люди з різним темпераментом по-різному реагують на стресові ситуації. Найбільш стійкі до стресорів – флегматики (висока емоційна стійкість, урівноваженість, низька реактивність) і сангвініки (висока емоційна стійкість і адаптивність до нового, деяка поверховість). Висока схильність до стресу у холериків (неврівноваженість нервових процесів і перевага процесів збудження над процесами гальмування). Але вони порівняно легко позбуваються стану нервово-психічної напруги завдяки своїй активній реакції на стресогенний вплив, або виплеснувши свої негативні емоції на навколишніх. Важко переживають стрес меланхоліки (слабкість нервової системи, особлива вразливість, швидка стомлюваність).

По-різному реагують на стрес екстернали – люди котрі вважають, що події які з ним відбуваються результат дії зовнішніх сил, випадку, обставин, інших людей тощо і інтерналі – люди які інтерпретують значущі події як результат власних зусиль. Останні більш стійкі до впливу стресу, але, коли під його впливом вони зневіряються у собі, то стають більш беззахисними, ніж екстернали в подібній критичній ситуації.

Люди і низькою самооцінкою і високою особистісною тривожністю менш стійкі до впливу стресу. Активно діюча людина зазнає менший стрес, ніж пасивна.

У звичайному стані, коли існуючі в організмі інформація стану ( $I_c$ ), енергія стану ( $E_c$ ), час ( $Ч_c$ ) відповідають необхідним ( $I_n$ ,  $E_n$ ,  $Ч_n$ ) для рішення поставленої мети, то стан напруги відсутній ( $СН_0$ ), його можна описати рівнянням:

$$СН_0 = f(I_c, E_c, Ч_c - I_n, E_n, Ч_n) = 0.$$

У випадку, якщо існуючі в організмі інформація стану ( $I_c$ ), енергія стану ( $E_c$ ), час ( $Ч_c$ ) менше необхідних  $I_n$ ,  $E_n$ ,  $Ч_n$  для досягнення поставленої мети, стан напруги ( $СН$ ) описують рівнянням:

$$СН = f(I_c, E_c, Ч_c - I_n, E_n, Ч_n).$$

За величиною  $СН$  розрізняють 4 ступеня емоцій. Перший ступень емоцій ( $СЕ_1$ ) характеризується тим, що при зосередженні уваги, мобілізації активності

(МА) стан напруженості організму зростає і дозволяє вирішити поставлене завдання:

$$CE_1 = (CH_1 + MA) > CH_0.$$

На цій стадії організм тренується, його працездатність підвищується, мобілізуються інтелектуальні та фізичні ресурси, і такий стан є дуже корисним. Другий ступень емоцій ( $CE_2$ ) характеризується тим, що мобілізація ресурсів організму виявляється недостатньою для рішення поставленої мети. При подальшому зростанні напруги з'являється стенична негативна емоція (СНЕ). Психологічно – це прояв стану люті, гніву, обурення, що супроводжується максимальним збільшенням ресурсів, підвищенням працездатності для досягнення мети:

$$CE_2 = (CH_2 + СНЕ) \leq CH_0.$$

Третій ступінь емоцій ( $CE_3$ ) характеризується тим, що мобілізація ресурсів організму виявляється недостатньою для рішення поставленої мети. Подальша максимальна мобілізація сил ( $CH_3$ ) приводить до виникнення астеничної негативної емоції (АСНЕ), коли розв'язання завдання вимагає ресурсів, які набагато перевищують ті, що має організм людини. Психологічно це прояв страху, жаху, туги. Спостерігається зниження інтелектуальних і енергетичних ресурсів. Такий стан шкідливий для людини, руйнує тіло і душу:

$$CE_3 = (CH_3 + АСНЕ) \ll CH_0.$$

Четвертий ступень емоцій ( $CE_4$ ) характеризується тим, що мобілізація ресурсів організму при рішенні поставленої задачі нездійсненна (АСНЕ), відбувається значне зниження інтелектуальних і енергетичних ресурсів. Організм змушений відмовитися від досягнення поставленої мети:

$$CE_4 = (CH_4 + АСНЕ) \lll CH_0.$$

Людина, власне кажучи, виявляється у безвихідному положенні, настає невроз, істерика, ступор (нерухомість) і навіть загибель. Почуття страху приводить до того, що людина втрачає розум і (або) приймає неправильні рішення, або перестає боротися і гине.

У надзвичайних ситуаціях страх можуть відчувати усі – і мужні, і боягузливі люди. Останню категорію необхідно вчити виробляти почуття, які допомагають йти всупереч страху.

Таким чином, психічна надійність людини ще стабільно виявляється на першій, другій стадіях емоцій. В екстремальних ситуаціях психологічна надійність може виявлятися на третій і четвертій стадіях емоцій, але для цього потрібне корегування реакцій поведінки людини. Воно може бути реалізовано при відповідній організації навчання, з урахуванням надбання необхідних навичок (умовних рефлексів).

До основних методів (практик, технік) подолання стресу (стресових ситуацій) відносять: релаксацію, концентрацію, аутогенне тренування, техніку самонавіювання, медитацію, авторегуляцію дихання та інші.

### *3.3.2. Тест на виявлення стресостійкості*

Тест дозволяє визначити, до якого типу (А або Б) належить людина. На кожне питання – 3 варіанти відповіді: «так», «ні», «не знаю»: відповідь «не знаю» використовують, якщо немає однозначної відповіді.

#### *Питання:*

1. Чи дуже важка і напружена Ваша діяльність (робота)?
2. Чи часто Ви думаєте про роботу ввечері і у вихідні дні?
3. Часто Ви затримуєтеся на роботі або вдома займаєтеся роботою?
4. Чи відчуваєте Ви, що Вам постійно бракує часу?
5. Чи часто Вам приходится квапитися, щоб справитися зі справами?
6. Чи відчуваєте Ви нетерпіння, коли хтось виконує роботу повільніше, ніж Ви самі могли б це зробити?
7. Часто ви закінчуєте думку партнера до того, як він скінчить говорити?
8. Якщо Вам приходится чекати когось, чи переживаєте Ви нетерпіння?
9. Вам важко сховати напругу або роздратування?
10. Чи часто Вас виводить з терпіння чекання в яких-небудь чергах?
11. Чи часто у Вас виникає почуття, що час плине занадто швидко?
12. Віддасте Ви перевагу тому, аби їхати швидше, щоб зайнятися більш важливою справою?

13. Ви майже завжди ходите і робите усе швидко?
14. Чи намагаєтеся Ви бути у всьому першим і кращим?
15. Чи вважаєте Ви себе людиною дуже енергійною і напористою?
16. Чи вважають Вас людиною енергійною і напористою Ваші близькі?
17. Чи вважають Ваші знайомі, добре знаючі Вас люди, що Ви відноситеся до своєї роботи занадто серйозно?
18. Часто буває, що, читаючи або слухаючи партнера, ви думаєте про свої справи?
19. Часто Ваші близькі просять Вас менше займатися справами і більше часу приділяти родині?
20. Чи додаєте зусилля, щоб перемогти в іграх?

За кожні питання відповідь «так» оцінюється в 2 бали, відповідь «ні» – у 0 балів, а відповідь «не знаю» – 1 бал. Визначають загальну кількість балів після відповідей на запитання тесту.

Набрана кількість від 0 до 10 балів, свідчить про належність людини до типу «Б». Особи такого типу чітко визначають мету своєї діяльності і вибирають оптимальні шляхи її досягнення. Вони прагнуть справитися з труднощами самі, піддаючи ретельному аналізу труднощі та їхнє виникнення, роблять правильні висновки. Тривалий час можуть працювати з великою напругою сил. раціонально розподіляють час. Несподіванки звичайно не вибивають їх з колії, вони характеризуються високою стресостійкістю.

Набрана кількість від 10 до 20 балів – свідчить про помірно виражену схильність до типу «Б». Рівень стресостійкості особи досить високий, але не завжди.

При 20-29 балах виявляється помірно виражена схильність до типу «А». Часто проявляється нестійкість до стресів.

Якщо набрано від 30 до 40 балів – людина належить до типу «А». Особи такого типу прагнуть до конкуренції, досягненню нової мети, незадоволені собою та обставинами. Часто вони виявляють агресивність, нетерплячість, гіперактивність: у них швидка мова, м'язи обличчя постійно напружені. Вони відчувають нестачу часу і постійну напругу сил.

## ДОВІДКОВІ МАТЕРІАЛИ

*Таблиця 1. Категорії вагомості небезпек*

Вагомість небезпек	Категорія	Характеристика нещасного випадку
Катастрофічна	IV	Дуже тяжкі травми, жертви або руйнування системи
Критична	III	Тяжкі травми, стійке захворювання, суттєве пошкодження у системі
Некритична	II	Середні травми, короткочасне захворювання, пошкодження у системі
Незначна	I	Легкі травми, зниження працездатності незначне пошкодження у системі

*Таблиця 2. Індекс ризику*

Очікувана частота виникнення подій	Категорія вагомості небезпеки			
	IV	III	II	I
Часта ( $>10^{-2}$ )	4A	3A	2A	1C
Ймовірна ( $10^{-2} \dots 10^{-3}$ )	4A	3A	2B	1C
Можлива ( $10^{-3} \dots 10^{-5}$ )	4A	3B	2B	1D
Рідкісна ( $10^{-5} \dots 10^{-7}$ )	4A	3B	2C	1D
Неймовірна ( $<10^{-7}$ )	4B	3C	2C	1D

*Таблиця 3. Критерії ризику небезпеки*

Індекс ризику	Критерії ризику
4A, 4B, 4C, 3A, 3B, 2A 4D, 3C, 3D, 2B, 2C 4E, 3E, 2D, 2E, 1A, 1B 1C, 1D, 1E	Недопустимий (надмірний) Небажаний (гранично-допустимий) Допустимий з обмеженнями (прийнятий) Допустимий без обмежень (зневажливо малий)

**Таблиця 4. Значення параметра  $f$**

$h_3/\Delta h$	$M = 1,25$	$M = 2,0$
0,1	0,2	0,3
0,2	0,38	0,5
0,4	0,6	0,72
0,6	0,76	0,96
0,8	0,92	1,18
1,0	1,12	1,32

*Примітка.*  $M$  – параметр, що характеризує профіль русла річки:  $M = 1,25$  – для трапецієвидного профілю,  $M = 2,0$  – для трикутного профілю.

**Таблиця 5. Характеристики вражаючої дії хвилі затоплення**

Об'єкти	Параметри хвилі, що спричиняють руйнування					
	Слабкі		Середні		Сильні	
	$h_3$ , м	$V_3$ , м/с	$h_3$ , м	$V_3$ , м/с	$h_3$ , м	$V_3$ , м/с
Промислові будівлі з легким каркасом	2	1	4	2	5	2,5
Промислові будівлі з залізобетонним каркасом	4	1,5	9	3	12	3
Цегляні будинки 1-3 поверхові	2	1	3	2	4	2,5
Дерев'яні будинки	2,5	1,5	4	2,5	6	3
Збірні будинки	1	1	2,5	1,5	3,5	2
Пірс	1	1	2,5	1,5	3	2
Судна (до $h \leq 2$ ), м	2,5	1,5	5	1,5	7	2
Мости	-	-	0,5	1	1-2	1,5-2

Таблиця 6. Зони радіоактивного забруднення при аварії на АЕС та їхні характеристики

Зони РЗ	Рівні радіації (мЗв/с) та дози опромін. (Зв) на зовн. межах зони			Довжина зон (L, км) в залежності від потужності та кількості аварійних реакторів															
				1500 МВт				800-1000 МВт				440-600 МВт				200-365 МВт			
	P <sub>1</sub>	P <sub>10</sub>	D <sub>1рік</sub>	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
<b>Зона Г</b> Надзвичайно небезпечного забруднення	2,0799	0,7799	50	2	3,2	4,5	5,5	1,7	2,5	3,2	4	1	1,7	2	2,5	0,2	1	1,3	1,4
<b>Зона В</b> Небезпечного забруднення	0,6239	0,2339	15	5	8	10	15	3,8	6	8	9	2,3	3,8	5	6	1,5	2,3	3	3,8
<b>Зона Б</b> Сильного забруднення	0,208	0,078	5	10	20	30	35	8	15	20	25	5	8	10	15	3	5	6,5	8
<b>Зона А</b> Помірного забруднення	0,0208	0,0078	0,5	55	90	130	150	45	65	90	120	30	45	55	65	16	30	40	45
<b>Зона М</b> Радіаційної безпеки	0,00002	0,000007	0,05	342	365	375	390	325	347	365	370	310	325	342	347	300	310	315	325

Примітки: 1. Рівень радіації P<sub>10</sub> визначено згідно залежності  $P_t = P_1 \cdot t^{-0.4}$ , мЗв/с.

2. Місцевість вважається радіаційно забрудненою, якщо рівень радіації складає 0,0078 мЗв/с та більше.

3. Таблиці розраховано для метеоумов, за яких розміри зон будуть максимальними.

Таблиця 7. Рівні радіації на осі сліду радіоактивної хмари (у контрольних точках) через 1 годину після аварії ( $P_1$ , мЗв/с)

Потужність реактора ( $P_p$ , МВт)	Кількість реакторів	Відстань від АЕС ( $R$ , км)																
		1	1,3	1,5	1,7	2	2,3	2,5	3	3,2	3,8	4	4,5	5	5,5	6	6,5	8
<b>800-1000</b>	1	4,157	2,785	2,494	2,082	1,393	1,251	1,041	0,831	0,696	0,624	0,520	0,468	0,416	0,351	0,312	0,286	0,208
	2	8,315	5,563	4,989	4,15	2,785	2,494	2,082	1,663	1,393	1,251	1,041	0,933	0,831	0,703	0,624	0,572	0,416
	3	12,506	6,315	7,504	6,239	4,157	3,745	3,123	2,494	2,082	1,873	1,562	1,406	1,251	1,041	0,933	0,859	0,624
	4	16,630	11,154	10,005	8,315	5,563	4,989	4,157	3,326	2,785	2,494	2,082	1,873	1,663	1,406	1,251	1,142	0,831
<b>440-600</b>	1	2,082	1,393	1,251	1,041	0,696	0,624	0,520	0,416	0,351	0,312	0,260	0,234	0,208	0,182	0,156	0,143	0,104
	2	4,157	2,785	2,494	2,08	1,393	1,251	1,041	0,831	0,703	0,624	0,520	0,468	0,416	0,364	0,312	0,286	0,208
	3	6,239	4,157	3,745	3,056	2,082	1,873	1,562	1,251	1,041	0,933	0,777	0,703	0,624	0,546	0,468	0,429	0,312
	4	8,315	5,563	4,989	4,157	2,785	2,494	2,082	1,663	1,406	1,251	1,041	0,933	0,831	0,730	0,624	0,520	0,416
<b>200-365</b>	1	1,041	0,696	0,624	0,537	0,351	0,312	0,260	0,208	0,182	0,156	0,130	0,127	0,104	0,091	0,078	0,070	0,052
	2	2,082	1,393	1,251	1,041	0,703	0,624	0,520	0,416	0,364	0,312	0,260	0,234	0,208	0,182	0,4156	0,143	0,104
	3	3,123	2,082	1,873	1,562	1,041	0,933	0,777	0,624	0,546	0,468	0,390	0,364	0,312	0,260	0,234	0,208	0,156
	4	4,157	2,785	2,494	2,082	1,406	1,251	1,041	0,813	0,730	0,624	0,520	0,468	0,416	0,364	0,312	0,292	0,208
Відстань від АЕС ( $R$ , км)		<b>9</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>25</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>40</b>	<b>45</b>	<b>50</b>	<b>55</b>					
<b>800-1000</b>	1	0,158	0,143	0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,034	0,026	0,021	0,017	0,014					
	2	0,312	0,286	0,208	0,166	0,130	0,104	0,089	0,068	0,052	0,042	0,034	0,029					
	3	0,468	0,416	0,312	0,249	0,208	0,156	0,130	0,104	0,078	0,062	0,049	0,042					

<i>Продовження табл. 7</i>													
	4	0,624	0,572	0,416	0,333	0,260	0,208	0,182	0,135	0,104	0,083	0,068	0,057
<b>440-600</b>	1	0,078	0,070	0,052	0,042	0,031	0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,008	0,007
	2	0,156	0,143	0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,031	0,026	0,021	0,016	0,013
	3	0,234	0,208	0,156	0,125	0,093	0,078	0,068	0,047	0,039	0,031	0,023	0,021
	4	0,317	0,286	0,208	0,166	0,130	0,104	0,089	0,062	0,052	0,042	0,034	0,026
<b>200-365</b>	1	0,039	0,036	0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,010	0,007	0,005	0,003	0,003
	2	0,078	0,070	0,052	0,042	0,031	0,026	0,021	0,016	0,013	0,010	0,008	0,062
	3	0,117	0,110	0,078	0,062	0,047	0,039	0,031	0,026	0,021	0,016	0,010	0,009
	4	0,156	0,143	0,104	0,083	0,065	0,052	0,044	0,033	0,026	0,021	0,016	0,013
Потужність реактора ( $W_p$ , МВт)	Кількість реакторів	Відстань від АЕС ( $R$ , км)											
		60	65	70	75	80	85	90	100	110	120	130	140
<b>800-1000</b>	1	0,012236	0,01041	0,009599	0,009126	0,008315	0,007571	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
	2	0,02339	0,020821	0,019266	0,018184	0,015616	0,01480	0,014331	0,012979	0,011424	0,01041	0,009329	0,007774
	3	0,036369	0,031231	0,028595	0,026026	0,02339	0,022376	0,020821	0,018184	0,01717	0,015616	0,014061	0,011695
	4	0,049416	0,041574	0,03900	0,036369	0,0338	0,031231	0,028595	0,026026	0,02339	0,020821	0,018184	0,015616
<b>440-600</b>	1	0,005923	0,005354	0,004678	0,004157	0,003901	0,003637	0,00338	0,003123	0,002859	0,002603	0,002339	0,001818
	2	0,011965	0,01041	0,009329	0,009126	0,007774	0,007301	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
	3	0,018184	0,015616	0,014061	0,012979	0,011695	0,010951	0,01014	0,009599	0,008585	0,007774	0,00703	0,005983

<i>Продовження табл. 7</i>													
	4	0,02339	0,020821	0,019469	0,018184	0,015616	0,014804	0,014331	0,012979	0,011424	0,01041	0,009329	0,007774
<b>200-365</b>	1	0,002859	0,026026	0,002339	0,002082	0,00194	0,001818	0,00169	0,001562	0,001433	0,001298	0,001169	0,001041
	2	0,005719	0,005198	0,004678	0,004157	0,003901	0,003637	0,00338	0,003123	0,002859	0,002603	0,002339	0,001818
	3	0,008585	0,007774	0,00703	0,006503	0,005719	0,005198	0,004942	0,004678	0,004157	0,003901	0,00338	0,003123
	4	0,011424	0,01041	0,00987	0,009126	0,007774	0,007301	0,00676	0,006239	0,005719	0,005198	0,004678	0,003901
Відстань від АЕС (R, км)		<b>150</b>	<b>160</b>	<b>170</b>	<b>180</b>	<b>190</b>	<b>200</b>	<b>250</b>	<b>300</b>	<b>325</b>	<b>350</b>	<b>375</b>	<b>400</b>
<b>800-1000</b>	1	0,00338	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,00104E	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06
	2	0,00676	0,006239	0,005719	0,005462	0,005354	0,005198	0,002082	0,000104	4,16E-05	1,56E-05	1,04E-05	3,64E-06
	3	0,01041	0,009329	0,008585	0,008315	0,008044	0,007774	0,003123	0,000156	6,24E-05	2,6E-05	1,56E-05	5,46E-06
	4	0,01352	0,012506	0,011424	0,010951	0,010681	0,01041	0,004157	0,000208	8,31E-05	3,12E-05	1,82E-05	6,76E-06
<b>440-600</b>	1	0,001562	0,001507	0,001453	0,001406	0,001352	0,001298	0,00052	2,6E-05	1,04E-05	3,9E-06	2,6E-06	7,77E-07
	2	0,00338	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,001041	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06
	3	0,005198	0,004678	0,004421	0,004157	0,004029	0,003901	0,001562	7,77E-05	3,12E-05	1,3E-05	7,77E-06	2,6E-06
	4	0,006503	0,006239	0,005719	0,005462	0,005354	0,005198	0,002082	0,000104	4,16E-05	1,56E-05	1,04E-05	3,64E-06
<b>200-365</b>	1	0,000777	0,00073	0,000676	0,006239	0,000572	0,00052	0,00026	1,3E-05	5,2E-06	2,08E-06	1,3E-06	3,9E-07
	2	0,001562	0,001507	0,001453	0,001406	0,001352	0,001298	0,00052	2,6E-05	1,04E-05	3,9E-06	2,6E-06	7,77E-07
	3	0,002339	0,002238	0,002129	0,002028	0,001927	0,001818	0,000777	3,9E-05	1,56E-05	5,2E-06	3,9E-06	1,04E-06
	4	0,00338	0,003123	0,002859	0,002758	0,002677	0,002603	0,00104E	5,2E-05	2,08E-05	7,77E-06	5,2E-06	1,82E-06

*Примітка:* Прийнята умова – викид РР відбувається одноразово і одночасно із усіх аварійних реакторів при максимально можливій швидкості середнього вітру у районі (з урахуванням усіх напрямків протягом року).

**Таблиця 8. Коефіцієнти для перерахунку рівнів радіації на будь-який час, що пройшов після аварії на АЕС ( $K_t$ )**

Час (г), $t_{\text{п}}$	$K_t$	Час (г), $t_{\text{п}}$	$K_t$	Час (г), $t_{\text{п}}$	$K_t$
0,5	1,32	7,5	0,447	17	0,322
1,0	1,00	8,0	0,434	18	0,315
1,5	0,85	8,5	0,427	19	0,308
2,0	0,76	9,0	0,417	20	0,302
2,5	0,69	9,5	0,408	1 доба	0,282
3,0	0,64	10,0	0,398	2 доби	0,213
3,5	0,61	10,5	0,390	3 доби	0,182
4,0	0,57	11,0	0,385	4 доби	0,162
4,5	0,55	11,5	0,377	5 діб	0,146
5,0	0,52	12,0	0,370	6 діб	0,137
5,5	0,51	13	0,358	7 діб	0,129
6,0	0,49	14	0,348	8 діб	0,122
6,5	0,474	15	0,338	9 діб	0,116
7,0	0,465	16	0,330	10 діб	0,112

Примітки: Дані визначені згідно з формулою  $K_t = t^{-0,4}$

Таблиця 9. Коефіцієнт накопичення дози радіації  $A_t$

		Час кінця опромінювання ( $t_k$ , год)															
		2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10	12	24	36	48	72	96	120	240
Час початку опромінення з моменту аварії ( $t_{п,Г}$ )	0,5	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	4,2	4,7	6,7	8,1	9,2	11	12	14	18,5
	1,0	1,8	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	2,2	3,6	4,0	6,0	7,5	8,6	10	11	13	18
	1,5	0,4	0,7	0,8	0,9	1,1	1,5	1,7	3,2	3,6	5,6	7,1	8,2	9,7	10,5	12,5	17,6
	2,0		0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4	2,8	3,3	5,3	6,7	7,8	9,5	10	12	17
	2,5			0,25	0,5	0,6	0,7	0,9	2,4	2,8	4,8	6,3	7,4	9,1	9,9	11,2	16,6
	3,0				0,2	0,4	0,5	0,6	2,0	2,4	4,4	6,0	7,0	8,7	9,8	11,6	16,3
	3,5					0,15	0,3	0,4	1,9	2,3	4,3	5,8	6,8	8,6	9,7	11,5	16,2
	4,0						0,1	0,2	1,8	2,2	4,2	5,7	6,7	8,5	9,6	11,4	16,1
	4,5							0,1	1,6	2,0	4,0	5,5	6,5	8,3	9,4	11,2	15,9
	5,0								1,4	1,9	3,9	5,3	6,4	8,1	9,3	11,0	15,7
	5,5								1,2	1,7	3,7	5,1	6,2	7,9	9,1	10,8	15,5
	6,0								1,1	1,5	3,5	4,9	6,0	7,7	8,9	10,7	15,3
	6,5								1,0	1,3	3,3	4,7	5,8	7,5	8,7	10,5	15,2
	7,0								0,9	1,1	3,1	4,6	5,6	7,4	8,6	10,4	15,0
	7,5								0,8	0,9	2,9	4,4	5,5	7,2	8,4	10,2	14,8
	8,0								0,7	0,8	2,8	4,3	5,3	7,0	8,2	10,1	14,7
	9,0								0,5	0,6	2,6	4,1	5,2	6,9	8,1	9,9	14,5
	10									0,4	2,4	3,9	5,0	6,7	7,9	9,7	14,3

Таблиця 10. Коефіцієнти ослаблення доз випромінювання ( $K_{осл}$ )

Найменування сховищ	Вікна виходять на вулицю завширшки, м		Вікна виходять на відкритий майдан
	15-30м	30-60м	
1. Відкрите розташування	1	1	1
2. Виробнича (одноповерхова)	7	7	7
3. Виробничі та адміністративні будівлі з великою кількістю вікон	6	6	6
1 поверх	5	5	5
2 поверх	7,5	7,5	7,5
3 поверх	6	6	6
4. Кам'яна житлова 1-поверхова будівля	13	12	10
1 поверх	13	12	10
підвал	50	46	37
5. Теж саме, 2-поверхова	20	18	15
1 поверх	21	19	15
2 поверх	19	17	14
підвал	130	120	100
6. Теж саме, 3-поверхова	33	27	20
1 поверх	26	23	17
2 поверх	44	33	26
3 поверх	30	27	20
підвал	600	500	400
5. Теж саме, 5-поверхова	50	42	27
1 поверх	26	24	18
2 поверх	50	41	27
3 поверх	68	54	33
4 поверх	75	57	34
5 поверх	38	33	24
підвал	600	500	400
8. Житлові дерев'яні будівлі			
1-поверхові	2	2	2
підвал	7	7	7
2-поверхові	8	8	8
підвал	12	12	12
9. Перекриті щілини	40-50	40-50	40-50
10. Протирадіаційні сховища			
П-1, П-3	200	200	200
П-2, П-4	100	100	100
П-5	50	50	50
11. Автомобілі, трамваї, вантажні вагони, тролейбуси	2	2	2
12. Бульдозери, екскаватори, бронемашини	4	4	4

**Таблиця 11. Допустима тривалість перебування людей на радіоактивно забрудненій місцевості, Т (год., хв.)**

$\frac{Двст \cdot Косл}{P_B}$	Час, який пройшов з моменту вибуху до початку опромінення, год ( $t_n$ )						
	0,5	1	2	3	4	5	6
0,2	0,15	0,14	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12
0,3	0,22	0,22	0,20	0,19	0,19	0,19	0,19
0,4	0,42	0,31	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
0,5	1,02	0,42	0,35	0,34	0,32	0,32	0,32
0,6	1,26	0,54	0,44	0,41	0,39	0,39	0,38
0,7	2,05	1,08	0,52	0,49	0,47	0,46	0,45
0,8	2,56	1,23	1,02	0,57	0,54	0,53	0,52
0,9	4,09	1,42	1,12	1,05	1,02	1,00	0,59
1,0	5,56	2,03	1,23	1,14	1,10	1,08	1,06
2,0	без обмежень	11,52	4,06	3,13	2,46	2,35	2,29
2,5		31,00	6,26	4,28	3,48	3,28	3,16
3,0		без обмежень	9,54	6,09	5,01	4,28	4,10

**Таблиця 12. Рівні безумовно виправданого термінового втручання при гострому опроміненні**

Орган або тканина	Прогнозована поглинена доза в органі чи тканині за період, не менше 2-х діб, Гр
Все тіло (кістковий мозок)*	1
Легені	6
Шкіра	3
Щитовидна залоза	5
Кришталік ока	2
Гонади	2
Плід	0,1

*Примітка:* \* як правило застосовується при зовнішньому опроміненні.

**Таблиця 13. Рівні річної еквівалентної дози хронічного опромінення органів та тканин, яку відвертають, при яких термінове втручання безумовно виправдане**

Орган або тканина	Річна еквівалентна доза, Зв·рік <sup>-1</sup>
Гонади	0,2
Кришталік ока	0,1
Кістковий мозок	0,4

**Таблиця 14. Невідкладні контрзаходи залежно від фази розвитку аварії та прогнозованої дози опромінення населення**

Заходи	Дозові критерії (доза, що пропонується за перші 10 діб або рік після аварії), мЗв (бер)			
	Все тіло		Окремі органи	
	Нижній рівень	Верхній рівень	Нижній рівень	Верхній рівень
А. На ранній фазі аварії при $D_{пр} = D_{10діб}$				
0. Оповіщення та інформація				
1. Обмеження перебування на відкритій місцевості	5 (0,5)	50 (5)	50 (5)	500 (50)
2. Захист органів дихання та шкірних покривів	5 (0,5)	50 (5)	50 (5)	500 (50)
3. Укриття			50 (5)	
4. Йодна профілактика:	5 (0,5)	50 (5)	50 (5)	500 (50)
Дорослі				500 (50)
Діти, вагітні жінки			500 (50)	250 (25)
5. Евакуація (тимчасова):	50 (5)		50 (5)	
Дорослі	10 (1)	500 (50)		500 (500)
Діти, вагітні жінки		50 (5)		500 (50)
Б. На середній фазі аварії при $D_{пр} = D_{1рік}$				
6. Обмеження споживання забруднених продуктів та води	5 (0,5)	50 (5)	50 (5)	500 (50)
7. Евакуація (на тривалий строк)	50 (5)	500 (50)		

*Примітка:* Дані відповідають рекомендаціям МАГАТЕ.

**Таблиця 15. Нижні межі виправданості, безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії для прийняття рішення про переселення**

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза, яку відвертають за період переселення, Зв	0,2	1
Доза, яку відвертають за перші 12 місяців після аварії, Зв	0,05	0,5
Щільність радіоактивного забруднення території довгоживучими радіонуклідами, кБк·м <sup>2</sup> :		
<sup>137</sup> Cs	400	4000
<sup>90</sup> Sr	80	400
α – випромінювачі ( <sup>238, 239, 240</sup> Pu, <sup>241</sup> Am та ін.)	0,5	4
Потужність дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, нГр·сек <sup>-1</sup> :		
– Мононуклідне забруднення <sup>137</sup> Cs	0,3	3
– забруднення свіжою осколочною сумішшю (15-ий день після початку аварійних випадень)	5	50

**Таблиця 16. Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про тимчасове відселення**

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Сумарна доза, яку відвертають за період тимчасового відселення *, Зв	0,1	1
Середньомісячна доза на протязі періоду тимчасового відселення *, мЗв·місяць <sup>-1</sup>	5	30
Потужність поглинутої дози гамма-випромінювання в повітрі на відкритій радіоактивно-забрудненій місцевості, нГр·сек <sup>-1</sup>	3	30

*Примітка:* \* При виконанні умов: відносно високий темп прогнозованого покращення радіаційної обстановки через відсутність у складі радіоактивного забруднення території таких довгоживучих радіонуклідів як <sup>60</sup>Co, <sup>134,137</sup>Cs, <sup>90</sup>Sr, <sup>226</sup>Ra, <sup>210</sup>Po, ізотопи плутонію, <sup>241</sup>Am та ін.

**Таблиця 17. Нижні межі виправданості і безумовно виправдані рівні втручання і дії для прийняття рішення про вилучення, заміну і обмеження \*вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування**

Критерії для прийняття рішення	Нижні межі виправданості	Безумовно виправдані рівні втручання і рівні дії
Доза внутрішнього опромінювання, яку відвертають за рахунок вживання радіоактивно-забруднених продуктів харчування, мЗв	5	30
- за перший післяаварійний рік	1	30
- за другий і наступний роки після аварії	1	5
Радіоактивне забруднення молока **, кБк·л <sup>-1</sup>		
<sup>131</sup> I		
для дорослих	0,4	1
для дітей	0,1	0,2
<sup>134,137</sup> Cs	0,1	0,4
<sup>90</sup> Sr		
для дорослих	0,02	0,2
для дітей	0,005	0,05

*Примітки:* \*Рішення про обмеження чи про повне вилучення (або заміну) окремих продуктів харчування є об'єктом оптимізації.

\*\*Для інших, немолочних продуктів харчування, рівні дії вдвоє вищі.

**Таблиця 18 Ступінь руйнування об'єкту в залежності від надмірного тиску ударної хвилі  $\Delta P_f$ , кПа**

№ п/п	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
1. Виробничі, адміністративні будівлі та споруди					
1	Бетонні та залізобетонні будинки та споруди антисейсмічної конструкції	25-35	80-120	150-200	200
2	Споруди з легким металевим каркасом і безкаркасні конструкції	10-20	20-30	30-50	50-70
3	Споруди зі збірного залізобетону	10-20	20-30	-	30-60
4	Складські цегляні будинки	10-20	20-30	30-40	40-50
5	Адміністративні багатоповерхові будівлі з металевим або залізобетонним каркасом	20-30	30-40	40-50	50-60
6	Цегляні малоповерхові будівлі (один-два поверхи)	8-15	15-25	25-35	35-45
7	Цегельні багатоповерхові будівлі (три поверхи та більше)	8-15	12-20	20-30	30-40

2. Деякі види обладнання					
1	Верстати важкі	25-40	40-60	60-70	-
2	Верстати середні	15-25	25-35	35-45	-
3	Верстати легкі	6-15	-	15-25	-
4	Крани та кранове обладнання	20-30	30-50	50-70	70
5	Стрічкові конвеєри в галереї на залізобетонній естакаді	5-6	6-10	10-20	20-40
6	Ковшові конвеєри в галереї на залізобетонній естакаді	8-10	10-20	20-30	30-50
7	Електродвигуни потужністю від 2 до 10 кВт, відкриті	30-50	50-70	-	80-90
8	Трансформатори від 100 до 1000 кВ	20-30	30-50	50-60	60
9	Генератори на 100-300 кВт	30-40	50-60	-	-
10	Відкриті розподільчі пристрої	15-25	25-35	-	-
11	Масляні вимикачі	10-20	20-30	-	-
12	Контрольно-вимірювальна апаратура	5-10	10-20	20-30	30
3. Комунально-енергетичні мережі та споруди					
1	Газгольдери та наземні резервуари хімічних речовин	15-20	20-30	30-40	40
2	Наземні металеві резервуари та ємності	30-40	40-70	70-90	90
3	Кабельні підземні мережі	200-300	300-600	600-1000	1500
4	Кабельні наземні мережі	10-30	30-50	50-60	60
5	Трубопроводи наземні	20	50	130	-
6	Трубопроводи на металевих або залізобетонних естакадах	20-30	30-40	40-50	-

Таблиця 19. Характеристика ступенів руйнувань ударною хвилею об'єктів

№ п/п	Ступінь руйнувань	Виробничі та адміністративні будівлі	Промислове обладнання (верстати, конвеєри, генератори та ін.)
1	Слабкі	Руйнування заповнень дверних та віконних прорізів, зривання покрівлі даху	Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів
2	Середні	Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини	Пошкодження і деформація основних деталей, електропроводки, приладів автоматики, тріщини в трубопроводах
3	Сильні	Значна деформація несучих конструкцій, руйнування більшої частини перекриттів і стін	Зміщення фундаменту і деформація верстатів, тріщини в деталях, розриви в кабельних мережах і трубопроводах

Таблиця 20. Теплофізичні властивості рідин та газів (при  $P_0 = 101,3$  кПа)

Речовина	Формула	$Q_{VT}$ , кДж/кг	Показник адіабати для газів, $k_T$ (при +20°C)	Густина $\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup> (при + 20°C)	НКМ, %	НКМ, кг/м <sup>3</sup>	Молярна маса M, г/моль
Аміак	NH <sub>3</sub>	16600	1,31	681,4	15	0,11	17
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> O	28600	–	790,8	2,2	0,052	58
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	48300	1,24	1,177	2,0	0,021	26
Бутан	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	45800	1,25	2,672	1,9	0,045	58
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	40600	–	879,0	1,4	0,045	78
Бензин	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	43200	–	750,0	1,2	0,04	114
Водень	H <sub>2</sub>	120000	1,4	0,0899	4	0,003 3	2
Метан	CH <sub>4</sub>	50000	1,32	0,7166	5	0,033	16
Метиловий спирт (метанол)	CH <sub>3</sub> OH	20900	–	795,0	5	0,092	32
Окис вуглецю (чадний газ)	CO	13000	1,4	1,25	12,5	0,14	28
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	46400	1,13	500,5	2,1	0,038	44
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	47200	1,25	0,974	3	0,034	28
Етиловий спирт	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	33800	–	789*	3,6	0,068	46
Азот	N <sub>2</sub>	–	1,4	1,16	–	–	28
Аргон	Ar	–	1,67	1,66	–	–	40
Повітря	–	–	1,4	1,204	–	–	29
Гелій	He	–	1,67	0,166	–	–	4
Двоокис вуглецю	CO <sub>2</sub>	–	1,3	1,977	–	–	44
Кисень	O <sub>2</sub>	–	1,4	1,4	–	–	32
Дизельне паливо	–	42624	–	до 860	1,5...2		110... ...230
Гас	–	43000	–	792,0	1,4...2		800
Нафта (легка)	–	43700... ...46200	–	831...860	1,26... ...6,5		250... ...300

\* – значення при 0°C.

**Таблиця 21. Глибина розповсюдження хмари забрудненого повітря з вражаючими концентраціями НХР на відкритій місцевості ( $\Gamma_3$ ), км (ємності не обваловані, швидкість вітру 1 м/с, температура повітря 0°C)**

Найменування НХР	Кількість НХР в ємності, т							
	1	5	10	20	30	50	100	300
<b>Інверсія</b>								
Хлор	4,65	12,2	18,5	28,3	36,7	50,4	78,7	156
Аміак	<0,5	1,6	2,45	4,05	5,25	6,85	10,8	21
Соляна кислота	1,25	3,05	4,65	6,8	8,75	12,2	18,7	31,7
<b>Ізотермія</b>								
Хлор	1,75	5,05	7,35	11,6	14,8	20,2	30,9	62
Аміак		<0,5	1,25	1,55	1,95	2,75	4,45	8,35
Соляна кислота	<0,5	1,3	1,85	2,9	3,7	5	7,45	14,7
<b>Конвекція</b>								
Хлор	0,75	2,4	4,05	6,05	7,6	10,7	16,1	31,9
Аміак				<0,5	1,05	1,45	2,2	4,55
Соляна кислота		<0,5	0,95	1,5	1,9	2,6	4,0	7,7

*Примітки.* 1. При температурі повітря +20°C глибина розповсюдження хмари забрудненого повітря збільшується, а при -20°C зменшується на 5%, від наведених у таблиці для 0°C.

2. При температурі +40°C при ізотермії та конвекції глибина збільшується на 10%.

3. Для НХР, що не увійшли до таблиці, для розрахунку береться глибина розповсюдження хмари хлору для заданих умов і множиться на коефіцієнт для певної НХР: фосген – 1,14; оксиди азоту – 0,28; метиламін – 0,24; диметиламін – 0,24; нітробензол – 0,01; оксид етилену – 0,06; водень фтористий – 0,3; водень ціаністий – 0,97.

**Таблиця 22. Значення коефіцієнта  $\alpha$**

$\Gamma_{ззм}/\Gamma_3$	0,05	0,1	0,20	0,3	0,4	0,5-1,0
$\alpha$	0,3	0,5	0,75	0,85	0,93	1,0

**Таблиця 23. Допоміжні коефіцієнти для визначення тривалості випаровування НХР**

Найменування НХР	Густина НХР, $d$ , т/м <sup>3</sup>	Вражаюча токсодоза, мг хв/л	$k_2$ залежно від температури			
			-20°C	0°C	20°C	40°C
Аміак	0,681	15	1	1	1	1
Хлор	1,553	0,6	1	1	1	1
Соляна кислота	1,198	2	0,1	0,3	1	1,6

**Таблиця 24. Графік для визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за даними прогнозу погоди**

Швидкість вітру, м/с	Ніч			День		
	Ясно	Напівясно	Похмуро	Ясно	Напівясно	Похмуро
0,5	Інверсія			Конвекція		
0,6...2,0						
2,1...4,0	Ізотермія			Ізотермія		
Більше 4,0						

**Таблиця 25. Корегувальні коефіцієнти зменшення глибини розповсюдження хмари забрудненого повітря в залежності від швидкості вітру**

СВСП	Швидкість вітру, м/с					
	1	2	3	4	5	10
Інверсія	1	0,6	0,45	0,4	-	-
Ізотермія	1	0,65	0,55	0,5	0,45	0,35
Конвекція	1	0,7	0,6	0,55	-	-

**Таблиця 26. Коефіцієнти зменшення глибини розповсюдження хмари НХР при виливі «у піддон» в залежності від висоти обвалування**

Найменування НХР	Висота обвалування, м		
	Н = 1	Н = 2	Н = 3
Хлор	2,1	2,4	2,5
Аміак	2	2,25	2,35
Соляна кислота	4,6	7,4	10

*Примітка.* У разі проміжних значень висоти обвалування існуюче значення висоти обвалування округляється до ближчого. Якщо приміщення, де зберігаються НХР, герметично зачиняються та обладнані спеціальними вловлювачами, то відповідний коефіцієнт збільшується втричі.

**Таблиця 27. Коефіцієнти зменшення глибини розповсюдження хмари НХР на кожний 1 км довжини закритої місцевості,  $k_{зм}$**

СВСП	Міська забудова	Сільська забудова	Лісові масиви
Інверсія	3,5	3	1,8
Ізотермія	3	2,5	1,7
Конвекція	3	2	1,5

**Таблиця 28. Швидкість переносу переднього фронту забруднення в залежності від швидкості вітру та СВСП, км/год.**

СВСП	Швидкість вітру, м/с									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інверсія	5	10	16	21	-	-				
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28	-	-	-			

**Таблиця 29. Залежність кутового розміру сектора ЗМХЗ ф від швидкості вітру**

v, м/с	< 1	1	2	> 2
ф, град	360	180	90	45

**Таблиця 30. Тривалість випаровування (термін дії джерела забруднення)  $t_{вр}$ , год. (швидкість вітру 1 м/с)**

Найменування НХР	Характер розливу											
	Ємності не обваловані розлив «вільний»				Ємності обваловані, розлив у «піддон»							
	$h = 0,05$ м				$H = 1$ м				$H = 3$ м			
	Температура повітря, °С											
	-20	0	20	40	-20	0	20	40	-20	0	20	40
Соляна кислота	28,5	9,5	2,85	1,8	457	153	45,7	28,6	1598	533	160	99,8
Хлор	1,5				23,9				83,7			
Аміак	1,4				21,8				76,3			

*Примітка.* При швидкості вітру більше 1 м/с вводиться корегувальний коефіцієнт:

Швидкість вітру	1	2	3	5	10
Корегувальний коефіцієнт	0,75	0,6	0,5	0,43	0,25

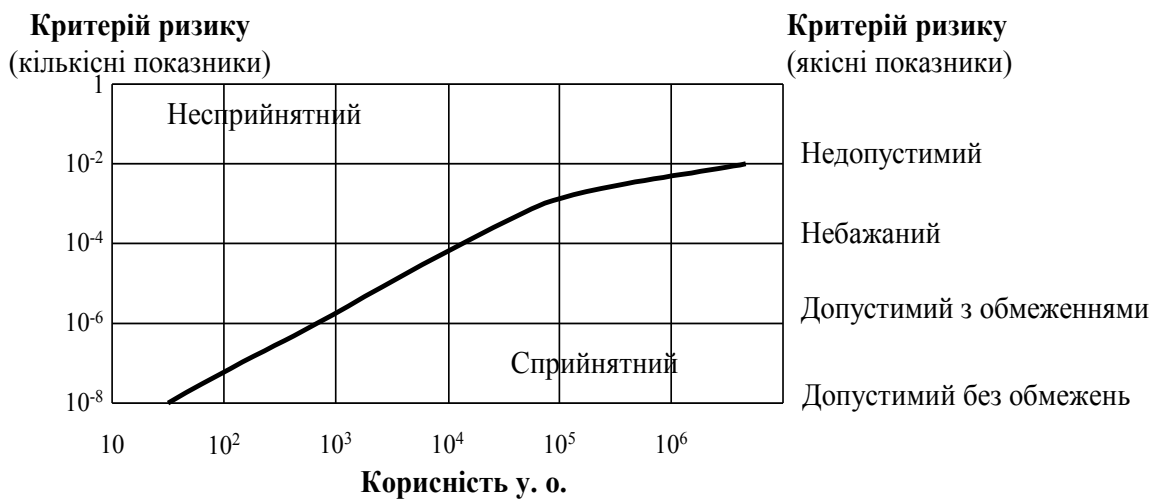
**Таблиця 31. Можливі втрати населення, робітників та службовців, які опинилися у ЗМХЗ (ПЗХЗ) (%)**

Забезпеченість засобами захисту	На відкритій місцевості	В будівлях або в простіших сховищах
Без протигазів	90-100	50
У протигазах	1-2	до 1
У простіших засобах захисту	50	30-45

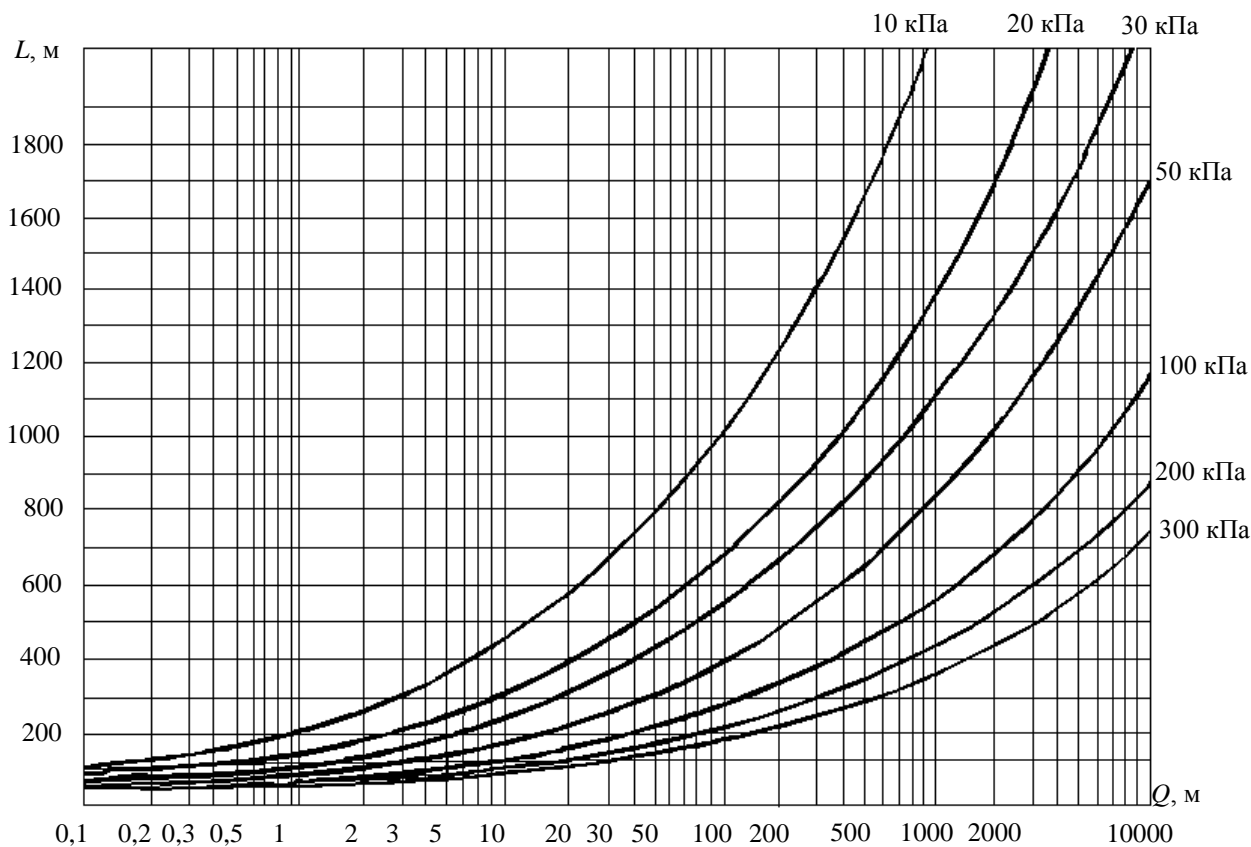
*Примітка.* Структура втрат може розподілятися за наступними даними: легкі отруєння – до 25%; середньої тяжкості – до 40%; зі смертельними наслідками – до 35%.

**Таблиця 32. Лінійна швидкість розповсюдження горіння при пожежах на різних об'єктах, м/хв.**

Об'єкт	Від	До
Адміністративні будівлі	1,0	1,5
Бібліотеки, книгосховища, архівосховища. Деревообробні підприємства Лісопильні цехи (будівлі I, II, III ступеня вогнестійкості)	1,0	3,0
Коридори та галереї	4,0	5,0
Кабельні споруди (горіння кабелів)	0,8	1,1
Об'єкти транспорту:		
гаражі, трамвайні та тролейбусні депо	0,5	1,0
ремонтні зали ангарів	1,0	1,8
Морські та річкові судна:		
надбудова що згоряє при внутрішній пожежі	1,2	2,7
те ж, при зовнішній пожежі	2,0	6,0
внутрішні пожежі за наявності синтетичної обробки і відкритих прорізів	1,0	2,0
Пінополіуретан	0,7	0,9
Спаленні покриття цехів великої площі	1,7	3,2
Спалені конструкції дахів і горищ	1,5	2,0
Склади		
Торф в штабелях	0,8	1,0
льоноволокна	3,0	5,6
текстильні вироби	0,3	0,4
папір у рулонах	0,2	0,3
гумотехнічні вироби в будівлях	0,4	1,9
Гумотехнічні вироби (штабеля на відкритому майданчику)	1,0	1,2
каучук	0,6	1,0
Круглий ліс в штабелях	0,4	1,0
житлова зона при щільній забудові будинками V ступеня вогнестійкості сухій погоді і сильному вітрі	20	25
солом'яні дахи будівель	2,0	4,0
Торговельні підприємства, склади та бази товарно-матеріальних цінностей	0,5	1,2
типографії	0,5	0,8
Холодильники	0,5	0,7
Школи, лікувальні установи		
Будівлі I і II ступеня вогнестійкості	0,6	1,0
Будинки III і IV ступеня вогнестійкості	2,0	3,0



Графік 1. Ступінь прийнятності ризику суспільством



Графік 2. Залежність надмірного тиску від кількості тротилу

і відстані до центру вибуху

## ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ MSK-64

### 1. Класифікація, прийнята у шкалі

Типи споруд (будинки зведені без необхідних антисейсмічних заходів):

тип А – будинки з рваного каменю, сільські будівлі, будинки з цегли-сирцю, глинобитні будинки;

тип Б – звичайні цегляні будинки, будинки великоблокового і панельного типів, фахверкові будівлі, будинки з природного тесаного каменю;

тип В – каркасні залізобетонні будинки, дерев'яні добре збудовані будинки.

### 2. Кількісні характеристики:

окремі – близько 5%; багато які – близько 50%; більшість – близько 75%.

### 3. Класифікація ушкоджень

*1-й ступінь.* Легкі ушкодження: тонкі тріщини в штукатурці і відколювання невеликих шматків штукатурки;

*2-й ступінь.* Помірні ушкодження: невеликі тріщини в стінах, відколювання досить великих шматків штукатурки, падіння покрівельних черепиць, тріщини в димарях, падіння частин димарів;

*3-й ступінь.* Важкі ушкодження: великі і глибокі тріщини в стінах, падіння димарів;

*4-й ступінь.* Руйнування: наскрізні тріщини і пролами в стінах, обвалення частин будинків, руйнування зв'язків між окремими частинами будинків, обвалення внутрішніх стін і стін заповнення каркаса;

*5-й ступінь.* Обвали. Повне руйнування будинків.

### 4. Групування ознак шкали:

а) люди і їхнє оточення; б) спорудження; в) природні явища.

### 5. Інтенсивність у балах

*I Невідчутний землетрус.* Інтенсивність коливання лежить нижче від межі чутливості людей; струси ґрунту виявляються і реєструються тільки сейсмографами.

II *Ледь відчутний землетрус*. Коливання відчуваються тільки окремими людьми, що знаходяться в спокої усередині приміщень, особливо на верхніх поверхах.

III *Слабкий струс*. Землетрус відчувається усередині будинків деякими людьми, що знаходяться у приміщеннях; під відкритим небом – тільки в сприятливих умовах. Коливання схожі зі струсом, створеним проїжджаючою легкою вантажівкою. Уважні спостерігачі бачать легке розгойдування висячих предметів, на верхніх поверхах-трохи більш сильне.

VI *Помітний струс*. Землетрус відчувається всередині будинків багатьма людьми, під відкритим небом – деякими. Подекуди сплячі прокидаються, але ніхто не лякається. Коливання схожі з землетрусом, створюваним проїжджаючою важко навантаженою вантажівкою. Деренчання вікон, дверей, посуду. Скрип підлог і стін. Починається тремтіння меблів. Висячі предмети злегка розгойдуються. Рідина у відкритих судинах злегка коливається. В автомашинах, що стоять на місці, помітні поштовхи.

#### V *Пробудження*

а) Землетрус відчувається всіма людьми усередині приміщень, під відкритим небом – багатьма. Багато сплячих прокидаються. Деякі особи вибігають із приміщень. Тварини турбуються. Спостерігається струс будинків у цілому. Висячі предмети сильно коливаються. Картини зсовуються з місця. В окремих випадках зупиняються маятникові годинники. Деякі хитливі предмети або перекидаються, або зсовуються. Незамкнені двері і вікна розчиняються і знову зачиняються. З наповнених відкритих судин у невеликих кількостях вихлюпується рідина. Коливання, що відчуваються, схожі з коливаннями, які створюються падінням важких предметів усередині будинку.

б) Можливі ушкодження 1-го ступеня в окремих будинках типу А.

в) У деяких випадках змінюється дебіт джерел.

#### VI *Переляк*

а) Землетрус відчувається більшістю людей як усередині приміщень, так і просто неба. Багато людей лякаються і вибігають на вулицю з будинків. Деякі

зачиняються у приміщеннях. Домашні тварини вибігають з укриттів. У деяких випадках може розбитися посуді інші скляні вироби; падають книги. Можливий рух важких меблів; може бути чутним дзвін малих дзвонів на дзвіницях.

б) Ушкодження 1-го ступеня в окремих будинках типу Б і в багатьох будинках типу А, В окремих будинках типу А ушкодження 2-го ступеня.

в) У деяких випадках у вогких ґрунтах можливі тріщини шириною до 1 см; у гірських районах окремі випадки зсувів. Спостерігаються зміни дебіту джерел і рівня води в колодязях.

#### *VII Ушкодження будинків*

а) Більшість людей перелякані і вибігають із приміщень. Багато хто з зусиллям утримується на ногах. Коливання спостерігаються особами, що ведуть автомобілі. Дзвонять великі дзвони.

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 1-го ступеня; у багатьох будинках типу Б ушкодження 2-го ступеня. У багатьох будинках типу А – ушкодження 3-го ступеня, в окремих будинках цього типу – ушкодження 4-го ступеня. В окремих випадках спостерігаються зсуви проїзних частин доріг на крутих схилах і тріщини на дорогах. Порушення стиків трубопроводів; тріщини в кам'яних огорожах.

в) На воді утворюються хвилі, вода стає мутною внаслідок підняття мулу. Змінюється рівень води в колодязях і дебіт джерел. У деяких випадках пропадають існуючі джерела води. Спостерігаються окремі випадки зсувів на піщаних або гравелістих берегах річок.

#### *VIII Сильні ушкодження будинків*

а) Переляк і паніка; відчувають занепокоєння навіть особи, що ведуть автомобілі. Подекуди обламуються гілки дерев. Зрушується й іноді перекидаються важкі меблі. Частина висячих ламп ушкоджується.

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 2-го ступеня, в окремих будинках цієї групи – ушкодження 3-го ступеня. У багатьох будинках типу Б ушкодження 3-го ступеня, в окремих – 4-го ступеня. У багатьох будинках типу А ушкодження 4-го ступеня, в окремих – 5-го ступеня. Спостерігаються окремі

випадки розриву стиків трубопроводів. Пам'ятники і статуї зрушуються. Надгробні камені перекидаються. Кам'яні огорожі руйнуються.

в) Невеликі зсуви на крутих укосах виїмок і насипів доріг; тріщини в ґрунтах досягають декількох сантиметрів. Виникають нові водойми. Іноді пересохлі колодязі наповнюються водою або існуючі колодязі висихають. У багатьох випадках змінюється дебіт джерел і рівень води в колодязях.

#### *ІХ Загальні ушкодження будинків*

а) Загальна паніка; великі ушкодження меблів. Тварини метушаться і лементують.

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 3-го ступеня й в окремих – 4-го ступеня. У багатьох будинках типу Б ушкодження 4-го ступеня й в окремих – 5-го ступеня. У багатьох будинках типу А ушкодження 5-го ступеня. Пам'ятники і колони перекидаються. Значні ушкодження штучних водойм; розриви частини підземних трубопроводів. В окремих випадках скривлення залізничних рейок і ушкодження проїзних частин доріг.

в) На рівнинах повені, часто помітні наноси піску і мулу. Тріщини в ґрунтах досягають ширини 10 см, а по схилах і берегах рік – понад 10 см; крім того, велика кількість тонких тріщин у ґрунтах. Скелі обвалюються; часті зсуви й опадання ґрунту. На поверхні води великі хвилі.

#### *Х Загальні руйнування будинків*

а) Відсутнє (див. п.4).

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 4-го ступеня, а в окремих – 5-го ступеня. У багатьох будинках типу Б ушкодження 5-го ступеня, у більшості будинків типу А ушкодження 5-го ступеня. Небезпечні ушкодження гребель і дамб, серйозні ушкодження мостів. Легкі скривлення залізничних рейок. Розриви або скривлення підземних трубопроводів. Дорожні покриття й асфальт утворюють хвилеподібну поверхню.

в) Тріщини: у ґрунтах шириною кілька дециметрів і в деяких випадках – до 1 м. Паралельно руслам водяних потоків з'являються широкі розриви. Опадання пухких порід із крутих схилів. Можливі великі зсуви на берегах рік і крутих

морських узбережжях. У прибережних районах переміщуються піщані і мулисті маси. Вихлюпування води в каналах, озерах, ріках тощо. Виникають нові озера.

### *XI Катастрофа*

а) Відсутнє (див. п.4).

б) Серйозні ушкодження навіть добротно спороджених будинків, мостів, гребель і залізничних колій; шосейні дороги стають непридатними; руйнування підземних трубопроводів.

в) Значні деформації ґрунту у вигляді широких тріщин, розривів і переміщень у вертикальному і горизонтальному напрямках; численні гірські обвали. Визначення інтенсивності струсу (бальности) вимагає спеціального дослідження.

### *XII Зміна рельєфу*

а) Відсутнє (див. п.4).

б) Сильне ушкодження або руйнування практично всіх наземних і підземних споруд.

в) Радикальна зміна земної поверхні. Спостерігаються значні тріщини в ґрунтах з великими вертикальними і горизонтальними переміщеннями. Гірські обвали та обвали берегів рік на великих площах. Виникають озера, утворюються водоспади; змінюються русла рік. Визначення інтенсивності струсу (бальности) вимагає спеціального дослідження.

**Таблиця 1. Типи будинків, кількість та ступінь пошкоджень при різних інтенсивностях землетрусів**

Інтенсивність, бал	Типи будинків		
	А	Б	В
V	Окремі – 1	Окремі – 1	
VI	Окремі – 2 Багато які – 1	Багато які – 2	
VII	Окремі – 4 Багато які – 3	Окремі – 4 Багато які – 3	Багато які – 1
VIII	Окремі – 5 Багато які – 4	Окремі – 5 Багато які – 4	Окремі – 3 Багато які – 2
IX	Багато які – 5	Багато які – 5	Окремі – 4 Багато які – 3
X	Більшість – 5	Окремі – 1	Окремі – 5 Багато які – 4

*Примітка:* 1, 2, 3, 4, 5, – ступені ушкоджень за прийнятою класифікацією.

## ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. **Ісаєнко, В. М.** Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища [Текст] : навч. посіб. / В. М. Ісаєнко, Г. В. Лисиченко, Т. В. Дудар [та ін.]. – К. : Вид-во нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – 312 с.
2. **Калмиков, Ю. І.** Безпека життєдіяльності [Текст] : посібник для виконання практичних робіт / Ю. І. Калмиков, О. Г. Манойло. – Одеса : ОДФХ, 2008, 52 с.
3. **Кулалаєва, Н. В.** Ручні та пересувні засоби пожежегасіння: основні типи, будова та безпечне використання [Текст] : навч. посібник / Кулалаєва Н. В., Михайлюк В. О. , Халмурадов Б. Д. – Миколаїв : НУК, 2012 – 220 с.
4. **Михайлюк, В. О.** Цивільний захист [Текст] : Ч. 2. Надзвичайні ситуації : навч. посіб. / В. О. Михайлюк. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 124 с.
5. **Михайлюк, В. О.** Цивільна безпека [Текст] : навч. посіб. / В. О. Михайлюк, Д. Б. Халмурадов : – К. : Центр учбової літератури, 2008. – 158 с.
6. **Стоєцький, В. Ф.** Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки [Текст] / В. Ф. Стоєцький та інш. – Тернопіль : Видавництво «Астон», 2005. – 408 с.
7. **Теребнев, В. В.** Справочник керівника тушення пожеги : [Текст] / В. В. Теребнев – М. : Пожкнига, 2004. – 256 с.

## ЗМІСТ

Перелік використаних скорочень.....	3
Вступ.....	4
1. Загальні методичні рекомендації.....	5
1.1. Вимоги до виконання роботи.....	5
2. Аналіз ризику виникнення небезпек.....	5
3. Визначення вражаючих небезпечних чинників Природного та техногенного походження.....	11
3.1. Небезпечні чинники природного походження.....	11
3.1.1. <i>Оцінка обстановки, що може скластися в наслідок землетрусу.....</i>	11
3.1.2. <i>Прогнозування паводкової повені.....</i>	12
3.2. Небезпечні чинники техногенного походження.....	15
3.2.1. <i>Розрахунок основних параметрів пожежі.....</i>	15
3.2.2. <i>Оцінка наслідків радіаційного впливу на людину при аваріях на радіаційно-небезпечних об'єктах.....</i>	21
3.2.3. <i>Розрахунки вражаючих факторів вибухів.....</i>	31
3.2.4. <i>Довгострокове прогнозування наслідків аварій на ХНО.....</i>	38
3.3. Прогнозування поведінки людини у небезпечній ситуації.....	50
3.3.1. <i>Психологічний стрес як особливий психічний стан.....</i>	50
3.3.2. <i>Тест на виявлення стресостійкості.....</i>	55
Додатки.....	57
Використана література.....	82