

С.А. Дикань  
О.Є. Зима

---

# БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

---

УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ КУРС

*Підручник для студентів інженерних спеціальностей  
вищих навчальних закладів*

Полтава  
ТОВ «АСМІ»  
2015

УДК 614.8(075.3)  
ББК 20.1я73  
Д45

*Рекомендовано Науково-методичною радою Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка від .....2015 р.  
(протокол № ...)*

#### Рецензенти:

**Р.Г. Савенко**, доктор технічних наук, професор Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка;

**Ю.Л. Винников**, доктор технічних наук, професор Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

**Дикань С.А., Зима О.Є.**

Д45 Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях. Університетський курс [Текст]: підручник для студ. вищ. навч. закл. / С.А. Дикань, О.Є. Зима. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2015. – 273 с.: табл., іл.

ISBN 978-966-182-373-9

У підручнику розглянуті законодавчі основи техногенної безпеки в Україні та способи захисту населення і територій в надзвичайних ситуаціях. Викладені методичні підходи до оцінки і прогнозування обстановки у випадку аварій на вибухо- й пожежонебезпечних об'єктах, аварій, що супроводжуються викидом небезпечних хімічних і радіоактивних речовин.

Підручник призначений для студентів інженерних спеціальностей освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» і «магістр», котрі вивчають дисципліну «Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях», і може бути корисний при написанні ними відповідних розділів дипломних проектів.

УДК 614.8(075.3)  
ББК 20.1я73

ISBN 978-966-182-373-9

© Дикань С.А., Зима О.Є., 2015  
© ТОВ "АСМІ", оформлення, 2015,

## ЗМІСТ

<b>Передмова</b> .....	6
<b>Список умовних скорочень</b> .....	10
<b>ТЕМА 1. Техногенні об'єкти та техногенна безпека</b> .....	11
1.1. Техносфера та її небезпеки .....	11
1.2. Структура техногенних аварій та їх причини .....	15
1.3. Міжнародне й вітчизняне законодавство в галузі техногенної безпеки .....	18
1.4. Потенційно-небезпечні об'єкти та їх характеристика .....	22
1.5. Прогнозування техногенних аварій .....	31
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	37
<b>ТЕМА 2. Надзвичайні ситуації: моніторинг, уражаючі фактори та система захисту</b> .....	38
2.1. Надзвичайні ситуації та їх класифікація .....	38
2.2. Аналіз надзвичайних ситуацій техногенного характеру в 2014 році .....	44
2.3. Єдина державна система цивільного захисту в Україні .....	46
2.4. Уразливість і стійкість роботи ПНО в надзвичайних ситуаціях .....	56
2.5. Основні уражаючі фактори НС та їх параметри .....	61
2.6. Етапи розвитку надзвичайних ситуацій та відповідні заходи цивільного захисту .....	64
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	67
<b>ТЕМА 3. Аварії на вибухонебезпечних об'єктах: прогнозування основних параметрів</b> .....	69
3.1. Загальні відомості про вибухи .....	69
3.2. Основні параметри промислових вибухів .....	76
3.3. Хімічні вибухи .....	78
3.3.1. Визначення режиму вибухового перетворення хмари газоповітряної суміші у просторі .....	78
3.3.2. Розрахунок надлишкового тиску вибуху газопароповітряної суміші у приміщенні .....	81
3.4. Фізичні вибухи: розрахунок параметрів вибуху BLEVE .....	86
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	91

<b>ТЕМА 4. Аварії на вибухонебезпечних об'єктах: визначення зон руйнувань та ймовірності ураження</b> .....	92
4.1. Розрахунок маси речовини, що бере участь у вибуху .....	92
4.2. Оцінка рівня впливу вибуху за тротиловим еквівалентом .....	94
4.3. Визначення радіусів зон руйнувань при вибухах .....	98
4.4. Загальний підхід до визначення ймовірності ураження .....	102
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	107
<b>ТЕМА 5. Пожежі в техногенному середовищі</b> .....	108
5.1. Стан пожежної безпеки в Україні .....	108
5.2. Загальні відомості про горіння та пожежі .....	111
5.3. Пожежі без вибухів .....	119
5.4. Пожежі з вибухом паливо-повітряних сумішей .....	126
5.5. Категорії вибухо- й пожежонебезпеки приміщень і будівель .....	131
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	137
<b>ТЕМА 6. Небезпеки об'єктів, що містять токсичні речовини</b> .....	138
6.1. Стан хімічної безпеки в Україні .....	138
6.2. Класифікація небезпечних хімічних речовин .....	141
6.3. Зони хімічного забруднення та осередки хімічного ураження .....	148
6.4. Токсичні властивості СДЯР .....	151
6.5. Характер можливих хімічних аварій .....	155
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	162
<b>ТЕМА 7. Прогнозування і оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах</b> .....	164
7.1. Прогнозування масштабів забруднення НХР .....	164
7.2. Особливості прогнозування масштабів аварії в умовах міста .....	165
7.3. Особливості прогнозування стосовно життєдіяльності населення .....	167
7.4. Планування заходів захисту від небезпечних хімічних речовин .....	168
7.5. Оцінка хімічної обстановки: СВСП, зони зараження, час підходу хмари НХР .....	172
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	180

<b>ТЕМА 8. Аварії на об'єктах, що містять джерела радіаційних випромінювань</b> .....	181
8.1. Характеристика радіаційно небезпечних об'єктів .....	181
8.2. Класифікація радіаційних аварій .....	185
8.3. Особливості радіоактивного забруднення у випадку аварії на АЕС .....	191
8.4. Заходи щодо захисту населення і територій при радіаційних аваріях .....	193
8.5. Поділ населення за категоріями і зонування забруднених територій .....	198
8.6. Прогнозування радіаційної обстановки та обґрунтування заходів реагування .....	203
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	210
<b>ТЕМА 9. Забезпечення захисту населення в надзвичайних ситуаціях</b> .....	211
9.1. Оповіщення про загрозу або виникнення НС .....	211
9.2. Способи захисту населення в надзвичайних ситуаціях .....	214
9.3. Особливості здійснення евакуації населення в надзвичайних ситуаціях .....	227
9.4. Превентивні заходи захисту на випадок надзвичайних ситуацій .....	232
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	239
<b>ТЕМА 10. Укриття персоналу і населення в захисних спорудах</b> .....	241
10.1. Сучасний стан захисних споруд і загальні вимоги, що до них висуваються .....	241
10.2. Об'ємно-планувальні рішення сховищ .....	245
10.2.1. Основні приміщення сховищ .....	246
10.2.2. Допоміжні приміщення сховищ .....	248
10.3. Об'ємно-планувальні рішення ПРУ .....	254
10.4. Санітарно-технічні системи сховищ .....	255
10.5. Оцінка протирадіаційного захисту споруд .....	260
10.5.1. Розрахунок протирадіаційного захисту сховищ .....	260
10.5.2. Розрахунок протирадіаційного захисту ПРУ .....	264
<b>Питання для самоконтролю</b> .....	269
<b>Предметний покажчик</b> .....	270
<b>Перелік рекомендованих джерел</b> .....	273

## ПЕРЕДМОВА

Світ, в якому ми живемо, стрімко змінюється. Разом із ним змінюється й система освіти. Причому саме освіта стає нині ключовим фактором і каталізатором процесів просування суспільства на шляху до так званого сталого розвитку, проголошеного ООН і закріпленого в документах Всесвітньої конференції ЮНЕСКО з освіти заради сталого розвитку в Аїті-Нагойя (Японія, листопад 2014 г.).

Безпека людини, суспільства і держави – одна з центральних тем в освіті заради сталого розвитку. Події останніх десятиліть засвідчують, що процеси глобалізації, котрі охоплюють усі сфери життя суспільства, не лише сприяють розвитку і впровадженню інноваційних технологій, покращуючи якість життя і добробут людей, але й породжують нові загрози й небезпеки, особливо у техногенній сфері. Протидія техногенним аваріям і катастрофам стає ключовою в проблемі безпечного існування і розвитку людства. Тому на сучасному історичному етапі цільовою настановою безпеки в будь-якій галузі є збереження життя і здоров'я персоналу і населення, запобігання аваріям і нештатним ситуаціям.

2014 року за даними Державної служби України з питань праці в нашій країні функціонувало 9424 об'єкта підвищеної небезпеки. Величезне регіональне навантаження території України потужними промисловими та енергетичними об'єктами збільшує ризик аварій, збитки від яких можна порівняти з розміром національного бюджету середньої країни. А наявність в Україні значних територій з несприятливим природним впливом та схильністю до проявів небезпечних природних явищ підсилює гостроту проблеми захисту персоналу і населення від техногенних аварій і природних катаклізмів.

Проте незважаючи на розуміння об'єктивності існування техногенних небезпек (безпечного світу не існує, і кожен елемент, що нас оточує – джерело небезпеки), ми постійно сти-

каємося з так званим ефектом Касандри. Про нього майже завжди згадують свідки найжахливіших лих: багато хто, а іноді й більшість людей не слідує пересторогам, ігнорують попередження про небезпеки і завчасно не вживають ніяких заходів, які допомогли би їм урятуватися.

У зв'язку з цим цілком обґрунтовано видається нині увага сучасної науки до теорій, що дозволяють прогнозувати лиха, катастрофи, нестабільності, кризи у природній, техногенній і соціальній сферах. Лише на їх основі можна очікувати розробок і аналізу стратегій і технологій, котрі дозволять запобігати нинішнім і майбутнім загрозам. Вочевидь, саме ці теорії і складуть наукову основу концепції сталого розвитку, про який так багато говорять останнім часом.

Завданням курсу «Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях» є формування і розвинення у майбутніх спеціалістів умінь і навиків щодо прогнозування обстановки в умовах надзвичайних подій і ситуацій, навчання їх формулювати випереджаючий науково обґрунтований висновок, заснований на розумінні закономірностей зміни небезпек у часі і просторі. Студенти мають навчитися заздалегідь передбачати небезпеки, робити узагальнені висновки про інтенсивність дії уражаючих факторів надзвичайної ситуації, планувати запобіжні заходи. Автори плекають також надію, що цей підручник спонукатиме студентів до критичного мислення, до застосування надбаних знань у майбутній практичній діяльності для адекватних дій в умовах прояву небезпек техногенного характеру.

Дисципліна «Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях» є новою інтегративною дисципліною, створеною на базі колишніх нормативних дисциплін «Охорона праці в галузі» та «Цивільний захист». Рішенням Науково-методичної ради Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка вона включена до навчальних планів спеціалістів і магістрів усіх інженерних спеціальностей починаючи з набору 2015–2016 навчального року. Проте цей курс не є механічним поєднанням колишніх нормативних дисци-

плін, кожна з яких мала власний понятійний апарат і свої специфічні уявлення про техногенну безпеку. «Безпека в галузі та надзвичайних ситуаціях» – це сучасна предметно-діяльнісна одиниця університетського курсу, заснована на вітчизняних та європейських стандартах, з єдиним тезаурусом та єдиними методичними підходами до викладення навчального матеріалу. Підручник написаний у відповідності із затвердженою робочою програмою навчальної дисципліни і за своїм змістом повноцінно охоплює весь перелік тем, призначених до вивчення.

Дослідженнями вітчизняних і зарубіжних учених доведено, що в рамках постіндустріального суспільства нині формується суспільство ризику. При цьому в суспільстві спостерігається тенденція перенесення акценту від безпеки держави до безпеки окремих осіб і спільнот. Твердження, що безпека кожної окремої людини автоматично походить від безпеки держави, сьогодні вже не розцінюється як аксіома. Відбувається зміна (а вірніше, доповнення) державо-центристського поняття «національна безпека» більш гуманістичним, мікроорієнтованим поняттям «людська безпека». Як наслідок, – змінюється й саме навчання, для якого характерними стають міждисциплінарні зв'язки, аксіологічно-орієнтована картина світу у поєднанні з природничо-науковим і гуманітарним способом його пізнання, формування людини, здатної не лише ноксософрно мислити, але й відчувати. Тож актуальними нині стають слова професора Колумбійського університету Джона Дьюї (1859 – 1952): «якщо ми будемо учити сьогодні так, як ми вчили учора, то віднімемо у наших дітей їхнє завтра».

Ці зміни в навчанні нашли своє відображення в українських освітніх реформах, зокрема у сфері викладання безпекових дисциплін. Навчання у галузі безпеки має сприяти просуванню українського суспільства до сталого майбутнього, а це, вочевидь, неможливе без вирішення проблем прогнозування, попередження та мінімізації втрат від надзвичайних ситуацій, збитки від яких сягають сотень мільйонів

доларів. Не можна рухатися до сталого суспільства тільки шляхом проб та помилок від однієї великої аварії чи катастрофи до іншої. Для цього необхідно працювати на випередження, проводити запобіжні й попереджувальні заходи. Якщо молоде покоління це усвідомить і візьме собі на озброєння у майбутній виробничій діяльності, автори вважатимуть свої зусилля витраченими даремно.

Автори також висловлюють щире подяку керівнику і нахненнику методичного забезпечення кафедри з дисциплін циклу безпеки, фундатору і розробнику нової галузі педагогіки новітнього часу – інформаційної педагогіки, кандидату фізико-математичних наук Смирнову В.А. за методичну допомогу в написанні цієї книги.

## СПИСОК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АЕС	атомна електростанція
ВВЕР	водо-водяні енергетичні реактори
ГР	горюча речовина
ДЕС	дизельелектростанція
ДСНС	Державна служба з надзвичайних ситуацій
ЄДСЦЗ	Єдина державна система цивільного захисту
ЗЕП	збірний евакуаційний пункт
ЛЗР	легкозаймиста рідина
НС	надзвичайна ситуація
НХР	небезпечна хімічна речовина
ОПН	об'єкт підвищеної небезпеки
ПЕД	потужність експозиційної дози
ПЕК	приймальна евакуаційна комісія
ПЕП	приймальний евакуаційний пункт
ПНО	потенційно небезпечний об'єкт
ППЕ	проміжний пункт евакуації
ПРУ	протирадіаційне укриття
РВПК	реактори великої потужності каналні
РНО	радіаційно-небезпечний об'єкт
СВСП	ступінь вертикальної стійкості повітря
СДЯР	сильнодіюча ядуча речовина
ФВП	фільтровентиляційне приміщення
ХНО	хімічно небезпечний об'єкт
ЦЗ	цивільний захист
BLEVE	<i>boiling liquid expanding vapour explosion</i> – вибух пари, що розширюється, закипаючої рідини
INES	<i>international nuclear event scale</i> – міжнародна шкала ядерних подій

ТЕМА 1. ТЕХНОГЕННІ ОБ'ЄКТИ  
ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

## 1.1. Техносфера та її безпеки



Відомо, що людина та оточуюче її навколишнє середовище гармонійно взаємодіють і розвиваються лише за умови, коли інтенсивності потоків речовини (Р), енергії (Е) та інформації (І) знаходяться у межах, оптимальних (комфортних) для людини і довкілля.

В умовах виробництва інтенсивність потоків Р, Е, І може суттєво відхилитися від оптимальних та допустимих значень, за яких зазвичай відбувається життєдіяльність людини. В умовах надзвичайних ситуацій вона стає неконтрольованою та набуває величин, які загрожують життю і здоров'ю людини. Такий негативний вплив інтенсивності потоків Р, Е, І в антропосфері походить з боку елементів **техносфери** – частини антропосфери, яка докорінно перетворена людиною в інженерно-технічні споруди: міста, заводи і фабрики, кар'єри і шахти, дороги, греблі, водосховища тощо.

Безпеку людини в техносфері часто розглядають, аналізуючи систему Л–М–С («Людина – Машина – Середовище»), в якій літерою М позначають елементи (об'єкти) техносфери.

*Техносфера* в цілому, як і більшість її елементів (об'єктів) являє собою замкнену систему. Ніякої самоорганізації та саморегулювання у таких системах не відбувається. Якщо вони будуть надані самі собі, то прямуватимуть до *стану рівноваги* (другий закон термодинаміки). При цьому накопичені у техносфері (на об'єкті) речовина, енергія, інформація розсіюються, рівномірно розпорошуючись у просторі.

Переважає більшість об'єктів техносфери безаварійно функціонує лише за умови постійного підтримання на належному рівні *ізолюючої здатності технологічного облад-*



нання та наявності надійного фізичного захисту (оболонки, інженерних споруд і конструкцій, санітарно-захисних зон тощо), які запобігають розсіюванню шкідливих речовин та енергії.

Порушення однорідності системи Л–М–С супроводжується створенням на межі елемента М великих градієнтів речовини, енергії, інформації (градієнт [від лат. *gradiens* або *gradientis* – крокуючий] – міра зростання або спадання у просторі якоїсь фізичної величини на одиницю довжини).

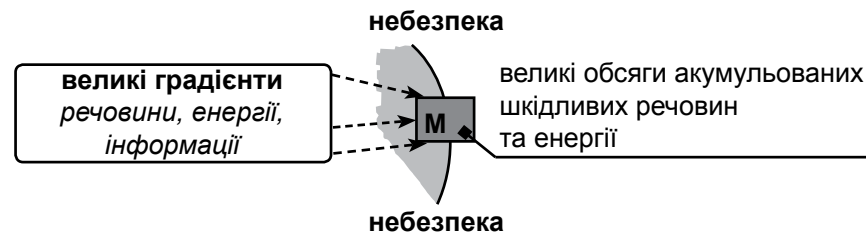


Рис. 1.1. Ділянка неоднорідності у системі Л–М–С

Ділянки системи Л–М–С, на яких спостерігаються великі градієнти речовини, енергії, інформації, є ділянками найбільшої потенційної небезпеки, де найяскравіше може проявити себе негативна властивість живої і неживої матерії щодо здатності завдати шкоди самій матерії: людині, матеріальним цінностям, природному середовищу.

Потенційна небезпека об'єктів техносфери спричинена наявністю в її структурі потенційно-небезпечних об'єктів (ПНО), на яких можливе неконтрольоване вивільнення шкідливих хімічних речовин або вибухоподібне вивільнення енергії.

За даними Державної служби України з питань праці у 2014 році в країні функціонувало 9424 ПНО, до переліку яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газопроводи, нафтопроводи, продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі й полігони промислових відходів, місця зберігання небезпечних речовин.

За таких умов особливо актуальним стає проблема забезпечення техногенної безпеки. Під терміном «**техногенна безпека**» розуміють стан захищеності населення, території, об'єктів від негативних наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру. **Техногенними об'єктами** називають об'єкти, діяльність яких може спровокувати виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру.

Більшість існуючих техногенних об'єктів в їх сучасному вигляді не можуть далі забезпечувати не тільки сталий розвиток економіки, а й власне безпечне функціонування.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

У 1976 році на заводі швейцарсько-італійської компанії JCMESA, розташованому у місті **Севезо** (Італія), сталася великомасштабна технологічна аварія, під час якої відбувся викид діоксину. Внаслідок аварії сильне отруєння отримали 2000 осіб, відчули погіршення свого фізичного стану кілька тисяч осіб. Площа забрудненої території склала 18 км<sup>2</sup>.

У 1984 році на хімічному підприємстві американської компанії Union Carbide India Ltd, розташованому у місті **Бхопал** (Індія), внаслідок викиду металізоціаніду загинуло понад 2500 осіб, а близько 100 тисяч стали інвалідами.

У квітні 1986 року в Україні сталася **Чорнобильська катастрофа**, яка мала важкі транскордонні наслідки як для населення, так і для навколишнього природного середовища багатьох країн, насамперед України, Білорусі та Росії.

У 2000 році в місті **Бая-Маре** (Румунія) сталася аварія на ХНО, під час якої у річки Тиса та Дунай було скинуто понад 100 тис. м<sup>3</sup> води, забрудненої ціанідами. Аварія мала серйозні транскордонні наслідки.

У 2000 році на піротехнічній фабриці компанії Fireworks, розташованій у місті **Енсхеді** (Нідерланди) сталася серія вибухів, спричинена порушенням правил зберігання і виробництва піротехніки й вибухових речовин.

У 2001 році відбувся вибух на заводі з виробництва мінеральних добрив у місті **Тулузі** (Франція), який продемонстрував небезпеку зберігання нітрату амонію та добрив на його основі, а також відповідної сировини, забракованої у виробничому процесі.

11 березня 2011 року в результаті найпотужнішого в історії Японії землетрусу і наступного за ним цунамі, сталася крупна радіаційна аварія на АЕС Фукусіма-1. Фінансові збитки, включаючи витрати на ліквідацію наслідків, витрати на дезактивацію і компенсації, оцінюються в 100 млрд. доларів.

Ці техногенні аварії були резонансними як у науковій, технічній, технологічній, управлінській, так і в правовій, соціальній та філософських сферах. Людство назавжди відкинуло *концепцію “абсолютної безпеки”* або “нульового ризику” стосовно промислових об'єктів. Якщо до цього в промисловості робився наголос на розвиток служб і видів забезпечення “поставарійної ситуації” і домінуючим був принцип цивільної оборони “*вчасно реагувати і ліквідовувати*”, то тепер основна увага була перенесена на забезпечення **превентивності** (лат. *praeventivus* — *запобіжний*), тобто запобіганню прояву техногенних небезпек.

Була висунута концепція “*прийнятного техногенного ризику*”, на основі якої в провідних країнах Європи, у США, Канаді та Японії розпочався інтенсивний розвиток науки про техногенну безпеку. Концептуалізація *превентивної політики* стосовно техногенної безпеки відкриває шляхи до формування і реалізації нової моделі захисту персоналу, населення і територій від загроз техногенного характеру.

Небезпеки техногенного характеру становлять не тільки *потенційну*, а й *реальну* загрозу людству, проявляючи себе у вигляді промислових аварій і катастроф.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

Частота *глобальних техногенних катастроф*, за даними російських дослідників, становить 0,02...0,03 на рік, *техногенних катастроф національного масштабу* — 0,05...0,1 на рік, *регіонального масштабу* — 0,5...1,0 на рік, *місцевого масштабу* — 1...20 на рік, *об'єктових* — 10...500 на рік. За їхніми оцінками, сумарні збитки від наслідків техногенних катастроф в Росії щороку становлять близько 8...12 млрд. доларів.

В Україні статистична звітність оприлюднює щорічні збитки від надзвичайних ситуацій на порядок менше — в межах 15...30 млн. доларів. Проте хронічні техногенні аварії в системах жит-

тезабезпечення є чи не найпершою перешкодою на шляху запровадження в Україні та інших пострадянських країнах європейських стандартів життя.

Подолання руйнівної для суспільства тенденції зростання техногенних загроз можливе лише за рахунок формування ефективної державної превентивної політики у галузі техногенної безпеки. Її основним гаслом має бути — «Працювати на випередження!». Важливим елементом такої політики щодо техногенних загроз є, зокрема, створення законодавчої і нормативно-правової бази, яка б сприяла дієвим заходам стосовно попередження проявів техногенних небезпек.

### **1.2. Структура техногенних аварій та їх причини**

Протягом останніх років для України є характерною певна *структура техногенних аварій*:

- аварії на транспорті — 31%;
- пожежі і вибухи — 39%;
- аварії на системах життєзабезпечення — 14%;
- раптове руйнування будівель і споруд — 5%;
- аварії в електроенергетичних системах — 5%;
- потрапляння у навколишнє природне середовище шкідливих хімічних речовин з концентрацією, яка перевищує ГДК, — 3%;
- аварії з викидом (загрозою викиду) небезпечних хімічних речовин (крім аварій на транспорті) — 1%;
- аварії з викидом (загрозою викиду) радіоактивних речовин (крім аварій на транспорті) — 1%;
- аварії на очисних спорудах — 1%.

Аналіз стану техногенної безпеки в Україні свідчить, що основні проблеми у цій сфері з року в рік залишаються одними й тими ж, а саме:

- високий показник зношеності основних виробничих фондів на об'єктах господарювання;
- свідоме ігнорування вимог безпеки;



- недостатній рівень організації і проведення запобіжних заходів;
- невідповідність фінансового і матеріально-технічного забезпечення реальній потребі здійснення заходів цивільного захисту;
- виснаженість і недостатність технічного оснащення сил цивільного захисту;
- недостатня підготовка керівного складу та фахівців, діяльність яких в органах виконавчої влади пов'язана з організацією і здійсненням заходів з питань цивільного захисту та інші.

Указані проблеми деякі фахівці об'єднують у чотири основних чинники, що впливають на рівень безпечності функціонування техносфери України – нормативно-правовий, організаційний, технологічний і регіональний.

**Нормативно-правовий чинник.** В Україні до цього часу відсутні загальнодержавні Концепція і Стратегія управління техногенною безпекою, які визначали б єдині підходи до зменшення техногенних ризиків, та не затверджені норми прийнятого техногенного ризику для населення. У державних нормативно-правових актах нині відсутні відповідні положення, які б забезпечили обов'язкове упровадження в усіх галузях економіки сучасної низової ланки функціональних систем управління техногенною безпекою на основі ризик-орієнтованого підходу. Вимоги міжнародних стандартів стосовно менеджменту промислової безпеки серії OHSAS 1800 та ISO 31000:2009 «Менеджмент ризиків. Принципи і керівні вказівки» для суб'єктів господарської діяльності є швидше рекомендаційними та призначені для добровільного виконання.

**Організаційний чинник.** В Україні надзвичайно повільно відбувається перехід на систему аналізу та управління ризиками як основу регулювання безпеки населення й територій, забезпечення гарантованого рівня безпеки громадянина, суспільства. Прийняті в Україні державні стандарти ДСТУ-П OHSAS 18001:2006 і 18002:2006 «Системи

управління безпекою та гігієною праці» регламентують порядок створення системи управління техногенною безпекою (СУТБ) і процедур із мінімізації ризиків на виробництві. Головною метою функціонування СУТБ є здійснення впливу на кількісні показники безпеки й підтримання їх оптимальних значень за вибраними критеріями на всіх етапах життєвого циклу техногенних об'єктів. Наявність сертифіката за стандартами OHSAS 18000 є переконливим доказом належного стану техногенної безпеки на підприємстві для потенційного іноземного інвестора. Однак сьогодні лише окремі підприємства розробляють і створюють СУТБ. Причому їх створення розглядається керівниками відповідних підприємств зазвичай не як засіб підвищення рівня безпеки, а як досягнення переваг на ринку за рахунок отримання відповідних сертифікатів.

**Технологічний чинник.** Через складний економічний і фінансовий стан в Україні особливого значення набула проблема відпрацьованості ресурсу та зношеності споруд, конструкцій, обладнання й інженерних мереж тривалого користування. Відпрацьованість обладнання в різних галузях економіки становить 50...70% і цей показник продовжує зростати. Більшість суб'єктів господарської діяльності практично припинили оновлення основних фондів. Особливо високий ризик техногенної небезпеки внаслідок відпрацьованості й зношеності техногенних об'єктів тривалого користування, що належать до категорії потенційно небезпечних (ПНО) та об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН).

**Регіональний чинник.** У частині регіонів України наразі існує гіперконцентрація техногенних об'єктів з наявністю застарілого устаткування, що обумовлює підвищену ймовірність виникнення техногенних аварій. Превентивна діяльність органів регіональної влади щодо їх запобігання та зменшення техногенних ризиків ще не набула дієвих управлінських і організаційних форм. Специфічною особливістю на регіональному рівні є наявність у межах однієї території різноманітних джерел небезпеки: локалізованих автоном-

них об'єктів, розподілених просторових систем, стаціонарних і динамічних об'єктів. Існують також об'єкти, які взаємодіють в одному технологічному процесі (енергосистема, нафто-, газотранспортні трубопровідні системи).

Усі ці чинники, разом узяті, спричиняють стрімке зростання аварійності та зниження рівня техногенної безпеки на всій території України.

### **1.3. Міжнародне й вітчизняне законодавство в галузі техногенної безпеки**

**Техногенна безпека** – це бажаний, ідеалізований стан життєвого і виробничого середовища людини, при якому елементи цього середовища убезпечені від надмірних і неконтрольованих потоків речовини, енергії, інформації, генерованих елементами техносфери, або діями людини з послідувачим каскадним розвитком надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

Першим результатом спільної діяльності європейських країн зі створення законодавства в галузі техногенної безпеки була розроблена у 1982 році Директива Європейського Співтовариства 82/501/ЕЕС «Про запобігання великим промисловим аваріям», широко відома як **Директива Севезо І**.

Директива **Севезо І** протягом тривалого часу була *базовим міжнародним документом*, який визначав політику європейських держав щодо забезпечення безпечної діяльності в промисловості. Імплементация цієї Директиви стала першим етапом гармонізації національних законодавств країн-членів Європейського Співтовариства у сфері техногенної безпеки.

Для *запобігання* техногенним аваріям на потенційно небезпечних об'єктах (ПНО) в країнах ЄС почали створювати Системи Управління Безпекою (СУБ). Нині у країнах ЄС практичну діяльність зупровадження СУБ на ПНО здійснює фахово підготовлений **менеджер з безпеки**. Він є найбільш компетентною особою, яка досконало знає стан

безпеки на підприємстві, результати поточного контролю показників безпеки обладнання, результати аудиту та інспекційного контролю, величин техногенних ризиків і може організувати роботу по їх зменшенню.

Враховуючи досвід застосування Директиви Севезо І, Міжнародне бюро праці 1991 року затвердило *Кодекс практичних правил щодо запобігання великим промисловим аваріям*.

У 1993 році Міжнародна організація праці ухвалила *Конвенцію про запобігання великим промисловим аваріям*.

Протягом наступних 15 років сфера застосування Директиви Севезо І була поширена на всі європейські підприємства – об'єкти підвищеної небезпеки, де є потенційна загроза виникнення серйозних техногенних аварій.

Аналіз застосування Директиви Севезо І показав, що серед причин виникнення великих промислових аварій в Європі чільне місце (понад 85%) посідають недоліки організації і функціонування систем управління безпекою (СУБ).

Висунення нових вимог щодо захисту населення і навколишнього природного середовища мало наслідком появу Директиви Ради ЄС 96/82/ЕС від 9 грудня 1996 р. «Про запобігання великим аваріям на об'єктах, де використовуються небезпечні речовини», широко відомої як **Директива Севезо ІІ**.

У Директиві Севезо ІІ введено поняття «ризик», яким означена ймовірність виникнення негативної події (аварії) за певних умов протягом певного часу. За величиною ризику всі небезпечні підприємства поділяються на об'єкти «нижнього класу» (*lower tier establishments*) і об'єкти «верхнього класу» (*upper tier establishments*), розуміючи, що на останніх знаходяться більші обсяги небезпечних речовин.

У Директиві Севезо ІІ також введено поняття «оператора» як фізичної чи юридичної особи, яка експлуатує або утримує підприємство чи промисловий об'єкт і має право приймати важливі економічні рішення, що стосуються експлуатації цього об'єкту. Директива визначає *оператора* як

центральну особу, відповідальну за стан техногенної безпеки на об'єкті.

Загалом положення Директиви Севезо II окреслюють ту законодавчу модель і ту методологічну основу, котрі створюють для країн-членів ЄС фундамент їх національних нормативно-правових баз з техногенної безпеки.

### *NON MULTA, SED MULTUM*

Певним недоліком Директиви Севезо II є те, що сфера її діяльності стосується виключно забезпечення безпеки на тих підприємствах, де є в наявності небезпечні речовини. Як *потенційно небезпечні об'єкти* тут визначаються «об'єкти, на яких можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, біологічні препарати...». Наслідуючи цю Директиву, Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» також визначає *об'єкт підвищеної небезпеки* і *потенційно небезпечний об'єкт* за критерієм наявності на них небезпечних речовин. Слід однак зазначити, що на відміну від Директиви Севезо II український законодавець до ОПН відносить також «...інші об'єкти, які відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру». Проте ідентифікувати такі об'єкти Закон знову ж таки пропонує «...відповідно до кількості порогової маси небезпечних речовин».

Разом із тим у законодавстві деяких країн (Росія, Казахстан) до небезпечних виробничих об'єктів відносяться не лише ті, на яких виробляються, використовуються, зберігаються, перевозяться або знищуються хімічні речовини, але й ті, де можуть проявляти себе інші, не «хімічні» техногенні небезпеки. До таких об'єктів, зокрема, відносяться:

- об'єкти, на яких використовується обладнання, що працює під тиском понад 0,07 МПа або при температурі нагріву води понад 115 °С;
- об'єкти, на яких використовуються стаціонарно встановлені вантажопідійомні механізми, ескалатори, канатні дороги, фунікулери;
- об'єкти, на яких отримують розплави чорних, кольорових та інших металів і сплави на їх основі;

- об'єкти, на яких виконуються гірські геологорозвідувальні і вибухові роботи, бурові роботи з видобування нафти і газу, роботи з видобування і збагачення корисних копалин, роботи у підземних умовах, на шельфах морів і внутрішніх водойм;
- об'єкти, на яких використовуються небезпечні електроустановки всіх типів;
- об'єкти, на яких утворюються відходи, що містять речовини, небезпечні для здоров'я населення і навколишнього середовища.

В Україні 2001 року прийнято Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки», який за своїм змістом є українською копією Директиви Севезо II.

Сам факт залучення в юридичну термінологію українського законодавства поняття «безпека» свідчить про поступову переорієнтацію правової доктрини від покарання за злочин до його попередження, від визначення ступеня провини у випадку настання техногенної аварії до системного здійснення превентивних заходів заради стабільного розвитку суспільства.

Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» визначає правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язані з об'єктами підвищеної небезпеки (ОПН), і спрямований на захист життя і здоров'я людей та довкілля від шкідливого впливу аварій на цих об'єктах шляхом запобігання їх виникненню, обмеження розвитку і ліквідації наслідків.

Порядок ідентифікації ОПН, форма та зміст оповіщення про її результати визначені постановою Кабінету Міністрів України № 956 від 11.07.2002 р. «Про ідентифікацію та декларування об'єктів підвищеної небезпеки». На основі ідентифікаційних даних Кабінет Міністрів України затверджує класифікацію об'єктів підвищеної небезпеки і порядок їх обліку.

Суб'єкт господарської діяльності готує і подає до місцевих органів виконавчої влади **декларацію безпеки** об'єкта підвищеної небезпеки. Порядок розроблення декларації безпеки, її зміст, методика визначення ризиків та їх прийнятні рівні встановлені відповідними документами Кабінету Міністрів України.

Суб'єкт господарської діяльності зобов'язаний:

- вживати заходів, направлених на запобігання аваріям, обмеження і ліквідацію їх наслідків та захист людей і довкілля від їх впливу;
- повідомляти про аварію, що сталася на об'єкті підвищеної небезпеки, і заходи, вжиті для ліквідації її наслідків, органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування та населення;
- забезпечувати експлуатацію об'єктів підвищеної небезпеки з додержанням мінімально можливого ризику.

#### 1.4. Потенційно-небезпечні об'єкти та їх характеристика

Серед безлічі об'єктів економіки (об'єктів господарської діяльності – ОГД) виділяють певну групу об'єктів, які за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення виробничої аварії. Найчастіше це об'єкти, на яких використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються *небезпечні речовини* або біологічні препарати. Такі ОГД називають **потенційно-небезпечними об'єктами (ПНО)**.

**Небезпечними речовинами** для цих об'єктів Закон [1] визначає хімічні, токсичні, вибухові, окислювальні, горючі речовини, біологічні агенти та речовини біологічного походження, які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та довкілля.

Усі небезпечні речовини, що можуть обертатися на ПНО, за їх властивостями НПАОП 0.00-3.08-02 поділяє на **7 категорій**:

- 1) **горючі (займисті) гази** – гази, які утворюють у повітрі при нормальному тиску суміші, що сприяють поширенню полум'я в детонаційному чи дефлаграційному режимі або можуть горіти в повітрі в дифузійному режимі при витіканні струменем (факельне горіння);
- 2) **горючі рідини** – рідини з температурою спалаху, що дорівнює або менша 61 °С у закритому тиглі або температурою спалаху, що дорівнює або менша 66 °С у відкритому

тиглі (легкозаймисті рідини згідно з ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрывоопасность веществ и материалов»);

- 3) **горючі рідини, перегріті під тиском** – горючі рідини згідно з ГОСТ 12.1.044-89, які знаходяться в апаратах, резервуарах або трубопроводах під тиском при температурі, що перевищує температуру кипіння при атмосферному тиску в 1,25 і більше разів;
- 4) **вибухові речовини** – рідкі або тверді речовини чи суміші речовин, які під впливом зовнішніх факторів здатні швидко змінювати свій хімічний склад, а цей процес може саморозповсюджуватися з виділенням великої кількості тепла і газоподібних продуктів (клас 1 згідно з ГОСТ 19433-88 – «Грузы опасные. Классификация и маркировка»);
- 5) **речовини-окисники** – речовини 5 класу небезпеки (згідно з ГОСТ 19433-88). До цієї категорії відносяться речовини, які підтримують процес горіння (наприклад кисень, озон, хлор, оксиди азоту та інші речовини в зрідженному стані);
- 6) **високотоксичні та токсичні речовини** – речовини, які мають властивості, зазначені в табл. 1.1 (ГОСТ 12.1.007-76);

Таблиця 1.1

Клас речовини	ГДК у повітрі робочої зони, міліграмів на 1 куб. метр	Середня смертельна доза (LD <sub>50</sub> ) при потраплянні в шлунок, грамів на 1 кг ваги тіла	Середня смертельна доза (LD <sub>50</sub> ) при впливі на шкіру, міліграмів на 1 кг ваги тіла	Середня смертельна концентрація (LD <sub>50</sub> ) у повітрі міліграмів на 1 куб. метр	Дискримінуюча доза, міліграмів на 1 кг ваги тіла
Високотоксична	< 0,1	< 15	< 100	< 500	< 5
Токсична	0,1...1	15...150	100...500	500...5000	5

7) **речовини, які становлять небезпеку для довкілля** (високотоксичні для водних організмів).

**За видами аварій**, що можуть статися на ОПН та ПНО, виходячи із властивостей небезпечних речовин, та за впливом уражаючих факторів цих аварій категорії небезпечних речовин **об'єднують у 3 групи**:

- ✓ **група 1 (вибух)** – горючі (займисті) гази, горючі рідини, перегріті під тиском, ініціюючі (первинні), бризантні (вторинні) та піротехнічні вибухові речовини, речовини-окислювачі, речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;
- ✓ **група 2 (пожежа)** – горючі (займисті) гази, горючі рідини, горючі рідини, перегріті під тиском, речовини-окисники, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів;
- ✓ **група 3 (шкідливі для людей і довкілля)** – високотоксичні речовини, токсичні речовини, речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів), речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

Проте не кожен ПНО здатний створити таку аварію, яка може призвести до виникнення осередків ураження та надзвичайних ситуацій. Серед ПНО Закон [1] виділяє окрему групу **об'єктів підвищеної небезпеки (ОПН)**, до яких відносять цехи, сховища, склади, станції та інші виробництва, де використовують, виробляють, переробляють, зберігають або транспортують небезпечні речовини у кількостях, що дорівнює чи перевищує визначене Законом [1] порогове значення. Такі об'єкти є реальною загрозою виникнення **надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру**.

Віднесення ПНО до ОПН, таким чином, ґрунтується на величині **порогової маси** небезпечної речовини, котра визначається або для індивідуальної небезпечної речовини, або для певної її категорії.

Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації ОПН вказані у НПАОП 0.00-3.08-02 (табл. 1.2, 1.3)

*Таблиця 1.2*

**НОРМАТИВИ  
порогових мас деяких індивідуальних  
небезпечних речовин**

Найменування небезпечної речовини	Порогова маса, тонн	
	1 клас ОПН	2 клас ОПН
Аміак	500	50
Амонію нітрат	2500	350
Амонію нітрат (добрива)	5000	1250
Арсенатний ангідрид, арсенатна кислота та/або її солі	2	1
Арсенітний ангідрид, арсенітна кислота та/або її солі	0,1	
Бром	100	20
Хлор	25	10
Нікелеві сполуки (дрібнодисперсний порошок), монооксид нікелю, діоксид нікелю, триоксид нікелю, сульфід нікелю (II), сульфід нікелю (III)	1	
Формальдегід (концентрація більш як 90 відсотків)	50	5
Водень	50	5
Фосфористий водень (фосфін)	1	0,2
Хлороводень (зріджений газ)	250	25
Алкіли свинцю	50	5
Ацетилен	50	5



Етилену оксид	50	5
Пропілену оксид	50	5
Метанол	5000	500
Кисень	2000	200
Сірководень	50	5
Арсеновмісний водень (арсен)	1	0,2
Сірки діоксид	250	25
Сірки триоксид	75	7,5
Вугільної кислоти дихлорангідрид (фосген)	0,75	0,3
Метилізоціанат	0,15	
4,4 – метилен – біс (2 – хлоранілін) та/ або солі в порошкоподібному стані	0,01	
Толуїдиндиозоціанат	100	10

*Примітка.* Масовий вміст азоту в амонії нітраті та добривах на його основі має становити більш як 28%, а водяні розчини амонію нітрату повинні містити більш як 90% азоту.

**Таблиця 1.3**

## НОРМАТИВИ

### порогових мас небезпечних речовин за категоріями

Категорія небезпечних речовин	Порогова маса, тонн	
	1 клас ОПН	2 клас ОПН
Горючі (займисті) гази	200	50
Горючі рідини	50 000	5000
Горючі рідини, перегріті під тиском	200	50
Інціюючі (первинні) вибухові речовини	50	10
Бризантні (вторинні) та піротехнічні вибухові речовини	200	50
Речовини-окисники	200	50
Високотоксичні речовини	20	5
Токсичні речовини	200	50

Речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів)	500	200
Речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище	2000	500
Речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою	500	100
Речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів	200	50

Промислові об'єкти, котрі мають у своєму складі ОПН, повинні також мати декларацію своєї безпеки.

За видом небезпечних речовин, що їх використовують у виробничому процесі, ПНО поділяють на:

- вибухо-пожежонебезпечні (ВНО);
- хімічно небезпечні (ХНО);
- радіаційно небезпечні (РНО).

За функціональними ознаками ПНО поділяють на гідротехнічні споруди, об'єкти енергетики, транспортні комунікації та ін.

На території Полтавській області знаходиться 117 ХНО, 76 ВНО та 41 РНО. Окрім цього, в області зосереджені 2 потенційно пожежонебезпечних об'єкта, 14 виробничо-небезпечних об'єкта, 7 гідродинамічно-небезпечних об'єкта, 2 потенційно небезпечних енергогенеруючих об'єкта, 9 потенційно небезпечних магістральних трубопроводів та транспортних комунікацій, 9 потенційно небезпечних об'єктів комунально-господарського комплексу.

Загалом Державний реєстр України містить дані про 9424 ПНО, до яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газопроводи, нафтопроводи, продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції,



мости, тунелі, накопичувачі й полігони промислових відходів, місця зберігання небезпечних речовин.

До **ВНО** відносять підприємства і виробництва, що виробляють, використовують, зберігають або транспортують речовини, здатні горіти і вибухати. Типовими представниками **пожежонебезпечних об'єктів** є деревообробні підприємства, склади і бази горючих матеріалів тощо. Вибухонебезпечними об'єктами є підприємства з виготовлення, зберігання та транспортування вибухових речовин, вугільного та деревного пилу, борошняні, нафтопереробні та інші підприємства такого роду. Аварії на цих підприємствах являють собою найчастіше пожежі й вибухи і супроводжуються пошкодженням та знищенням матеріальних цінностей, травмуванням і загибеллю людей.

**Хімічно небезпечні об'єкти (ХНО)** мають справу з токсичними хімічними речовинами в кількостях, достатніх в разі виходу їх у навколишній простір при аварії для масового ураження людей і тварин. До ХНО відносять хімічні підприємства, що виробляють чи використовують у технологічних процесах СДЯР. Це можуть бути водопровідні станції, станції із знезараження каналізаційних стоків, холодильники, продуктопроводи, (аміако-, хлоропроводи) та інші об'єкти. В результаті аварій на ХНО утворюються зони та осередки хімічного зараження, знаходження в яких людей, тварин та рослин пов'язано з їх ураженням.

**Радіаційно-небезпечні об'єкти (РНО)** являють собою підприємства, що працюють з техногенними джерелами іонізуючого опромінення. До них відносять підприємства ядерного паливного циклу, що включають у себе шахти і рудники з видобування ядерного палива, збагачувальні фабрики, підприємства з виробництва тепловипромінюючих елементів, атомні електростанції, теплоелектроцентралі, судна цивільного та воєнного призначення з ядерними енергетичними установками, підприємства з переробки і поховання радіоактивних відходів. Аварії на РНО пов'язані з утворенням зон радіоактивного зараження. В деяких ви-

падках при крупних аваріях вони охоплюють великі території, які можуть бути повністю виведені на тривалий час із господарчого обігу. Люди і тварини, що опиняються у межах зон радіоактивного ураження, як правило, отримують радіоактивні ураження різної тяжкості.

**Гідротехнічні споруди** призначені для використання водних ресурсів і для боротьби зі шкідливим впливом водної стихії. До них відносяться греблі, дамби, вали, канали, шлюзи, трубопроводи, тунелі, моли, водосховища, хвостові і шламосховища гірничометалургійних підприємств та інші інженерні споруди. Сукупність гідротехнічних споруд являє собою гідровузол. Гідровузли можуть бути призначені для отримання електроенергії, покращення судноплавства або лісосплаву, забору води для водопостачання чи зрошення. Перші з них мають назву гідроенергетичних вузлів, другі – транспортних, треті – водозабірних. До числа загальних гідротехнічних споруд, що входять до складу гідровузла, відносять греблі, водоскиди, водозливи і водоспуски, льодо- і шугоскиди, пристрої для льодозахисту і льодозатримки. Спеціальними спорудами гідровузлів є суднохідні влаштування (шлюзи), будівлі гідроелектростанцій, пристрої для лісосплаву та інші споруди. Потенційно небезпечними є гідротехнічні споруди, на яких можливі гідродинамічні аварії, пов'язані з поширенням з великою швидкістю води.

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

**Шуга** – рихлі скупчення твердої фази агрегатного стану речовини в його рідкій фазі стану. Залежно від кількості льоду шуга зберігає здатність текти як рідина або втрачає цю здатність через виникнення заторів. При будь-якій кількості шуги в рідині знижується її плинність. Водна шуга зазвичай формується у водотоках або водоймах при температурах повітря, близьких до замерзання води (0°C), та складається з льоду.

При аваріях, що супроводжуються пошкодженням або руйнуванням **гребель гідровузлів**, накопичена потенціальна енергія водосховища вивільнюється у вигляді хвилі

прориву, що утворюється при виливанні води крізь проран у тілі греблі. Маючи величезну енергію, хвиля прориву поширюється річковою долиною на сотні кілометрів, утворюючи широкий осередок ураження з руйнуванням будівель і споруд, інфраструктури, нанесенням збитків навколишньому середовищу, загибеллю людей і тварин. При знаходженні в зоні дії хвилі прориву радіаційно і хімічно небезпечних об'єктів можливо утворення зон, і відповідно, осередків хімічного і радіоактивного зараження. Можливі пожежі і вибухи при руйнуванні пожежо і вибухонебезпечних об'єктів, пожежі в будівлях і спорудах в результаті короткого замикання в електричних мережах.

До **потенційно небезпечних об'єктів енергетики** відносять теплові електростанції, теплоелектроцентралі, газоперекачувальні станції, котельні тощо. Аварії на об'єктах енергетики можуть являти собою пожежі, вибухи котлів і емностей, що працюють під тиском, газоповітряних сумішей при виході газу у навколишній простір. При масштабних аваріях з газом можливо утворення зон хімічного зараження. Типовими наслідками аварій на потенційно небезпечних об'єктах енергетики є пошкодження і руйнування виробничих будівель і споруд, обладнання, травмування і загибель людей.

Потенційна безпека **транспортних комунікацій** перш за все пов'язана з транспортуванням ними потенційно небезпечних речовин. Аварії на транспорті – явище досить часте. Вони зумовлені технічними несправностями, поганим станом комунікацій, людським фактором. Найбільша кількість аварій припадає на автомобільний транспорт, однак і на інших видах транспорту – залізничному, повітряному, водному і трубопровідному – вони виникають досить часто. Вид аварії, її масштаби і наслідки визначаються видом транспорту, кількістю і видом вантажу, що транспортується. На транспортних комунікаціях принципово можливі усі види аварій і наслідків, що мають місце на інших ПНО.

**Техногенна безпека** в Україні досягається за рахунок здійснення таких заходів:

- виявлення всіх чинників небезпек техногенного характеру, включаючи виявлення небезпеки продукції, що випускається, технологічних процесів, операцій, виробничих об'єктів і об'єктів життєзабезпечення населення;
- оцінювання ступеня (міри) небезпеки об'єктів техносфери із застосуванням комплексних методів оцінювання, які передбачають проведення обліку пожежонебезпечних і вибухонебезпечних та інших потенційно небезпечних об'єктів, стан електробезпеки, перевірку надійності емностей і судин, що знаходяться під тиском і т.д., а також урахування реальних гідрогеологічних, кліматичних і погодних умов, виявлення найбільш небезпечних вузлів і об'єктів, здатних в екстремальних умовах викликати ланцюгову реакцію і найбільш руйнівні наслідки;
- розроблення прогнозів щодо виникнення, розгортання у часі і просторі надзвичайних ситуацій техногенного характеру, ліквідації їх наслідків, оцінювання розмірів можливих утрат і збитків;
- розроблення превентивних і профілактичних заходів, метою яких є забезпечення стійкої й безаварійної роботи об'єктів господарювання.

### **1.5. Прогнозування техногенних аварій**

Одним із ефективних заходів забезпечення техногенної безпеки об'єктів господарювання є прогнозування техногенних аварій.

Прогнозування – це процес *наукового передбачення*, який ґрунтується на розумінні закономірностей розвитку подій, явищ та процесів і завершується формуванням щодо них превентивного (від лат. *praeventus* – *випередження*) висновку. Прогнозування аварійної ситуації має на меті здобуття висновку щодо вірогідності виникнення, подальшого розвитку і наслідків будь-якої небезпечної події на основі:

вивчення документації; аналізу даних розвідки; розрахунків і математичного моделювання; практичного досвіду. За висновками Європейського бюро з аналізу ризиків, *витрати* напрогнозування і попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру є у 12...15 разів меншими, ніж витрати на їх ліквідацію.

З точки зору періоду упередження (горизонту прогнозування або періоду прогнозування), тобто часового інтервалу, на який розробляється прогноз, існують різні класифікації. Найчастіше виділяють три види прогнозів: короткострокові, середньострокові та довгострокові. Іноді застосовують більш детальну градацію, додаючи до названих видів ще оперативні та наддовгострокові прогнози.

Зокрема, прогнозування аварій з викидом СДЯР поділяють на два види: 1) *попереднє* (короткострокове або довгострокове), яке здійснюється до виникнення надзвичайної ситуації, і 2) *оперативне* (аварійне), яке виконується під час розгортання надзвичайної ситуації з метою уточнення обстановки.

В основі визначення періоду упередження лежить загальний методологічний принцип: прогноз можливий лише в часових межах, в котрих кількісні зміни не виходять за межі даної якості, тобто поки діють характерні для даної якості закони.

Прогнозування значно ускладнюється в періоди, коли система (технічна, соціальна, економічна) переходить із одного якісного стану в інший, коли параметри системи, що її характеризують, різко змінюються, відхиляючись від нормальних (рівноважних) значень. Такі періоди різко збільшують невизначеність подальшого розвитку системи. В цих умовах система стає настільки вразливою, що будь-яке, навіть слабе збурювання, вплив випадкового фактора може стати вирішальним для подальшого її розвитку.

Тому розробка достатньо надійних прогнозів, навіть на найближчу перспективу, в такі перехідні періоди виявляється надзвичайно складним і актуальним завданням. Саме

через невизначеність поведінки системи набув поширення такий підхід до прогнозування, як розробка багатоваріантних прогнозів. При цьому розробники прогнозу будують не один, а декілька (найчастіше три) сценарії можливого розвитку ситуації, які умовно називають «песимістичний», «оптимістичний» і «найбільш ймовірний», що знаходиться між двома першими. Кожний з них базується на відповідних припущеннях про майбутні зміни у функціонуванні системи (політичній, економічній, технічній) та змінах у відповідних сферах життєдіяльності суспільства.

Оскільки далеко не завжди можна визначити момент переходу системи в якісно новий стан, то для соціально-економічних прогнозів згідно з характером і темпами розвитку явищ, які прогнозуються, приймають такий приблизний часовий масштаб для періодів упередження:

- короткостроковий прогноз (до одного року);
- середньостроковий прогноз (від одного до п'яти років);
- довгостроковий прогноз (від п'яти до п'ятнадцяти років).

Для здійснення прогнозування необхідно мати об'єктивну первинну інформацію (якісні вихідні дані). Основними вихідними даними, потрібними для *попереднього прогнозування*, є відомості про:

- 1) особливості об'єкта, стосовно якого виконується прогнозування;
- 2) тип, властивості й кількість на об'єкті небезпечних речовин;
- 3) наявність на об'єкті систем життєзабезпечення, їх тип і стан;
- 4) можливий вплив уражаючих факторів надзвичайної ситуації на територію, що знаходиться за межами даного об'єкту;
- 5) геофізичні та гідрометеорологічні особливості місцевості, де розташований даний об'єкт.

Загалом прогнозування техногенних аварій потребує здійснення дії у певній їх послідовності, тобто може бути алгоритмізоване. Алгоритм прогнозування передбачає таку послідовність операції:

- 1) отримання об'єктивної вихідної інформації (шляхом вивчення документації і за даними розвідки);
- 2) визначення структури і закономірностей розвитку надзвичайної ситуації у часі і просторі;
- 3) оцінка інтенсивності дії уражаючих факторів, властивих даній надзвичайній ситуації;
- 4) аналіз взаємозв'язку та взаємної обумовленості уражаючих факторів, властивих надзвичайній ситуації;
- 5) побудова всіх можливих сценаріїв розвитку надзвичайної ситуації;
- 6) оцінка можливої шкоди (людських втрат і матеріальних збитків) за кожним сценарієм розвитку надзвичайної ситуації.

Алгоритм прогнозування техногенних надзвичайних ситуацій дозволяє:

- 1) оцінити можливі *людські втрати* та економічні збитки, спричинені як великомасштабними стихійними лихами, так і різноманітними техногенними аваріями й катастрофами;
- 2) визначити ймовірний *стан об'єктів* господарювання після ліквідації надзвичайної ситуації;
- 3) визначити *кількість сил і засобів*, необхідних для ліквідації надзвичайної ситуації;
- 4) створити *тренінгові системи* для навчання персоналу і населення діям у надзвичайних ситуаціях.

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

З періодом упередження певною мірою пов'язаний і поділ прогнозів на якісні та кількісні. У першому випадку прогнози розробляються у вигляді якісних оцінок розвитку об'єкта: загального опису тенденцій та очікуваного характеру змін, а в самому простому випадку – твердження про можливість або неможливість настання подій, що прогнозуються, (наприклад, «можливе зростання кількості відмов обладнання», або «може настати стабілізація геологічних процесів», або «можна очікувати зниження темпів зростання аварійності» тощо).

Кількісні прогнози являють собою числові значення прогнозованих показників (наприклад, «кількість постраждалих перевищить тисячу осіб») або кількісні оцінки достовірності досягнення цих значень: «імовірність аварії становить 90%»). На практиці, як правило, прогнозуються одночасно і якісні і кількісні характеристики об'єкта. Співвідношення цих сторін у прогнозі залежить від специфіки самого об'єкта прогнозу, цілей прогнозування, періоду упередження та ін.

Наприклад, з точки зору останнього критерію достатньо поширеною є така структура прогнозованої інформації: оперативні прогнози є кількісними, короткострокові – переважно кількісними, середньострокові – кількісно-якісними і довгострокові – в основному якісними. Крім того, оскільки в перехідні періоди точність і вірогідність прогнозів, насамперед кількісних, різко знижується, в такі періоди підвищується роль якісних прогнозів.

При прогнозуванні надзвичайних ситуацій висновки, отримані внаслідок здійснення попереднього прогнозу є тією основою, на якій розробляються плани основних заходів цивільного захисту у випадку загрози (або виникнення) надзвичайної ситуації. При цьому дуже часто висновки, отримані шляхом попереднього прогнозування, є єдиними даними щодо характеру розгортання надзвичайної ситуації у просторі і часі, які має у своєму розпорядженні керівник цивільного захисту в перші години після виникнення надзвичайної події.

### **ПРИКЛАД.**

Спрогнозувати можливі втрати населення у випадку забруднення місцевості сильнодіючими ядучими речовинами (СДЯР) при аварії на хімічно-небезпечному об'єкті, якщо відомі: середня щільність проживання населення на даній території 81 чол/км<sup>2</sup>, площа можливого хімічного забруднення 16,7 км<sup>2</sup>, і повна відсутність забезпеченості населення засобами індивідуального захисту.

### **Розв'язання.**

1. Скористаємося таблицею типових людських втрат від ураження СДЯР (табл.1.4).

Таблиця 1.4

**Можливі втрати населення, робітників та службовців, які опинилися в осередку хімічного зараження, %**

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

- Відомо, що типова структура втрат може розподілятися за такими наслідками: ураження легкого ступеня отримують до 25% постраждалих; ураження середньої тяжкості - до 40% постраждалих; смертельні ураження - до 35% постраждалих.
- За умови, що люди знаходяться на відкритій місцевості і позбавлені засобів хімічного захисту (протигазів), можливі втрати становлять 90...100%, тобто з урахуванням щільності населення 81 особа на кв. км це дає  $N_{\text{ураж}} = 81 \times 16,7 \times (0,90...1,00) = 1218...1353 \text{ осіб}$ .
- Враховуючи типову структуру втрат населення при ураженні СДЯР визначаємо, що:
  - ураження легкого ступеня отримують від 305 до 339 осіб (близько 25% уражених);
  - ураження середнього і важкого ступеня, що потребує госпіталізації, отримують від 488 до 542 осіб (близько 40% уражених);
  - ураження, не сумісні із життям, отримують від 427 до 474 осіб (близько 35% уражених).

Оперативне (аварійне) прогнозування наслідків техногенних аварій здійснюється за даними *розвідки*. Розвідкою називають сукупність заходів, які виконуються усіма формуваннями сил цивільного захисту з метою збору даних щодо характеру небезпек (властивих надзвичайній ситуації), масштабу і ступеня ураженості об'єктів, що розвідуються, для належної оцінки обстановки (радіологічної, хімічної, бактеріологічної, інженерної тощо) в зоні ураження. Розвідка обов'язково передує усім основним діям сил цивільного

захисту. Вона ведеться усіма формуваннями сил цивільного захисту з метою своєчасного виявлення даних, на основі яких приймаються рішення і виконуються рятувальні та інші невідкладні роботи.



**Питання для самоконтролю**

- Наведіть приклади елементів техносфери.
- Поясніть термін «техногенна безпека».
- Назвіть основні причини техногенних аварій в Україні.
- Які основні чинники впливають на рівень безпечності функціонування техносфери?
- Які обов'язки має суб'єкт господарської діяльності ПНО з питань безпеки?
- Дайте визначення поняття «потенційно-небезпечний об'єкт» та «небезпечна речовина».
- До якої групи за впливом уражаючих факторів аварій на ПНО відносять токсичні речовини?
- Дайте класифікацію ПНО за видом небезпечних речовин, які використовують у виробничому процесі.
- Що собою являють хімічно небезпечні об'єкти та радіаційно небезпечні об'єкти?
- Якими основними вихідними даними користуються для складання попереднього прогнозування техногенної аварії?



## ТЕМА 2. НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ: МОНІТОРИНГ, УРАЖАЮЧІ ФАКТОРИ ТА СИСТЕМА ЗАХИСТУ

### 2.1. Надзвичайні ситуації та їх класифікація



З фізичної точки зору, надзвичайна ситуація відповідає виникненню в системі Людина–Машина–Середовище *некерованих* потоків речовини, енергії та інформації *надмірної інтенсивності*.

З юридичної точки зору (за Державним класифікатором надзвичайних ситуацій ДК 019:2010) надзвичайна ситуація (НС) трактується як порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, *епідемією, епізоотією, епіфітотією*, великою пожежею, застосуванням засобів ураження чи іншою небезпечною подією, що призвели (можуть призвести) до загибелі людей та значних матеріальних втрат.

Ознаками надзвичайної ситуації (не обов'язково усіма одночасно) є:

- наявність або загроза загибелі людей чи значне погіршення умов їх життєдіяльності;
- заподіяння великих матеріальних збитків;
- істотне погіршення стану навколишнього природного середовища.

Виникненню надзвичайної ситуації, як правило, передує надзвичайна подія. Надзвичайною подією називають зональну подію природного, техногенного чи воєнного характеру, яка полягає у *різкому відхиленні від норми* процесів та явищ, що відбуваються, і створює *значний негативний вплив* на життя і здоров'я великих груп людей, на стан об'єктів господарювання, соціальну сферу і природне середовище.

Надзвичайна подія розгортається у надзвичайну ситуацію при сприянні надзвичайних умов, які складаються як наслідок дії одного або кількох одночасно діючих факторів (особливостей місцевості, метеорологічних умов, антропогенної діяльності тощо), що посилюють прояв небезпек, викликаних *надзвичайною подією*.

Отже, надзвичайна ситуація є наслідком прояву *сукупності виняткових обставин*, що склалися у відповідній зоні прояву небезпек (на теренах держави, у регіоні, у місті, на об'єкті господарювання) внаслідок події природного, техногенного чи воєнного характеру та під впливом надзвичайних умов.

Існують різноманітні підходи до класифікації надзвичайних ситуацій. Національний класифікатор ДК 019:2010 надзвичайні ситуації поділяє на *4 класи* (за джерелом їх походження) і на *4 рівні* (за масштабом їхнього прояву) (рис. 2.1):

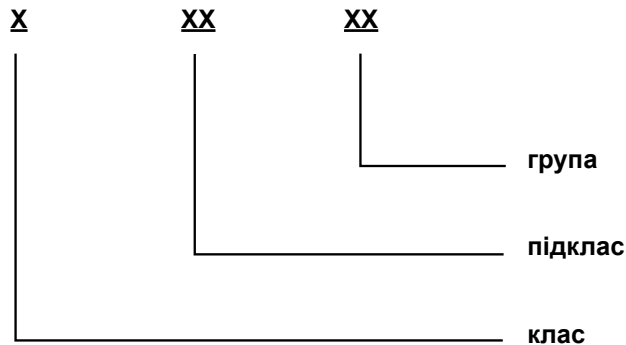


Рис. 2.1. Схема класифікації надзвичайних ситуацій

Для машинного оброблення статистичної інформації в автоматизованих системах і забезпечення інформаційної сумісності задач кожна НС має свій код.

Структура коду класифікатора має 5 розрядів і відповідає такій схемі:





### Наприклад:

- 10000 → НС ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРУ
- 10100 → НС УНАСЛІДОК АВАРІЙ ЧИ КАТАСТРОФ НА ТРАНСПОРТІ (за винятком пожеж і вибухів)  
НС унаслідок аварії на транспорті з викиданням (загрозою викидання) небезпечних і шкідливих (забруднювальних) речовин
- 10110 → НС унаслідок аварії на транспорті з викиданням (загрозою викидання) біологічно-небезпечних речовин (БНР)

Слід зазначити, що в національному класифікаторі надзвичайних ситуацій відсутня деталізація НС воєнного характеру (немає їх поділу на підкласи та групи). Очевидно, несуттєво, яким способом будуть убивати людей, та й спрогнозувати ці способи важко. Кількість сучасних систем зброї безперервно зростає, вдосконалюється їх якість. Нині людство вступило в епоху високотехнічних війн (війн шостої генерації), в яких використовується високоточна зброя, що заснована на нових технічних принципах.

Для визначення рівня надзвичайної ситуації встановлюються такі критерії:

- 1) територіальне поширення та обсяги матеріальних і технічних ресурсів, необхідних для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації;

- 2) кількість осіб, які постраждали або життєдіяльність яких була порушена внаслідок НС;
- 3) розмір заподіяних (очікуваних) збитків.

Критеріями надзвичайної ситуації **державного рівня** є такі ознаки:

- поширення НС на територію інших держав або на територію двох чи більше *областей*, а також необхідність залучення для її ліквідації матеріальних і технічних ресурсів в обсягах, що *перевищують можливості окремої області* (але не менше, ніж 1% від обсягу видатків відповідних місцевих бюджетів);
- наявність загиблих – більше 10 осіб, постраждалих – понад 300 осіб, порушилися нормальні умови життєдіяльності – у більш ніж 50000 осіб;
- збитки від НС перевищили 150 тис. мінімальних розмірів заробітної плати.

Критеріями надзвичайної ситуації **регіонального рівня** є такі ознаки:

- поширення НС на територію двох чи більше адміністративних *районів*, а також необхідність залучення для її ліквідації матеріальних і технічних ресурсів в обсягах, що *перевищують можливості окремого району* (але не менше, ніж 1% від обсягу видатків відповідних місцевих бюджетів);
- наявність загиблих – від 3 до 5 осіб, постраждалих – від 50 до 100 осіб, чисельність осіб, у яких зафіксовано порушення нормальних умов життєдіяльності – від 1000 до 10000;
- збитки від НС перевищили 15 тис. мінімальних розмірів заробітної плати.

Критеріями надзвичайної ситуації **місцевого рівня** є такі ознаки:

- вихід НС за межі території потенційно небезпечного об'єкта, загроза довікілью, сусіднім населеним пунктам, а також необхідність залучення для її ліквідації матері-

альних і технічних ресурсів в обсягах, що *перевищують власні можливості об'єкта*;

- наявність загиблих – 1...2 особи, постраждалих – від 20 до 50 осіб, чисельність осіб, у яких зафіксовано порушення нормальних умов життєдіяльності – від 100 до 1000;
- збитки від НС перевищили 2 тис. мінімальних розмірів заробітної плати.

**Об'єктового рівня** визнається надзвичайна ситуація, яка не підпадає під перелічені вище критерії.

Характеристика НС, що виникли протягом 2013-2014 років, наведена в табл. 2.1.

У 2014 році в Україні зареєстровано 143 надзвичайні ситуації, які відповідно до ДК 019:2010 розподілилися на:

- техногенного характеру – 74;
- природного характеру – 59;
- соціального характеру – 10.

Унаслідок цих надзвичайних ситуацій загинуло 287 осіб (з них 39 дітей) та 680 – постраждало (з них 235 дітей).

**Таблиця 2.1**

**Характеристика надзвичайних ситуацій останніх років**

Дані про НС	2013 рік	2014 рік	Зменшення (збільшення) у відсотках
<b>Загальна кількість НС</b>	<b>143</b>	<b>143</b>	<b>32,5 ↓</b>
<i>В тому числі за класами:</i>			
Техногенного характеру	75	74	1,3 ↓
Природного характеру	56	59	5,4 ↑
Соціального характеру	12	10	16,7 ↓
<i>В тому числі за рівнями:</i>			
Державного рівня	1	5	400,0↑
Регіонального рівня	11	9	18,2↓
Місцевого рівня	58	59	1,7 ↑
Об'єктового рівня	73	70	4,1 ↓
<b>Загинуло людей внаслідок НС</b>	<b>253</b>	<b>287</b>	<b>13,4↑</b>

Постраждало людей внаслідок НС	854	680	20,4↓
<b>Матеріальні збитки від НС, тис. грн.</b>	<b>352255</b>	<b>198853</b>	<b>43,5↓</b>

За масштабами надзвичайні ситуації розподілилися на:

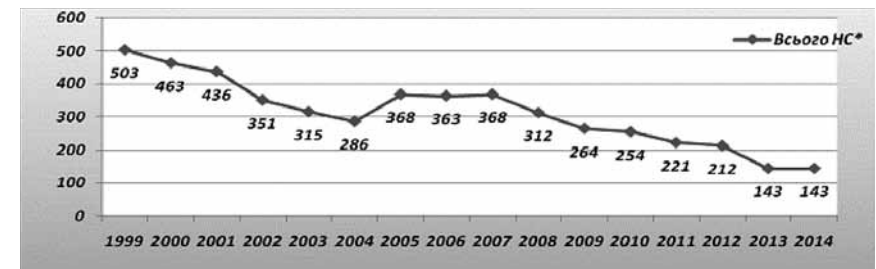
- державного рівня – 5;
- регіонального рівня – 9;
- місцевого рівня – 59;
- об'єктового рівня – 70.

Порівняно з 2013 роком загальна кількість надзвичайних ситуацій не змінилася. Разом з цим зафіксовано зменшення кількості НС техногенного та соціального характеру (на 1,3% та 16,7%), а кількість НС природного характеру збільшилася на 5,4%.

За видами НС у 2014 році переважали такі НС:

- унаслідок пожеж та вибухів (у тому числі на промислових підприємствах) – 34% загальної кількості НС;
- медико-біологічні НС (переважно отруєння та інфекційна захворюваність людей) – 29%;
- НС унаслідок аварій на транспорті – 13%.

Загалом в Україні за останні 10 років спостерігається чітка тенденція до зменшення загальної кількості надзвичайних ситуацій (рис. 2.2).



**Рис. 2.2.** Динаміка загальної кількості НС, що виникали протягом 1999–2014 років

## 2.2. Аналіз надзвичайних ситуацій техногенного характеру в 2014 році

У 2014 році зареєстровано 74 надзвичайні ситуації техногенного характеру, що на 1,3% менше порівняно 2013 роком (табл. 2.1).

Унаслідок цих НС загинуло 239 осіб (з них 31 дитина) та 187 осіб (з них 15 дітей) – постраждало. Порівняно із 2013 роком кількість загиблих в НС техногенного характеру збільшилася на 33%, а постраждалих – зменшилася на 34,4% (у 2013 році в 75 НС техногенного характеру загинуло 180 осіб та 285 – постраждало).

Збільшення кількості загиблих сталося через зростання їх частки в НС державного і регіонального рівнів, що зареєстровані унаслідок пожеж (вибухів) та аварій на транспорті.

За масштабами надзвичайні ситуації техногенного характеру, що виникли у 2014 році, розподілилися на:

- державного рівня – 4;
- регіонального рівня – 6;
- місцевого рівня – 38;
- об'єктового рівня – 26.

Найбільшої загрози життю і здоров'ю людей завдають та найбільш трагічні наслідки мають НС на транспорті, особливо на автомобільному, а також НС, пов'язані із пожежами і вибухами. Так, у 2014 році спостерігається збільшення кількості загиблих в НС на транспорті та унаслідок пожеж і вибухів, загинуло 77 та 152 особи відповідно. Разом з цим, порівняно із 2013 роком, варто відмітити зменшення у 2014 році на 10% кількості НС унаслідок пожеж та вибухів у будівлях та спорудах житлового призначення, проте їх частка серед НС, пов'язаних із пожежами та вибухами, залишається найбільшою.

У 2014 році, порівняно із 2013 роком, зареєстровано зростання кількості НС на системах життєзабезпечення (у 2013 році НС на системах життєзабезпечення зареєстровано не було). Найбільш масштабними з них були НС на системах

водопостачання у Донецькій області, де унаслідок бойових дій у червні 2014 року без водопостачання залишилось близько 1,5 млн. осіб.

Ще однією негативною рисою 2014 року є збільшення на 55% кількості НС, пов'язаних із пожежами на об'єктах та спорудах **виробничого призначення**, у тому числі на вугледобувних підприємствах, транспорті тощо. Ця тенденція простежується загалом у статистиці пожеж: так упродовж минулого року кількість пожеж на підконтрольних органам державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки підприємствах, в організаціях, закладах, збільшилась на 30,3% (2528 пожеж).

Необхідно зазначити, що впродовж останніх 10 років (за винятком 2010 року) на території держави спостерігалась стабільна тенденція до щорічного зменшення кількості пожеж на таких об'єктах. На теперішнє зростання кількості пожеж певною мірою вплинули зміни в законодавстві щодо суттєвого обмеження контрольно-наглядових функцій, послаблення законодавчої і нормативно-правової бази у сфері повноважень органів управління, у тому числі – тимчасова заборона проведення планових та позапланових перевірок органів влади та місцевого самоврядування, об'єктів та суб'єктів господарювання без дозволу Кабінету Міністрів України.

Як свідчить статистика, за умови невжиття інших, нових сучасних дієвих механізмів здійснення контролю за реалізацією державної політики у сфері пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту, відсутність нагляду за дотриманням вимог пожежної та техногенної безпеки безпосередньо на об'єктах та у відомчих організаціях призводить до вкрай негативного результату.

У 2014 році в Україні, за виключенням тимчасово окупованих територій Автономної Республіки Крим зареєстровано 68879 пожеж, якими нанесено прямих збитків на суму близько 1,5 млрд. грн. У вогні загинуло 2246 людей, у тому числі 74 дитини; отримали травми 1450 людей, з яких 107 –

діти. Порівняно з 2013 роком кількість пожеж збільшилася на 17,3%, а кількість завданих матеріальних збитків – у 2 рази.

За рештою видів НС техногенного характеру у 2014 році спостерігається зменшення їх кількості.

Головними причинами виникнення НС техногенного характеру були порушення правил дорожнього руху, незадовільний технічний стан виробничих об'єктів, ігнорування вимог пожежної безпеки та інших норм і стандартів у промисловості, будівництві, комунальному господарстві, транспорті та в інших галузях.

### **2.3. Єдина державна система цивільного захисту в Україні**

Згідно з Кодексом цивільного захисту України забезпечення захисту населення і територій від НС покладено на Єдину державну систему цивільного захисту (ЄДСЦЗ), яка є сукупністю суб'єктів забезпечення цивільного захисту, котрі здійснюють реалізацію державної політики у сфері цивільного захисту.

Суб'єктами забезпечення цивільного захисту в межах своїх повноважень є:

- Рада національної безпеки і оборони України;
- Кабінет Міністрів України;
- центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту (нині це Державна служба України з надзвичайних ситуацій – ДСНС);
- інші центральні органи виконавчої влади;
- місцеві державні адміністрації;
- органи місцевого самоврядування;
- суб'єкти господарювання;
- громадяни України.

ЄДСЦЗ базується на функціональних та територіальних підсистемах цивільного захисту та їх ланках, підпорядкованих ДСНС. Кожна підсистема має координуючі органи, по-

стійні органи управління, сили та засоби, матеріальні ресурси, системи оповіщення тощо.

Функціональні підсистеми ЄДСЦЗ створюються центральними органами виконавчої влади у відповідній сфері суспільного життя. Перелік центральних органів виконавчої влади, що створюють функціональні підсистеми, визначається Положенням про єдину державну систему цивільного захисту. Територіальні підсистеми ЄДСЦЗ діють в областях, підконтрольних українській владі, та місті Києві.

Ланки територіальних підсистем створюються:

- районними державними адміністраціями - у районах областей, районах міста Києва;
- органами місцевого самоврядування – в обласних центрах, у містах обласного і районного значення.

Таким чином, в Україні реалізований територіально-виробничий принцип цивільного захисту: у кожній територіальній одиниці відповідно до адміністративно-територіального поділу країни (область, район, місто, селище) є свій територіальний підрозділ ЦЗ. Паралельно в усіх сферах життєдіяльності населення, на кожному виробництві (підприємстві, установі, організації) функціонує відповідний виробничий підрозділ ЦЗ.

Начальником цивільного захисту об'єкта господарювання (підприємства, установи, організації) є перший керівник об'єкта. Він має подвійне підпорядкування: з одного боку – він підзвітний начальнику територіального управління з питань цивільного захисту, на території якого знаходиться його об'єкт; з іншого боку, за виробничим (функціональним) принципом, він підзвітний керівнику свого Міністерства (відомства), який є начальником цивільного захисту в межах свого Міністерства (відомства).

Загальне керівництво ЄДСЦЗ здійснює Кабінет Міністрів України. Безпосереднє керівництво діяльністю ЄДСЦЗ покладається на спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади з питань цивільного захисту

(ДСНС). Діяльність ДСНС спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра оборони України.

ДСНС України входить до системи органів виконавчої влади і виконує такі основні завдання:

- реалізує державну політику у сферах цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, профілактики травматизму невинного характеру, а також гідрометеорологічної діяльності;
  - здійснює державний нагляд (контроль) за додержанням та виконанням вимог законодавства у сферах пожежної і техногенної безпеки, цивільного захисту, за діяльністю аварійно-рятувальних служб;
  - вносить на розгляд Міністра оборони України пропозиції щодо формування державної політики у відповідній сфері.
- Відповідно до покладених на неї завдань ДСНС України:
- 1) здійснює безпосереднє керівництво діяльністю єдиної державної системи цивільного захисту;
  - 2) формує проекти планів у сфері цивільного захисту державного рівня *на мирний час та в особливий період*, подає їх Міністрові оборони для внесення в установленому порядку на розгляд Кабінету Міністрів України, організовує планування заходів цивільного захисту центральними та місцевими органами виконавчої влади;
  - 3) проводить підготовку органів управління функціональних і територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту та складових таких підсистем;
  - 4) організовує та здійснює заходи щодо створення, утримання та реконструкції фонду захисних споруд цивільного захисту, ведення їх обліку, здійснює контроль за станом захисних споруд цивільного захисту;

- 5) організовує та здійснює заходи із впровадження інженерно-технічних заходів цивільного захисту;
- 6) організовує та координує здійснення заходів у сфері радіаційного і хімічного захисту, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій у разі виникнення радіаційних аварій та надзвичайних ситуацій, пов'язаних із виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин;
- 7) здійснює разом із центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами, організаціями прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій, визначає показники ризику та здійснює районування території України щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій;
- 8) веде облік надзвичайних ситуацій;
- 9) організовує проведення заходів з евакуації населення, координує діяльність центральних та місцевих органів виконавчої влади, суб'єктів господарювання з відповідних питань;
- 10) забезпечує гасіння пожеж, рятування людей, надання допомоги у ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та інших видів небезпечних подій, що становлять загрозу життю або здоров'ю населення чи призводять до завдання матеріальних збитків;
- 11) організовує та забезпечує охорону від пожеж підприємств, установ, організацій та інших об'єктів на підставі договорів;
- 12) здійснює моніторинг забруднення навколишнього природного середовища на пунктах державної системи гідрометеорологічних спостережень: атмосферного повітря в населених пунктах та опадів; снігового покриву; річкових, озерних та морських вод; ґрунтів різного призначення; радіаційної обстановки (визначення експозиційної дози гамма-випромінювання); повеней, паводків, селів;



13) здійснює прогнозування погоди, гідрологічного режиму водних об'єктів, небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ, урожайності сільськогосподарських культур;

14) здійснює іншу діяльність у сфері цивільного захисту.

До функцій ДСНС відноситься також:

- впровадження та функціонування системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112;
- реалізація державної політики у сфері профілактики травматизму невиробничого характеру, моніторинг стану травматизму невиробничого характеру, його причин та наслідків;
- перевірка організації та стану навчання працюючого персоналу на підприємствах, в установах та організаціях до дій у разі виникнення аварійних ситуацій, аварій, надзвичайних ситуацій техногенного або природного характеру.

ДСНС України очолює Голова, якого призначає на посаду за поданням Прем'єр-міністра України, внесеним на підставі пропозицій Міністра оборони, та звільняє з посади Президент України.

Безпосереднє керівництво територіальними підсистемами та їх ланками покладається на посадових осіб, які очолюють органи, що створили такі підсистеми або ланки. Безпосереднє керівництво функціональними підсистемами покладається на керівників органів, суб'єктів господарювання, що створили такі підсистеми.

Організація заходів цивільного захисту в територіальних підсистемах здійснюється місцевими державними адміністраціями, органами місцевого самоврядування.

Організація заходів цивільного захисту у функціональних підсистемах і забезпечення техногенної та пожежної безпеки у сфері суспільного життя, в якій реалізує державну політику міністерство чи інший центральний орган виконавчої влади, здійснюються підрозділами з питань цивільного захисту, які створюються такими органами у складі їх апаратів.

У центральних органах виконавчої влади, які не створюють функціональні підсистеми, призначаються працівники з питань цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки.

Організація заходів цивільного захисту суб'єкта господарювання здійснюється підрозділами (посадовими особами) з питань цивільного захисту, які створюються (призначаються) керівниками зазначених суб'єктів господарювання з урахуванням таких вимог:

- 1) у суб'єктах господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту, з чисельністю працюючих *понад 3 тисячі осіб* створюються підрозділи з питань цивільного захисту;
- 2) у суб'єктах господарювання, а також закладах охорони здоров'я із загальною чисельністю працюючих та осіб, які перебувають на лікуванні, *від 200 до 3 тисяч осіб* та у суб'єктах господарювання, віднесених до другої категорії цивільного захисту, призначаються посадові особи з питань цивільного захисту;
- 3) у *навчальних закладах* з денною формою навчання з чисельністю *500 і більше осіб*, які навчаються, призначаються посадові особи з питань цивільного захисту;
- 4) у суб'єктах господарювання з чисельністю працюючих *до 200 осіб* призначаються особи з питань цивільного захисту за рахунок штатної чисельності суб'єкта господарювання.

Громадяни України, іноземці та особи без громадянства, які здійснюють господарську діяльність та зареєстровані відповідно до Закону як підприємці, виконують заходи цивільного захисту особисто.

Порядок діяльності підрозділів з питань цивільного захисту або призначених осіб визначається відповідними положеннями про них або посадовими інструкціями. Положення про підрозділ (посадова інструкція працівника) з питань цивільного захисту затверджується керівником, який його створив (призначив), на підставі типового положення про такий підрозділ, що затверджується ДСНС України.



Існує чотири рівні керування ЄДСЦЗ: *державний, регіональний, місцевий, об'єктовий*.

Координацію діяльності центральних та місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування у межах ЄДСЦЗ на *державному рівні* здійснюють:

- Рада національної безпеки і оборони України;
- Кабінет Міністрів України;
- Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій (ТЕБ та НС);
- Спеціальна Урядова комісія з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (створюється Урядом у разі нагальної потреби при виникненні НС).

На регіональному, місцевому, об'єктовому рівнях координуючим органом ЄДСЦЗ є відповідні комісії з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій (ТЕБ та НС). На державному рівні комісію ТЕБ та НС очолює віце-прем'єр, а на регіональному, місцевому, об'єктовому рівнях – відповідні керівники.

На кожному об'єкті господарювання (підприємстві, установі, організації) створюється система цивільного захисту об'єкта, відповідальність за постійну готовність її сил і засобів несе *перший керівник об'єкта* – директор, начальник, ректор тощо, який вважається начальником цивільного захисту об'єкта.

Начальник цивільного захисту об'єкта призначає своїх заступників з питань цивільного захисту (одного або декількох), у віданні якого (яких) знаходяться питання функціонування інженерних комунікацій, матеріально-технічного постачання, евакуації на випадок НС тощо.

При начальникові цивільного захисту об'єкта створюється штаб цивільного захисту об'єкта, склад якого залежить від функціональних особливостей підприємства або установи. У більшості випадків штаб ЦЗ формується із складу посадових осіб, не звільнених від виконання основних обов'язків.

На об'єктах господарювання за типовою схемою, враховуючи особливості об'єкта, створюються служби цивільного

захисту: 1) оповіщення і зв'язку, 2) медична, 3) радіаційного та хімічного захисту, 4) охорони громадського порядку, 5) протипожежна, 6) енергопостачання та світломаскування, 7) аварійно-технічна, 8) сховищ та укриттів, 9) транспортна, 10) матеріально-технічного постачання та інші. Керівники цих служб призначаються начальником ЦЗ об'єкта без звільнення їх від виконання основних посадових обов'язків.

На ЄДСЦЗ покладаються такі основні завдання:

- 1) *забезпечення готовності* міністерств та інших центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- 2) *забезпечення реалізації заходів* щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій;
- 3) *навчання населення* щодо поведінки та дій у разі виникнення надзвичайної ситуації;
- 4) *виконання державних цільових програм*, спрямованих на запобігання надзвичайним ситуаціям, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;
- 5) *опрацювання інформації* про надзвичайні ситуації, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;
- 6) *прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків* надзвичайних ситуацій, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;
- 7) створення, раціональне збереження і використання *резерву матеріальних та фінансових ресурсів*, необхідних для запобігання і реагування на надзвичайні ситуації;
- 8) *оповіщення населення* про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне інформування про фактичну обстановку і вжиті заходи;
- 9) *захист населення* у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

- 10) проведення *рятувальних та інших невідкладних робіт* щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- 11) *пом'якшення можливих наслідків* надзвичайних ситуацій у разі їх виникнення;
- 12) здійснення заходів щодо *соціального захисту* постраждалого населення;
- 13) *реалізація* визначених законом *прав* у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, в тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- 14) інші завдання, визначені законом.

Для виконання завдань цивільного захисту в Україні створені сили цивільного захисту, які складаються з:

- 1) оперативно-рятувальної служби цивільного захисту;
- 2) аварійно-рятувальної служби;
- 3) формувань цивільного захисту;
- 4) спеціалізованих служб цивільного захисту;
- 5) пожежно-рятувальних підрозділів (частин);
- 6) добровільних формувань цивільного захисту.

Оперативно-рятувальна служба цивільного захисту функціонує в системі Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) і складається з:

- органів управління, аварійно-рятувальних формувань центрального підпорядкування;
- аварійно-рятувальних формувань спеціального призначення;
- спеціальних авіаційних, морських та інших формувань;
- державних пожежно-рятувальних підрозділів (частин);
- навчальних центрів;
- формувань та підрозділів забезпечення.

Аварійно-рятувальні служби поділяються на:

- 1) державні, регіональні, комунальні, об'єктові та громадських організацій;
- 2) спеціалізовані та неспеціалізовані;
- 3) професійні та непрофесійні.

Державні, регіональні і комунальні аварійно-рятувальні служби створюються на відповідних рівнях виконавчої влади, об'єктові служби – на об'єктах підвищеної небезпеки, служби громадських організацій – громадськими організаціями відповідно до закону.

Непрофесійні об'єктові аварійно-рятувальні служби створюються із числа інженерно-технічних та інших досвідчених працівників суб'єктів господарювання, які мають необхідні знання та навички у проведенні аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт і здатні за станом здоров'я виконувати роботи в екстремальних умовах. Громадські організації також можуть залучатися на добровільних або договірних засадах до робіт із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій за наявності в учасників ліквідації відповідного рівня підготовки.

Особливим видом аварійно-рятувальних служб є служба медицини катастроф, яка діє у складі центрів екстреної медичної допомоги та медицини катастроф системи екстреної медичної допомоги, що створюється органами влади областей та міста Києва.

Формування цивільного захисту утворюються для проведення великих обсягів робіт з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, воєнних (бойових) дій чи терористичних актів, а також для проведення відновлювальних робіт, які потребують залучення великої кількості населення і техніки. Формування цивільного захисту поділяються на об'єктові і територіальні.

Спеціалізовані служби цивільного захисту утворюються для проведення спеціальних робіт і заходів з цивільного захисту та їх забезпечення, що потребують залучення фахівців певної спеціальності, техніки і майна спеціального призначення. Залежно від підпорядкування спеціалізовані служби цивільного захисту можуть бути об'єктового, місцевого, регіонального і державного рівнів.

Найчастіше спеціалізовані служби цивільного захисту створюються для проведення спеціальних робіт у сфері:

зв'язку і оповіщення, енергетики, захисту сільськогосподарських тварин і рослин, матеріального забезпечення, торгівлі та харчування, транспортного забезпечення, охорони громадського порядку, а також бувають інженерні, комунально-технічні, медичні, протипожежні, технічні.

Добровільні формування цивільного захисту утворюються під час загрози або виникнення надзвичайних ситуацій для проведення допоміжних робіт із запобігання або ліквідації наслідків таких ситуацій за рішенням центрального органу виконавчої влади, місцевої державної адміністрації, органу місцевого самоврядування. До добровільних формувань цивільного захисту включаються громадяни на добровільних засадах.

Для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій відповідно до закону можуть залучатися Збройні Сили України, інші військові формування та правоохоронні органи спеціального призначення, утворені відповідно до законів України.

#### **2.4. Уразливість і стійкість роботи ПНО в надзвичайних ситуаціях**

Під *стійкістю роботи об'єкта* господарювання розуміється здатність підприємства в умовах надзвичайних ситуацій випускати продукцію в запланованому обсязі та номенклатурі, а при руйнуванні й порушенні виробничих зв'язків – відновлювати своє виробництво за максимально короткий термін. Основним завданням стійкості роботи потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) є недопущення аварій, а також збереження можливості виконувати свої виробничі функції, якщо аварії відбуваються.

Складні технічні системи, до яких належать ПНО, завжди мають певний ступінь ризику виникнення аварій, небезпечних для них і навколишнього середовища. «Ціна» аварій зростає із зростанням складності системи, зосередженням на ПНО великих енергетичних потужностей та небезпечних

речовин. Тому прийняття заходів, що гарантують з високим ступенем надійності запобігання аваріям і зниження тяжкості їх наслідків, життєво необхідно.

Вплив факторів воєнного часу і надзвичайних ситуацій мирного часу може викликати руйнування, порушення діяльності будь-якої ділянки технологічного процесу, що призведе до тимчасової зупинки або припинення виробництва у цілому.

Противарійна стійкість ПНО в основному забезпечується реалізацією таких заходів і принципів:

- 1) вибором найменш небезпечних технологій;
- 2) високою якістю і всебічним обґрунтуванням проектів;
- 3) вибором безпечних технологічних установок і ПНО в цілому;
- 4) високою якістю виготовлення, монтажу, профілактичного обслуговування та ремонту технологічних установок;
- 5) застосуванням надійних засобів запобігання переходу технологічних установок і обладнання в критичний режим роботи, що передують аварії, і обмеження наслідків аварії;
- 6) кваліфікованою експлуатацією ПНО відповідно до нормативно-технічної документації та інструкцій;
- 7) прийняттям заходів щодо захисту технологічних установок, виробничих систем і устаткування від зовнішніх впливів і ситуацій, пов'язаних з «людським фактором» (низьким рівнем кваліфікації, безвідповідальністю, помилками виробничого персоналу, тероризмом);
- 8) підтриманням безвідмовності роботи обладнання та систем, що перешкоджають виникненню і розвитку аварій;
- 9) створенням багатоешелонного захисту від небезпечних наслідків аварій.

Основна вимога противарійної стійкості – виключення катастрофічних пошкоджень ПНО – реалізується створенням послідовних противарійних бар'єрів.

Технологічні процеси оцінюються, виходячи зі специфіки виробництва. Досліджуються надійність, взаємозамін-

ність і захищеність основних технологічних потоків, окремих виробництв, ділянок, що дозволить науково обґрунтовано підійти до створення необхідних запасів деталей, вузлів та інших, комплектуючих елементів. У ряді випадків необхідно передбачити можливість зміни технологічного процесу з метою його спрощення, використання місцевої сировини і захисту найбільш уразливих ділянок.

В Україні встановлені три категорії уразливості потенційно небезпечних об'єктів у терористичному відношенні, які визначають рівень небезпеки ПНО (серед інших об'єктів) та характеристику ступеня ризику виникнення терористичних проявів за масштабами прогнозованих наслідків надзвичайної ситуації, яка може статися внаслідок терористичного акту.

**Перша категорія** уразливості об'єктів у терористичному відношенні встановлюється для об'єктів, щодо яких існує дуже високий рівень ризику виникнення терористичних проявів, у результаті чого **можливе виникнення надзвичайних ситуацій загальнодержавного (трансграничного) рівня**, що загрожує життю значної кількості людей, а також тяжкими внутрішньо- та зовнішньополітичними, соціальними, економічними та екологічними наслідками для України, а в деяких випадках – і для інших держав.

**Друга категорія** уразливості об'єктів встановлюється для об'єктів, відносно яких існує високий рівень ризику виникнення терористичних проявів, у результаті чого **можливе виникнення надзвичайних ситуацій регіонального (обласного) рівня**, що можуть призвести до загибелі (загрози загибелі) людей або значного погіршення умов їх життєдіяльності, а також до ускладнення соціально-політичного, економічного та екологічного стану регіону (області).

**Третя категорія** уразливості об'єктів встановлюється для об'єктів, щодо яких існує ймовірність виникнення терористичних проявів, у результаті чого **можливе виникнення надзвичайних ситуацій місцевого рівня**, що загрожують життю людей або суттєво погіршують умови їх жит-

тєдіяльності, а також спричиняють ускладнення соціально-політичної, економічної та екологічної ситуації в регіоні або в його окремому районі.

Відповідно до основних нормативно-правових документів з питань цивільного захисту потенційно небезпечні об'єкти можливої спрямованості терористичних дій поділяються на:

- радіаційно-небезпечні об'єкти;
- хімічно-небезпечні об'єкти;
- гідроспоруди (Дніпровського та Дністровського каскадів);
- залізничні станції, що віднесені до груп з цивільного захисту;
- вибухо-пожежонебезпечні об'єкти.

При визначенні важливості об'єкта терористичних спрямувань основним показником є ступінь збитків та негативних наслідків, які можуть статися внаслідок терористичного прояву на зазначеному об'єкті. При цьому розрахунки проводяться за максимально можливими наслідками (людські втрати, аварії, економічні збитки, негативні соціально-політичні наслідки тощо) терористичної діяльності.

При систематизації об'єктів можливої терористичної спрямованості визначення найбільш важливих з них здійснюється за такими показниками:

1. **Радіаційно небезпечні об'єкти.** Радіаційно небезпечними є такі об'єкти, аварії на яких можуть призвести до викиду (виходу) радіоактивних речовин (радіонуклідів) або іонізуючих випромінювань за межі, передбачені проектом за умови їх нормальної експлуатації в кількостях, що перевищують установлену межу їх безпечної експлуатації.
2. **Хімічно небезпечні об'єкти.** До хімічно небезпечних об'єктів відносяться об'єкти господарювання, на яких використовуються небезпечні хімічні речовини. При аваріях або зруйнуванні цих об'єктів можуть виникати осеред-

ки масових уражень людей, тварин і сільськогосподарських рослин.

Ці об'єкти розподілені за ступенями хімічної небезпеки:

- першого ступеня хімічної небезпеки;
- другого ступеня хімічної небезпеки;
- третього ступеня хімічної небезпеки;
- четвертого ступеня хімічної небезпеки (зона можливого хімічного зараження від яких не виходить за межі об'єкта).

**3. Гідроспоруди Дніпровського та Дністровського каскадів.** До найбільш небезпечних гідродинамічних об'єктів відносяться такі, екстраординарні події на яких можуть призвести до прориву гребель (дамб, шлюзів) з утворенням хвилі прориву та катастрофічного затоплення, або до аварійного спрацювання водосховищ ГЕС у зв'язку із загрозою прориву гідроспоруди.

**4. Залізничні станції, що віднесені до груп з цивільного захисту.** Терористичні акти на крупних залізничних вузлах та станціях можуть призвести до значних аварій (катастроф) і тривалого припинення залізничного руху на окремих ділянках та загального порушення його графіка (за рахунок виведення з ладу чи відключення систем та приладів сигналізації, централізації, блокування та зв'язку). За своїм значенням залізничні вузли та станції, як об'єкти, розподіляються на категорії: особливої важливості (ОВ), першої категорії та другої категорії. До цих об'єктів також слід віднести споруди Управління та Відділень залізниць, у яких знаходяться диспетчерські пункти, що здійснюють безперервне керівництво експлуатацією залізниць та управління рухом на магістральних залізничних лініях.

Крім того, на цих об'єктах можуть знаходитися (транспортуватися) сильнодіючі отруйні речовини та вибухопожежонебезпечні вантажі.

**5. Об'єкти метрополітену (для міст Києва, Дніпропетровська і Харкова).** Превентивні плани для зазначе-

них об'єктів розробляються із залученням відповідних фахівців (у частині, що стосується) проектних та експлуатуючих організацій, з урахуванням специфіки та особливостей кожної лінії та станції (залізничної чи метрополітену).

**6. Вибухо-пожежонебезпечні об'єкти.** Категорія ступеня вибухо- та пожежної небезпеки об'єкта визначається, виходячи із властивостей речовин, що використовуються у виробництві. До таких властивостей речовин відносяться:

- для горючих рідин – температура займання;
- для твердих речовин – можливість їх займистості (вибуху), у тому числі при взаємодії з водою або окислювачем.

На підставі відповідних показників, які характеризують вибухову та пожежну небезпеку речовин, а також умов їх обробки та зберігання, за ступенями вибухо- та пожежної небезпеки, об'єкти розподіляються на п'ять категорій (А, Б, В, Г та Д). При цьому, до переліку основних потенційно небезпечних об'єктів, уразливих у терористичному відношенні, слід включати об'єкти категорій А, Б та В, як такі, що складають найбільшу загрозу.

### **2.5. Основні уражаючі фактори НС та їх параметри**

Кожна надзвичайна ситуація характерна своїми уражаючими факторами – специфічними ноксосферними (від англ. *noxious – шкідливий*) чинниками життєвого середовища, які за певних умов (у надзвичайній ситуації) здатні спричинити загибель людей або нанести шкоду системам життєзабезпечення, спричиняючи при цьому значні матеріальні збитки.

Уражаючі фактори, в свою чергу, вимірюють і оцінюють за певними *параметрами* ураження, кожен з яких має своє позначення, свою фізичну одиницю вимірювання і свій критерій оцінювання (табл.2.3).

За походженням уражаючі фактори поділяють на: 1) *фізичні* (ударна повітряна хвиля, гідродинамічна хвиля про-



риву, сейсмічна хвиля тощо); 2) *хімічні* (шкідливі речовини і матеріали, що негативно впливають на організм людини, фауну і флору тощо); 3) *біологічні* (хвороботворні бактерії, віруси, заразні хвороби тварин і рослин тощо); 4) *соціально-політичні* (конфліктні ситуації на міжнаціональному, між-етнічному, расовому ґрунті, повстання, революції, страйки, тероризм тощо); 5) *воєнні* (холодна зброя, вогнепальна зброя, зброя масового ураження тощо).

За черговістю впливу на людину і довкілля уражаючі фактори поділяють на *первинні* (прямої дії), *вторинні* (побічної дії) і *залишкові*. Наприклад, при аварії, що виникла в результаті вибуху газоповітряної суміші, первинним уражаючим фактором для людей є *повітряна ударна хвиля* і *уламки* зруйнованих нею споруд і конструкцій, вторинним уражаючим фактором можуть бути *висока температура* і *отруйні речовини*, що виділяються в результаті можливого займання і пожежі в осередку ураження.

Уражаючі фактори НС утворюють зону можливого ураження – територію, на якій внаслідок дії уражаючих параметрів виникає загроза життю або здоров'ю людей та заподіяння матеріальних втрат. З фізичної точки зору, зона можливого ураження – це та зона, де в умовах надзвичайної ситуації в найбільшій мірі проявляють свій уражаючий вплив на людину, довкілля та матеріальні цінності некеровані потоки *речовини, енергії та інформації*.

В графічному зображенні (на плані, карті місцевості) зона можливого ураження має певну форму, яка залежить від особливостей даної НС. Приміром, зона можливого ураження при вибухах має форму *кола*, при аваріях з викидом радіоактивних речовин – *еліпса*, при аваріях з викидом небезпечних хімічних речовин – *кола або сектора кола*.

Таблиця 2.3

### Техногенні небезпеки, їх уражаючі фактори і параметри

Небез-пека	Уражаючий фактор	Уражаючий параметр	Позначення	Од. вимі-ру	Крите-рій (для людини)
Вибухова	Повітряна ударна хвиля	Надлишковий тиск у фронті ударної хвилі	$\Delta P_{\phi}$	кПа	10 кПа
		Тривалість фази стиснення	$\tau_{+}$	с	
		Імпульс фази стиснення	$i_{+}$	кПа · с	
	Розлітання осколків	Маса осколка	$m_{oc}$	кг	
Швидкість розлітання осколків		$v_{oc}$	м/с		
Пожежна	Теплове випромінювання полум'я	Інтенсивність теплового випромінювання (щільність теплового потоку)	$q$	Вт/м <sup>2</sup>	1,4 кВт/м <sup>2</sup>
		Тепловий імпульс (доза теплового випромінювання)	$I=Q$	Дж/м <sup>2</sup>	100 кДж/м <sup>2</sup>
	Екстремальне нагрівання повітря	Температура повітря	$t_{нов}$	°С	70 °С
	Зміна складу повітря	Концентрація продуктів горіння у повітрі (CO, CO <sub>2</sub> )	$C$	%	$C_{CO_2}=6\%$ $C_{CO}=0,1\%$
Концентрація кисню в повітрі		$C$	%	$C_O=17\%$	
Показник ослаблення світла димом		$N_{\phi}$	–	2,38	



Токсична (викиди СДЯР)	Хімічне забруднення середовища і поверхонь	Концентрація небезпечної хімічної речовини в середовищі	$C$	мг/л, мг/кг	
		Щільність хімічного зараження поверхні	$D$	мг/м	
Радіаційна	Проникаюча радіація	Еквівалентна доза опромінення	$D$	Зв	1 мЗв/рік
		Потужність експозиційної дози випромінювання	$P$	мкР/ год	30 мкР/год
	Радіоактивне забруднення	Щільність радіоактивного забруднення	$D$	Бк/м <sup>2</sup>	
		Концентрація радіоактивного забруднення	$C$	Бк/м <sup>3</sup>	
Прорив гідротехнічних споруд	Хвиля прориву	Енергія хвилі прориву	$E_n$	Дж	
		Швидкість руху фронту хвилі прориву	$N_\phi$	м/с	
		Швидкість руху гребня хвилі прориву	$N_z$	м/с	
		Глибина хвилі прориву	$h$	м	

## 2.6. Етапи розвитку НС та відповідні заходи ЦЗ

Встановлено, що незалежно від виду надзвичайних ситуацій, «сценарій» їх розгортання однаковий. Кожна техногенна надзвичайна ситуація закономірно проходить п'ять типових етапів (фаз) розвитку.

**Перший етап** розвитку надзвичайної ситуації – накопичення відхилень (у системи або в процесі) від її (його) нормального стану доти, поки система (процес) не набуде неусталеності. У випадку техногенної надзвичайної ситуації цю стадію можна назвати "аварійною ситуацією" – аварія ще не відбулася, але її передумови є в наявності. В цей період у багатьох випадках ще може існувати реальна можливість або попередити виникнення надзвичайної ситуації, або суттєво зменшити її наслідки.

**Другий етап** розвитку надзвичайної ситуації – ініціювання надзвичайної події – своєрідного «спускового гачка», що запускає в дію *уражаючі фактори* надзвичайної ситуації.

**Третій етап** розвитку надзвичайної ситуації – прояв дії первинних (основних) *уражаючих факторів*. Під час аварії на виробництві в цей період відбувається вивільнення енергії, котре може мати руйнівний характер. Важливо розуміти, що масштаби наслідків та інтенсивність протікання надзвичайної ситуації значною мірою визначаються не ініціюючою подією, а структурою підприємства і технологіями, що на ньому використовуються.

**Четвертий етап** розвитку надзвичайної ситуації – дія вторинних *уражаючих факторів*. На цій стадії відбувається вихід аварії за межі території підприємства.

**П'ятий етап** розвитку надзвичайної ситуації – дія залишкових *уражаючих факторів*. На цій стадії здійснюється ліквідація наслідків надзвичайної ситуації, виконуються рятувальні та інші невідкладні роботи як в осередку аварії чи стихійного лиха, так і у прилеглих до нього постраждалих зонах. На цьому, п'ятому етапі розгортання надзвичайної ситуації здійснюється обчислення прямих і непрямих збитків, спричинених дією всіх (первинних, вторинних і залишкових) *уражаючих факторів* надзвичайної ситуації.

Відповідно до етапності розвитку *надзвичайної ситуації* силами цивільного захисту здійснюються такі заходи: 1) запобігання виникненню надзвичайної ситуації; 2) реагуван-

ня на надзвичайну ситуацію; 3) ліквідація наслідків надзвичайної ситуації (рис. 2.3).



Рис. 2.3. Дії системи цивільного захисту відповідно до етапів розвитку надзвичайної ситуації

### NON MULTA, SED MULTUM

Жодна європейська держава не має такої масштабної, штучно створеної потенційної загрози для населення і територій – гідродинамічної аварії, – яка існує в Україні. У минулому столітті по Дніпру було створено 6 величезних водосховищ (морів): Київське (1966), Канівське (1972), Кременчуцьке (1961), Дніпродзержинське (1965), Дніпровське (1932), Каховське (1956). На території Полтавської і Черкаської областей розташоване найбільше серед них Кременчуцьке водосховище. В ньому накопичено **13,5 млрд. м<sup>3</sup>** води, штучно піднятої за допомогою рукотворної наливної греблі на висоту **17 м**.

Підраховано, що час добігання хвилі прориву (первинний уражаючий фактор) до Кременчука, що знаходиться нижче греблі, становитиме 0,29 год., причому висота хвилі прориву в місті становитиме 7,03 м при швидкості руху 1,68 м/с. Час стояння води

в затопленому місті становитиме близько 137 годин. Вважається, що співвідношення збитків, спричинених дією первинних і вторинних *уражаючих факторів*, з одного боку, і дією залишкових *уражаючих факторів*, з іншого, становить 70% до 30% (якщо загальні збитки при гідродинамічній аварії узяти за 100%).

Поділ *уражаючих факторів* на первинні (основні), вторинні і залишкові можна зрозуміти на прикладі гідродинамічної аварії. Первинними (основними) *уражаючими факторами* такої аварії є руйнівна гідродинамічна хвиля прориву, водяний потік (фізико-енергетичні чинники) і спокійні води, які затоплюють територію суші й розташовані на ній об'єкти.

Вторинними *уражаючими факторами* є фізико-хімічні забруднення води і місцевості речовинами із зруйнованих або затоплених сховищ, масові захворювання людей і сільськогосподарських тварин (біологічні чинники), аварії на транспортних мережах (енергетичні чинники), зсуви й обвали.

Залишковими *уражаючими факторами* гідродинамічної аварії є фізико-хімічні перетворення ґрунтів, що призводять до виведення з обороту сільськогосподарських угідь, заразні хвороби тварин і рослин, фізичні зміни рельєфу та інших елементів природного середовища.



### Питання для самоконтролю

1. Що собою являє надзвичайна ситуація? Перерахуйте ознаки надзвичайної ситуації.
2. На які класи (за джерелом їх походження) і рівні (за масштабом їхнього прояву) Національний класифікатор ДК 019:2010 поділяє надзвичайні ситуації?

3. Назвіть критерії для визначення рівня надзвичайної ситуації.
4. Які основні завдання виконує ДСНС України?
5. Які основні завдання ЄДСЦЗ в Україні?
6. Які завдання виконують сили цивільного захисту в Україні?
7. Перерахуйте, чим забезпечується протиаварійна стійкість ПНО.
8. Назвіть, за якими показниками здійснюється систематизація об'єктів можливої терористичної спрямованості?
9. Дайте класифікацію уражаючих факторів НС за походженням.
10. Скільки етапів розвитку має техногенна надзвичайна ситуація? Розкрийте основні характеристики кожного етапу.

## ТЕМА 3. АВАРІЇ НА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ: ПРОГНОЗУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИБУХУ

### 3.1. Загальні відомості про вибухи



Особливу небезпеку, з точки зору можливих втрат і збитків для виробництва, становлять вибухи різної природи.

**Вибух** – швидке некероване фізичне або хімічне перетворення речовини, що супроводжується утворенням великої кількості стиснених газів, під впливом високого тиску яких можуть відбуватися руйнування різних об'єктів. При вибуху потенційна енергія системи переходить в механічну роботу.

#### *NON MULTA, SED MULTUM*

10 червня 2014 року в Миколаєві загорівся перевантажувальний термінал сільськогосподарської компанії “Нібулон”, розташований на Каботажному узвозі. Через пиловий вибух (вибух дрібнодисперсного зернового пилу) було пошкоджено технологічне обладнання. Пожежа сталася внаслідок порушення технологічних процесів. Постраждалих не виявилось.

3 серпня 2014 року в Харкові на території Бронетанкового заводу, який займається ремонтом техніки для Збройних Сил України та рятувальників, стався вибух. У гуртожитку, розташованому на території підприємства, на підвіконні 2 поверху вибухнув невідомий предмет. Внаслідок вибуху вибиті вікна на поверсі. Ніхто не постраждав.

9 серпня 2014 року близько 5 ранку в місті Конотоп на оборонному підприємстві “Авіакон” сталася нештатна ситуація, було чуто 4 потужних вибухи. Жертв не виявилось. Як відомо, державне підприємство “Конотопський авіаремонтний завод “Авіакон” займається ремонтом і переобладнання вертольотів Мі-24, Мі-35, Мі-8, Мі-17, Мі-26, Мі-2 будь-яких модифікацій.

10 грудня 2014 року в місті Зіньків (Полтавська область) стався вибух, внаслідок якого загинула людина. Як повідомив рятувальникам черговий охоронець, під час відвантажен-

ня сировини стався хлопок без подальшого горіння. Внаслідок вибуху зруйновано три стіни цеху на першому поверсі будівлі. Загиблій – 42-річний житель Зінькова. Один з постраждалих отримав переломи і забої рук, ніг і грудної клітки і потрапив у реанімацію. Також госпіталізовано ще двох співробітників заводу: чоловіки 1985 і 1994 років народження отримали опіки обличчя та кінцівок.

9 лютого 2015 року стався вибух на Донецькому казенному заводі хімічних виробів у Куйбишевському районі. У штабі АТО запевнили, що не відкривали вогонь по підприємству, а вибух на донецькому заводі міг спричинити «недопалок». Речник АТО зазначив, що у вересні вже мала місце подібна ситуація. Про жертв даних немає.

Характерна дія вибуху полягає у різкому ударі стиснених газів по навколишньому середовищу, що викликає руйнування предметів, конструкцій на відносно невеликих відстанях від місця вибуху.

Залежно від виду енергоносіїв та умов енерговиділення вибух може бути хімічним, фізичним, ядерним та ін. Розглянемо лише два перших види вибуху.

Стосовно виробничих процесів при **хімічному вибуху** йде хімічна взаємодія між паливом та окислювачем. Горючі речовини, що беруть участь у реакціях, можуть бути твердими, рідкими, газоподібними, а також аерозолями (рідкі краплі і тверді частинки в повітрі). При взаємодії цих речовин з киснем повітря або іншим окислювачем відбувається *лавиноподібна хімічна реакція*, що називається вибухом.

**Фізичний вибух** найчастіше пов'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії *стиснутих газів*, парів або рідин із замкнутих об'ємів судин, машин і апаратів. При такому вибуху його сила залежить від внутрішнього тиску того вмісту, що знаходиться в резервуарі.

Якщо при хімічному вибуху (*вибухове горіння*) досягаються швидкості поширення полум'я до десятків і сотень метрів за секунду, але не перевищують швидкості звуку в даному середовищі, то такий вибух називають *дефлаграційним*. При цьому генеруються *ударні хвилі*.

У певних умовах вибухове горіння може перейти в *детонаційне горіння*, при якому швидкість поширення полум'я є максимальною і перевищує швидкість поширення звуку в навколишньому середовищі. Швидкість детонації є величиною, постійною для даної речовини.

**Ударна (вибухова) хвиля**, що виникає при вибуху, є рухом навколишнього середовища. Ударна хвиля створюється газоподібними продуктами вибуху, які, розширюючись, чинять різкий удар (по ґрунту, повітря, воді тощо). В результаті такого удару прилеглий до заряду шар навколишнього середовища стискається і, прагнучи розширитися, стискає наступний шар середовища, потім наступний і т. д. Так рухається ударна хвиля.

Одночасно зі стисненням в шарах середовища відбувається різке підвищення тиску – стрибок тиску, і вся маса стислого середовища приходить у рух у напрямку від центра вибуху. Межа, що відокремлює незбурене навколишнє середовище від середовища, що зазнало дії ударної (вибухової) хвилі, називається *фронтом ударної хвилі*.

Вибухи можуть бути керованими і некерованими. У будівництві та інших галузях промисловості **керовані вибухи** використовуються при руйнуванні гірських порід, знесенні старих будівель і споруд, руйнуванні крижаних заторів на річках, штампуванні і зварюванні виробів, тобто в багатьох технологічних процесах. **Некеровані вибухи** можуть відбуватися в технологічних процесах і обладнанні при нештатних ситуаціях або порушенні технологічних режимів при експлуатації різних сушильних установок і випалювальних печей для виробництва будівельних матеріалів і виробів, котлів та вогнетехнічних установок, паливоспалюючих пристроїв та інших, що працюють на органічному паливі.

Вибухи також поділяються на зосереджені і об'ємні. **Зосереджений (точковий) вибух** – це вибух конденсованої вибухової речовини або конденсованої вибухонебезпечної системи, коли сама вибухова речовина займає невеликий об'єм по відношенню до того об'єму навколишнього серед-

овища, де стався вплив вибуху. Під конденсованими речовинами розуміють речовини в твердому і рідкому станах. При такому вибуху внутрішня енергія конденсованих вибухових речовин виділяється практично миттєво в невеликому обсязі, тому такі вибухи отримали назву точкових, а також відбувається утворення сильних ударних хвиль. Тривалість вибуху при цьому лежить зазвичай в межах від  $10^{-5}$  до  $10^{-6}$  с, що призводить до великої потужності вибуху навіть при малих запасах внутрішньої енергії вибухової речовини.

**Об'ємний вибух** – це детонаційний або дефлаграційний вибух газоповітряних, пилоповітряних і пилогазових хмар досить великих об'ємів.

Об'ємні хімічні вибухи поділяються на два основних види: вибухи *парогазоповітряних* сумішей і вибухи *пилоповітряних* сумішей.

**Газо- та пароподібні суміші** горючих речовин являють собою гомогенні суміші з газоподібними окислювачами – повітрям, киснем та іншими газами, або нестабільні газоподібні сполуки, такі як ацетилен, етилен, схильні до термічного розкладання за відсутності окислювачів. Джерелом енергії вибухів газових сумішей часто є екзотермічні реакції окислення горючої речовини або реакції розкладання нестабільних з'єднань.

Виробничі процеси, в яких застосовуються **вибухонебезпечні гази, горючі і легкозаймисті рідини**, широко використовуються в різних галузях промисловості. При нормальній роботі обладнання в більшості випадків вибухонебезпечні газо- або пароповітряні суміші, що утворюються, не досягають концентраційних меж займання. Це є найбільш надійним напрямом забезпечення безпеки обладнання і процесів. Однак у виробничих умовах при різних неполадках обладнання, помилкових діях персоналу та аварійних ситуаціях виникають умови для утворення великих мас горючих парогазоповітряних сумішей, як у замкнутих об'ємах, так і в неорганізованих парових хмарах. При цьому можуть утворитися суміші з високим рівнем неоднорідності складу у всьому

му діапазоні концентраційних меж займання, що викликає суттєві зміни швидкостей горіння, а також інших параметрів руйнівної здатності вибухового горіння і ударних хвиль.

**Вибухи пилу** являють одну з основних небезпек в технологічних процесах і виробництвах. Вони відбуваються в обмежених просторах (в приміщеннях будівель, всередині різного устаткування, у штольнях шахт, транспортних каналах та ін.). Можливі вибухи пилу у виробництві борошна, на зернових елеваторах, у фармацевтичній промисловості, при виробництві барвників, сірки, цукру, різних порошкоподібних речовин, на установках подрібнення палива (вугільного пилу), у текстильному, будівельному виробництві тощо.

В окрему групу горючих дисперсних матеріалів, здатних вибухати, виділяють частинки твердої або рідкої речовини, що знаходяться в повітряному середовищі. Ці суміші називають **аерозолями**. Вони використовуються або є побічними продуктами в різних технологічних процесах. До них можна віднести алюмінієву пудру, пил різних органічних речовин і багато інших, які знаходяться у завислому стані в повітрі.

**Аерозолі** зазвичай є *пожежонебезпечними* до тих пір, поки ця речовина не буде розпорошена в повітрі, після чого вони стають *вибухонебезпечними*.

**Вибухонебезпечні аеродисперсні системи** можуть виникати спонтанно, наприклад, при струшуванні відкладень пилу на обладнанні. Швидкість розповсюдження полум'я по аерозолію може досягати великих швидкостей – до 10 м/с і більше. Це пояснюється тим, що випромінювання від палаючих частинок нагріває зважені в повітрі інші частинки навіть на великих відстанях від фронту горіння.

Вибухонебезпечність аерозолів залежить від розмірів пилових частинок і вмісту кисню в системі. Мілкодисперсний пил в аерозолі характеризується розвиненою поверхнею і великою хімічною активністю. Велика питома поверхня пилових частинок обумовлює також високу ступінь адсорбції кисню на їх поверхні, при цьому зростає вибухонебезпечність системи.



Двофазні **вибухонебезпечні аерозолі** складаються з дрібнодисперсних горючих рідин у вигляді туману або твердих речовин у вигляді пилу в окислювальному середовищі, в основному в повітрі, наприклад борошняний або деревний пил у повітрі. Джерелом енергії при таких вибухах є теплота згоряння цих речовин. Пилоповітряна система містить зазвичай достатньо кисню для згоряння частинок пилу, тобто для організації горіння не вимагається підведення кисню з навколишньої атмосфери. Цей кисень адсорбується на поверхні частинок. Все це призводить до того, що аерозолі є вибухонебезпечними подібно газоповітряній суміші.

При оцінюванні вибухових явищ тверді й рідкі горючі речовини відносять у більшості випадків до класу **конденсованих вибухових речовин (ВР)**, до складу яких входять відновники та окислювачі або інші хімічно нестабільні з'єднання. При ініціюванні вибуху в цих речовинах з величезною швидкістю протікають екзотермічні окислювально-відновлювальні реакції або реакції термічного розкладання з виділенням великої кількості теплової енергії.

Особливу роль при виникненні хімічних вибухів відіграє *джерело запалювання*. Такими джерелами найчастіше служать тепловиділення при теплових, хімічних і мікробіологічних процесах. Це можуть бути відкрите полум'я, іскри, електрична дуга або нагріта поверхня тощо.

Джерелом енергії **фізичних вибухів** є потенційна енергія стиснутих газів (пари) або перегрітих рідин у замкнених об'ємах. Кількість такої потенційної енергії для різних енергоносіїв визначається відповідними фізико-хімічними закономірностями енерговивільнення. При фізичних вибухах систем ця енергія при *адіабатичному розширенні газу*, пари або рідини вивільняється в навколишній простір. Відбувається руйнування посудини від перевищення тиску і до 60% енергії розширення парогазових середовищ переходить у кінетичну енергію уламків, які при промислових аваріях розлітаються на значні відстані. При цьому на формування

ударної хвилі витрачається до 40% загальної потенційної енергії фізичного вибуху стисненого газу.

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

**Адіабатичний процес** – це така зміна станів газу, при якому він не віддає і не поглинає ззовні теплоти. Отже, адіабатичний процес характеризується відсутністю теплообміну газу з навколишнім середовищем. Адіабатичними можна вважати усі процеси, що швидко протікають. В такому випадку газ може здійснювати роботу лише за рахунок зміни своєї внутрішньої енергії. Адіабатне розширення газу (при виході з посудини) супроводжується позитивною зовнішньою роботою, але при цьому внутрішня енергія зменшується і газ охолоджується. Навпаки, адіабатне стиснення газу призводить до здійснення негативної роботи, а значить, супроводжується його нагріванням.

При вибухах виділяється величезна кількість енергії. Відомо, що спочатку вся енергія зосереджена в джерелі у формі потенційної енергії. У момент вибуху вона переходить як у теплову та кінетичну енергію різних областей і фрагментів системи, так і в енергію випромінювання. Все це призводить до різних руйнувань будівель, обладнання, травм обслуговуючого персоналу і навіть їх загибелі, як показано в табл. 3.1.

Для оцінювання вибухових явищ газопароповітряних і пилоповітряних середовищ у замкнутому і відкритому просторах, а також для оцінювання фізичних вибухів різних середовищ і вибухів конденсованих вибухових речовин, слід використовувати спеціальні методики, про які буде сказано нижче.

**Таблиця 3.1**

**Гранично допустимий надлишковий тиск  $\Delta P$  при вибухах газо- пар- чи пилоповітряних сумішей у приміщеннях або на відкритому просторі, кПа**

Ступінь ураження	Надлишковий тиск D
Повне руйнування будівель	100
50% руйнування будівель	53
Середнє пошкодження будівель	28

Помірне пошкодження будівель (пошкодження внутрішніх перегородок, рам, дверей тощо)	12
Нижній поріг пошкодження людини хвилею тиску	5
Малі пошкодження (розбита частина скління)	3

Докладніше з процесами вибухів різних горючих речовин і самими вибухами можна познайомитися в навчальній літературі [36,39].

### 3.2. Основні параметри промислових вибухів

Вибухові процеси характеризуються досить великою кількістю різних параметрів вибухової речовини, продуктів вибуху і самого вибуху. До основних параметрів промислових вибухів, які зазвичай використовуються при аналізі можливих їх наслідків, зазвичай відносять такі:

$M$  – маса горючого газу, пари легкозаймистих і горючих рідин, пилу, які вийшли у приміщення або навколишнє середовище внаслідок порушення технологічного режиму або аварії, а також маса конденсованої вибухової речовини;

$Q_n^p$  – теплота згоряння горючої речовини;

$P_o, T_o$  – тиск і температура незбуреного навколишнього середовища, де відбувається вибух;

$P_{max}, T_{max}$  – створювані максимальні тиск і температура в епіцентрі вибуху;

$P_s$  – тиск у фронті вибухової (ударної) хвилі в заданій точці;

$r$  – відстань від епіцентру вибуху до заданої точки;

$i_+$  та  $i_-$  – позитивний і негативний питомі імпульси вибухової хвилі в заданій точці, що визначаються співвідношеннями:

$$i_+ = \int_0^{\tau_0} [P(\tau) - P_0] d\tau ; \quad i_- = \int_{\tau_0}^{\tau_p} [P_0 - P(\tau)] d\tau \quad (3.1)$$

$w$  – швидкість поширення вибухової хвилі в навколишньому просторі;

$P_d = \frac{\rho w^2}{2}$  – динамічний тиск, створюваний вибуховою хвилею;

$E$  – повне енерговиділення при вибуху або енергія вибуху;

$M_m$  – тротильовий еквівалент вибуху конденсованої вибухової речовини або парогазового середовища, кг.

Основними параметрами, що характеризують руйнівну здатність вибухової хвилі, є *надлишковий тиск та імпульс вибуху*.

Зміна надлишкового тиску в заданій точці показана на рис. 3.1.

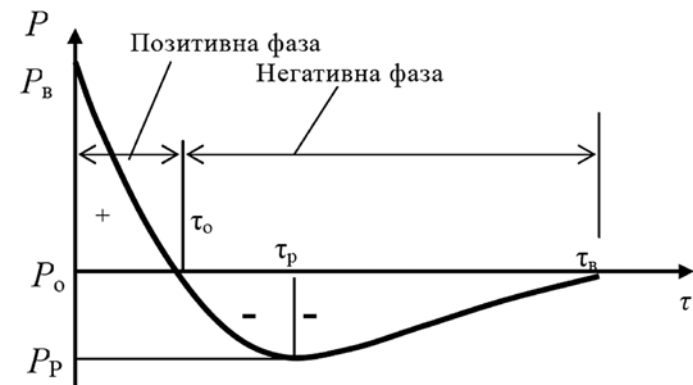


Рис. 3.1. Залежність параметрів ударної хвилі при вибуху парогазового середовища

У момент приходу вибухової хвилі в задану точку, де тиск навколишнього середовища  $P_o$ , тиск підвищується до максимального значення на фронті вибухової хвилі  $P_s$ . Далі, за час  $\tau_o$ , тиск знижується до тиску середовища в незбуреному стані  $P_o$ , а через час  $(\tau_p - \tau_o)$  досягає в зоні розрідження мінімального значення  $P_p$ . Потім тиск починає зростати і досягає значення  $P_o$  в момент часу  $\tau_s$ .

Область ударної хвилі, де тиск перевищує тиск навколишнього середовища, називається *позитивною фазою*, а тривалість її становить  $\tau_o$ . Інша область, де тиск нижче тиску навколишнього середовища, називається *негативною фа-*

зою, або фазою розрідження. Її амплітуда дорівнює різниці тисків ( $P_0 - P_p$ ), а тривалість ( $\tau_6 - \tau_0$ ).

У більшості випадків на практиці визначають параметри вибухової хвилі, пов'язані з позитивною фазою. Однак при вибухах судин зі стисненим газом параметри негативної фази досягають високих значень і тому необхідні для оцінки руйнівної здатності вибухової хвилі. Негативна фаза вибухової хвилі, що знову проходить через центр, призводить до взаємного накладання хвиль в локальних зонах, де і будуть спостерігатися підвищені значення позитивної амплітуди повторної вибухової хвилі.

В області позитивної фази використовуються додаткові параметри ударної хвилі, найважливішими з яких є:  $\rho$  – щільність газу за вибуховою хвилею;  $w_G$  – масова швидкість газу за хвилею та ін.

Аварії в промисловості можуть відбуватися з викидом горючих рідин, газів і пари у відкритий простір, приміщення і всередину технологічного обладнання. Утворення газопарової хмари може призвести до токсичного впливу на працівників, вибуху або пожежі. Такі вибухи відносять до хімічних.

### 3.3. Хімічні вибухи

#### 3.3.1. Визначення режиму вибухового перетворення хмари газоповітряної суміші у просторі

При прогнозуванні наслідків аварій на вибухонебезпечних об'єктах необхідно попередньо ідентифікувати найімовірніший режим вибухового перетворення (горіння) газопароповітряної хмари. Для цього зазвичай використовується спеціальна методика, що наведена в нормативних документах.

Усі горючі речовини в промисловості класифікують за ступенем чутливості. Парогазові суміші горючих речовин із повітрям за своїми вибухонебезпечними властивостями розділені на чотири класи, як показано в табл. 3.2.

Характер вибуху газопароповітряної хмари та його наслідки будуть визначатися також класифікацією простору й території, де цей вибух стався. Характер навколишнього простору в значній мірі визначає швидкість вибухового перетворення хмари суміші а отже, й параметри ударної хвилі. Геометричні характеристики навколишнього простору розділені на види відповідно до ступеня його захаращеності, як показано в табл. 3.3.

З урахуванням сказаного вище, клас очікуваного режиму вибухового перетворення горючої речовини, тобто діапазону швидкостей вибухового горіння, може бути визначений за допомогою експертної таблиці 3.4.

Таблиця 3.2

#### Класифікація деяких горючих речовин за ступенем їх чутливості

Клас 1	Клас 2	Клас 3	Клас 4
Особливо чутливі речовини	Чутливі речовини	Середньочутливі речовини	Слабочутливі речовини
Ацетилен	Акролеїн	Ацетальдегід	Аміак
Водень	Бутан	Ацетон	Бензол
Ізопропілнітрат	Бутилен	Бензин	Дизпаливо
Метилацетилен	Пропан	Гексан	Додекан
Нітрометан	Сірковуглець	Ізооктан	Гас
Окис етилену	Етан	Метилацетат	Метан
Етилнітрат	Етилен	Октан	Метилбензол
	Пропілен	Сірководень	Нафталін
		Метиловий спирт	Окис вуглецю
		Етиловий спирт	Фенол
			Діхлоретан

Таблиця 3.3

### Характеристика видів простору, що оточує місце вибуху

Вид	Характеристика захаращеності навколишнього простору
Вид 1	Наявність довгих труб, порожнин тощо, заповнених горючою сумішшю, при згорянні якої можливо очікувати формування турбулентних струменів продуктів згорання
Вид 2	Сильно захаращений простір: наявність напівзамкнутих об'ємів, висока щільність розміщення технологічного обладнання, ліс, велика кількість повторюваних перешкод
Вид 3	Помірно захаращений простір: технологічні установки, що стоять окремо, резервуарний парк
Вид 4	Слабо захаращений і вільний простір

Таблиця 3.4

### Експертна таблиця для визначення режиму вибухового перетворення

Клас горючої речовини	Вид оточуючого простору			
	1	2	3	4
	<i>Клас очікуваного режиму вибухового перетворення</i>			
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

За класом очікуваного режиму вибухового перетворення газопароповітряної суміші можна визначити діапазон швидкостей поширення фронту полум'я:

- діапазон 1: детонаційне горіння зі швидкістю фронту полум'я 500 м/с і більше;
- діапазон 2: дефлаграційне горіння зі швидкістю фронту полум'я від 300 до 500 м/с;
- діапазон 3: дефлаграційне горіння зі швидкістю фронту полум'я від 200 до 300 м/с;

- діапазон 4: дефлаграційне горіння зі швидкістю фронту полум'я 150-200 м/с;
- діапазон 5: дефлаграційне горіння зі швидкістю фронту полум'я  $w_r$ , яка визначається співвідношенням:

$$w_r = k_1 M_r^{1/6} \quad (3.2)$$

де  $M_r$  – маса горючої речовини в газопароповітряній суміші, кг;

$k_1$  – константа, що дорівнює 43.

- діапазон 6: дефлаграційне горіння зі швидкістю фронту полум'я  $w_r$ , що визначається співвідношенням:

$$w_r = k_2 M_r^{1/6} \quad (3.3)$$

де  $k_2$  – константа, що дорівнює 26.

**ПРИКЛАД.** Визначити режим вибухового перетворення для ацетону масою 100 кг і швидкість поширення полум'я при пожежі, якщо вибух відбувається у відкритому просторі.

#### Розв'язання.

1. За табл. 3.2 визначаємо, що ацетон відноситься до 3-го класу (середньочутливі речовини).
2. За табл. 3.3 визначаємо, що вільний простір, де відбувається вибух, характеризується видом 4.
3. За експертною таблицею 3.4 визначаємо клас очікуваного режиму вибухового перетворення – 5.
4. Встановлюємо, що 5-й клас очікуваного режиму вибухового перетворення відповідає 5-му діапазону швидкостей поширення фронту полум'я, отже горіння буде дефлаграційним, швидкість його знайдемо за формулою (3.2):

$$w_r = k_1 M_r^{1/6} = 43 \cdot 100^{1/6} = 93 \text{ м/с.}$$

#### 3.3.2. Розрахунок надлишкового тиску вибуху газопароповітряної суміші у приміщенні

У технологічних процесах через неправильні дії персоналу можуть виникати аварійні ситуації, коли в приміщенні

утворюється газопароповітряна вибухонебезпечна суміш. Це може статися через розгерметизацію обладнання, проливи легкозаймистих рідин або горючих речовин. У цьому випадку за варіант розвитку аварії приймається найгірший, який виглядає наступним чином:

- відбувається розгерметизація апарату;
- весь вміст апарата і з прилеглих трубопроводів надходить у приміщення;
- випаровування рідини відбувається протягом 1 години;
- відбувається займання газопароповітряної суміші, що утворилася.

Вільний об'єм приміщення  $V_0$ , де можуть зібратися гази або пара, визначають як різницю між геометричним об'ємом приміщення  $V_n$  і об'ємом  $V_{обн}$ , що його займає технологічне обладнання. За відсутності даних його приймають рівним 80% від геометричного об'єму приміщення ( $m^3$ ):

$$V_0 = 0,8V_n \quad (3.4)$$

З урахуванням вище сказаного надлишковий тиск  $\Delta P$ , *кПа*, що розвивається при згорянні газопароповітряних сумішей в приміщенні, можна розрахувати за формулою:

$$\Delta P = (P_{max} - P_0) \frac{M_r Z}{V_{вРГП}} \cdot \frac{100}{K_H \cdot C_{ст}} \quad (3.5)$$

де  $P_{max}$  – максимальний тиск в місці вибуху *стехіометричної* газопароповітряної суміші в замкнутому об'ємі, який визначається експериментально або за довідковими даними. За відсутності даних допускається приймати  $P_{max} = 900$  кПа;

### **NON MULTA, SED MULTUM**

**Стехіометричною** називають суміш, в якій кількісне співвідношення горючої речовини і окислювача відповідає рівнянню хімічної реакції горіння. При горінні такої суміші виділяється найбільша кількість тепла, швидкість горіння близька до максимальної, а склад продуктів горіння близький до рівноважного. В цьому випадку у складі продуктів горіння майже не утворюється продуктів неповного окислення і міститься еквівалентна кількість азоту.

$P_0$  – початковий тиск, кПа. При розрахунках допускається приймати його рівним атмосферному:  $P_0 = 101,3$  кПа;

$M_r$  – маса горючого газу або парів легкозаймистих і горючих рідин, що вийшли в приміщення в результаті порушення технологічного режиму або аварії, кг;

$Z$  – коефіцієнт участі парів не нагрітих горючих рідин у вибуху, який повинен бути розрахований на основі характеру розподілення газів і парів в об'ємі приміщення. При розрахунках допускається приймати значення  $Z$  за табл. 3.5;

$\rho_{en}$  – щільність газу або пари горючої речовини при розрахунковій температурі в приміщенні  $t_p$ ,  $кг/м^3$ , обчислюється за формулою:

$$\rho_{ГП} = \frac{\mu}{V_0(1+0,003677t_p)}, \quad (3.6)$$

де  $\mu$  – молярна маса горючої речовини, що вилілася і випарувалася,  $кг/кмоль$ ;

$V_0$  – молярний об'єм газопароповітряної суміші, рівний  $22,413$   $м^3/кмоль$ ;

$t_p$  – розрахункова температура в приміщенні,  $^{\circ}C$ . За 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 в аварійній ситуації. Якщо такого значення розрахункової температури з якихось причин визначити не вдається, допускається приймати  $t_p = 61$   $^{\circ}C$ ;

$C_{ст}$  – стехіометрична концентрація горючих газів або парів легкозаймистих і горючих рідин, %, за об'ємом приміщення, що обчислюється за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1+4,84\beta} \quad (3.7)$$

де  $\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_0}{2}$  – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згорання газопароповітряної суміші;

$n_c, n_H, n_x, n_0$  – число атомів вуглецю, водню, галогенів і кисню в молекулі горючої речовини;



$K_n$  – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення і неадабатичність процесу горіння газопароповітряної суміші. При розрахунках за відсутністю даних допускається приймати  $K_n = 3$ .

Знайдене за формулою (3.5) значення надлишкового тиску вибуху  $\Delta P$  для газопароповітряних сумішей порівнюють з гранично допустимим тиском для будівель, конструкцій і людини, наведеним у табл. 3.1.

Таблиця 3.5

### Значення коефіцієнта участі горючої речовини у вибуху

Вид горючої речовини	Z
Водень	1
Горючі гази (окрім водню)	0,5
Горючі і легкозаймісті рідини, нагріті до температури спалаху і вище	0,3
Горючі і легкозаймісті рідини, нагріті нижче температури спалаху, за наявності можливості утворення аерозолі	0,3
Горючі і легкозаймісті рідини, нагріті нижче температури спалаху, за відсутності можливості утворення аерозолі	0

#### ПРИКЛАД.

В результаті аварії в цех розмірами 6×5×2,5 м потрапило  $M_r = 2,5$  кг горючого газу метану. Розрахувати надлишковий тиск, що розвивається під час вибуху газоповітряного середовища у приміщенні цеху.

#### Розв'язання.

Для розрахунку надлишкового тиску скористаємося формулою (3.5):

$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{M_r Z}{V_B \rho_{гп}} \cdot \frac{100}{K_n \cdot C_{ст}}$$

Спочатку визначимо складові цієї формули.

1. Максимальний тиск в місці вибуху за відсутності даних приймаємо  $P_{\max} = 900$  кПа.

2. Початковий тиск приймаємо рівним атмосферному:  $P_0 = 101,3$  кПа.
3. Вільний об'єм приміщення, де може зібратися вибухова суміш, за відсутності даних приймаємо 80% від геометричного об'єму приміщення:  $V_0 = 0,8 \cdot 5 \cdot 6 \cdot 2,5 = 60$  м<sup>3</sup>.
4. Коефіцієнт Z участі парів не нагрітих горючих рідин у вибуху приймаємо за табл. 3.5 рівним 0,5.
5. Коефіцієнт  $K_n$ , що враховує негерметичність приміщення і неадабатичність процесу горіння газопароповітряної суміші, за відсутністю даних приймаємо рівним 3.
6. Для обчислення щільності газоповітряної суміші  $\rho_{гп}$  за формулою (3.6) приймемо розрахункову температуру в приміщенні  $t_p = 61^\circ\text{C}$ , молярну масу метану  $\text{CH}_4$   $\mu = 12+4 = 16$  г/моль (або 16 кг/кмоль), а молярний об'єм газопароповітряної суміші  $V_0 = 22,413$  м<sup>3</sup>/кмоль.

$$\text{Тоді } \rho_{гп} = \frac{\mu}{V_0(1+0,003677 t_p)} = \frac{16}{22,413(1+0,003677 \cdot 61)} = 0,707 \text{ кг/м}^3.$$

7. Для обчислення стехіометричної концентрації горючих газів  $C_{ст}$  за формулою (3.7) визначимо спочатку стехіометричний коефіцієнт кисню  $\beta$  в реакції згорання газопароповітряної суміші:

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_x}{4} - \frac{n_0}{2} = 1 + \frac{4-0}{4} - \frac{0}{2} = 2.$$

Тоді за формулою (3.7):

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84\beta} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 2} = 9,36.$$

8. Користуючись формулою (3.5), розраховуємо надлишковий тиск:
 
$$\Delta P = (P_{\max} - P_0) \frac{M_r Z}{V_B \rho_{гп}} \cdot \frac{100}{K_n \cdot C_{ст}} = (900 - 101,3) \frac{2,5 \cdot 0,5}{60 \cdot 0,707} \cdot \frac{100}{3 \cdot 9,36} = 84 \text{ кПа}.$$
9. Порівнюючи одержане значення  $\Delta P$  з величинами тисків, наведеними в таблиці 3.1, робимо висновок, що в результаті вибуху 2,5 кг метану в приміщенні будівля одержить сильні руйнування.

Зазначимо, що викладена методика справедлива тільки для вибухів газопароповітряних сумішей всередині приміщень. При вибуху у відкритому просторі, або вибуху пилоповітряної хмари, повинні застосовуватися інші методики розрахунку.

### 3.4. Фізичні вибухи: розрахунок параметрів вибуху BLEVE

У виробничих технологіях часто доводиться умисно стискати як інертні, так і горючі гази, витрачаючи при цьому електричну, теплову або інші види енергії. При цьому стиснений газ (пар) знаходиться в герметичних апаратах різних геометричних форм і обсягів, і має поряд з цим великий запас потенційної енергії. Розгерметизація апарату веде до вивільнення його потенційної енергії і вибуху. Внаслідок цього виникають сильні ударні хвилі, утворюється велика кількість осколків, що призводить до серйозних руйнувань і травм обслуговуючого персоналу.

Може статися ситуація, коли герметичний резервуар опиняється в осередку пожежі. В цьому випадку відбувається нагрівання його вмісту до температури, що істотно перевищує нормальну температуру кипіння, з відповідним підвищенням тиску. За рахунок нагріву незмочених стінок посудини зменшується межа міцності їх матеріалу, в результаті чого за певних умов виявляється можливим розрив резервуара з виникненням хвиль тиску і утворенням «вогняної кулі».

Розрив резервуара в осередку пожежі з утворенням хвиль тиску отримав у світовій практиці назву BLEVE (*Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion* – вибух пари, що розширюється, закипаючої рідини).

Можливість виникнення вибуху BLEVE для конкретної речовини, що зберігається в замкнутій ємності, залежить від багатьох параметрів. На першому етапі розрахунку визначається можливість виникнення при пожежі вибуху BLEVE, для чого визначається параметр  $\delta$  за формулою:

$$\delta = \frac{C_p}{Q_{\text{вип}}} (T_n - T_{\text{кип}}), \quad (3.8)$$

де  $C_p$  – питома теплоємність рідини в ємності, кДж/(кг·К);  
 $T_n$  – температура рідини, що відповідає температурі насиченої пари при тиску спрацьовування встановленого запобіжного клапана, К;

$T_{\text{кип}}$  – температура кипіння рідини при атмосферному (нормальному) тиску, К;

$Q_{\text{вип}}$  – питома теплота випаровування рідини при температурі кипіння  $T_{\text{кип}}$ , кДж/кг.

Значення теплоти випаровування, температури кипіння і питомої теплоємності середовища в рідкій фазі при нормальному тиску наводяться в довідниках, або ж вони можуть бути взяті для деяких речовин за табл. 3.6.

Якщо в результаті розрахунку отримуємо, що  $\delta < 0,35$ , вибуху BLEVE не відбувається. В іншому випадку, при  $\delta \geq 0,35$ , ймовірність виникнення даного явища велика.

При руйнуванні стінок посудини з перегрітою рідиною тиск різко падає – від тиску в посудині  $P$  (або тиску спрацьовування запобіжного клапана) до атмосферного тиску  $P_0$ . У результаті відбувається адіабатичне розширення середовища. Перегріта рідина починає різко випаровуватися з переходом у пару і з утворенням її у великій кількості, що викликає хвилю тиску. Параметрами хвилі тиску, що утворюється при вибуху BLEVE, є надлишковий тиск  $\Delta P_v$  позитивній фазі хвилі тиску і безрозмірний імпульс  $i_+$  позитивної фази хвилі. Надлишковий тиск може бути знайдений за формулою М.О. Садовського:

$$\Delta P = P_0 \left( 0,8 \frac{M_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{пр}}}{r^3} \right), \quad (3.9)$$

Імпульс хвилі тиску знаходиться через приведену масу за формулою

$$i_+ = 123 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r}. \quad (3.10)$$

де  $P_0$  – атмосферний тиск, кПа. При розрахунках допускається приймати  $P_0 = 101,3 \text{ кПа}$ ;

$r$  – відстань від геометричного центру газопароповітряної хмари до об'єкта, що розглядається м.

Таблиця 3.6  
Теплофізичні властивості речовин при тиску 101,3 кПа

Речовина	Формула	Темпе- ратура кипіння, $T_{\text{кип}}, \text{K}$	Теплота випарову- вання, $Q_{\text{вип}},$ $\text{kJ/kg}$	Питома те- плоємність рідкої фази $C_p,$ $\text{kJ/(kg}\cdot\text{K)}$	Константи рівняння Антуана		
					A	B	$C_A$
Ацетальдегід	$C_2H_4O$	293,3	584	2,180	7,18246	1287,625	161,330
Ацетон	$C_3H_6O$	329,3	525	2,491	7,25058	1281,721	237,088
Бензол	$C_6H_6$	353,3	394	1,674	6,98426	1252,776	225,178
Гексан	$C_6H_{14}$	341,9	332	2,262	6,87024	1166,274	223,661
Гептан	$C_7H_{16}$	371,6	316	2,180	6,95154	1295,405	219,819
Диетилефір	$C_4H_{10}O$	307,7	384	2,320	6,99790	1098,945	232,372
Ізобутан	$C_4H_{10}$	261,5	366	2,240	5,95318	916,054	243,783
Ізопентан	$C_5H_{12}$	300,9	342	1,647	6,79306	1022,551	233,493
Ізопропілбензол	$C_9H_{12}$	370,3	316	1,717	6,93773	1460,668	207,652
Метилловий спирт	$CH_3O$	337,7	1100	2,547	8,22777	1660,454	245,818
п-Пентан	$C_5H_{12}$	282,7	315	1,670	6,84715	1062,555	231,805
н-Бутан	$C_4H_{10}$	272,6	385	2,240	6,00525	968,098	242,555
н-Пентан	$C_5H_{12}$	309,3	357	2,670	5,97208	1062,555	231,805
н-Пропіловий спирт	$C_3H_8O$	370,3	750	0,766	8,31708	1751,981	225,125
Пропілен	$C_3H_6$	225,5	438	2,430	5,94852	786,532	247,243
Толуол	$C_7H_8$	383,6	412	1,138	6,0507	1328,171	217,713
Оцтова кислота	$C_2H_4O_2$	391	406	2,010	7,79545	1789,908	245,908
Хлорбензол	$C_6H_5Cl$	404,8	313	1,221	7,26112	1607,316	235,351
Циклогексан	$C_6H_{12}$	353	358	1,859	6,64788	1095,531	210,064
Етиловий спирт	$C_2H_6O$	351,5	840	2,428	8,68665	1918,508	252,125

### NON MULTA, SED MULTUM

**Михайло Олександрович Садовський** (1904–1994) – радянський геофізик-сейсмолог, спеціаліст з фізики вибуху, перший науковий директор Семіпалатинського полігону. Учасник створення радянської атомної бомби. Член-кореспондент (1953), дійсний член АН СРСР (1996), з 1991 року – РАН. Більш як 30 років М.О. Садовський керував Інститутом фізики Землі АН СРСР, потім з 1989 року був його почесним директором. Чотириразовий лауреат Сталінської премії (1948, 1949, 1951, 1953), лауреат Ленінської премії (1962), Герой Соціалістичної праці (1949).

Приведену масу рідкої фази речовини  $M_{\text{пр}}$ , кг, у формулах (3.9) і (3.10), яка бере участь у вибуху, визначають за формулою

$$M_{\text{пр}} = \frac{Q_A}{Q_0}, \quad (3.11)$$

де  $Q_A$  – теплова енергія, що виділяється при адіабатному розширенні рідини, що знаходиться в резервуарі, кДж;

$Q_0$  – константа, що дорівнює  $4,52 \cdot 10^3$  кДж/кг.

Величину енергії, що виділяється при вибуху, кДж, можна розрахувати за формулою

$$Q_A = C_{\text{ЕФ}} M_{\text{ж}} (T - T_{\text{кип}}), \quad (3.12)$$

де  $M_{\text{ж}}$  – маса рідини в резервуарі, кг;

$C_{\text{ЕФ}}$  – константа, що дорівнює  $0,5$  кДж/(кг · К);

$T$  – температура речовини в резервуарі в момент його вибуху, К;

$T_{\text{кип}}$  – температура кипіння рідини при атмосферному тиску, К.

За наявності в резервуарі встановленого запобіжного клапана температуру речовини  $T_n$ , К, допускається розраховувати за формулою:

$$T_n = \frac{B}{A - \lg P_k} - C_A + 273,15, \quad (3.13)$$

де  $A$ ,  $B$ ,  $C_A$  – константи рівняння Антуана для даної речовини, які наведені в табл. 3.6;

$P_k$  – тиск спрацювання запобіжного клапана, кПа. Константа  $A$  повинна відповідати тиску, вираженому в кПа.

#### ПРИКЛАД.

При пожежі в цеху в зоні осередку горіння виявився балон, в якому знаходилося 24 кг бензолу. В результаті нагрівання оболонка балона не витримала і зруйнувалася. Бензол випарувався, і його пара вибухнула. Температура пари бензолу в момент вибуху склала 500 К. Визначити, чи належить даний вибух до вибуху BLEVE? Який надлишковий тиск в позитивній фазі хвилі тиску створився на відстані 10 м від балона?

#### Розв'язання.

1. Визначимо, чи відноситься даний вибух до вибуху BLEVE, для чого знайдемо параметр  $\delta$  за формулою (3.8):

$$\delta = \frac{C_p}{Q_{\text{вип}}} (T_H - T_{\text{кип}}) = \frac{1,674}{394} (500 - 353,3) = 0,623 ,$$

де  $C_p = 1,674$  кДж/(кг·К),  $T_{\text{кип}} = 353,3$  К і  $Q_{\text{вип}} = 394$  кДж/кг взяті з табл. 3.6 для бензолу при атмосферному тиску.

Оскільки параметр  $\delta = 0,623 > 0,35$ , то станеться вибух BLEVE.

2. Визначимо значення енергії, кДж, що виділяється при вибуху, за формулою (3.12):

$$Q_A = 0,5 \cdot 24 (500 - 353,3) = 1766 ,$$

де у відповідності з вихідними даними і рекомендаціями, наведеними вище, прийнято:  $M_{\text{ж}} = 24$  кг;  $C_{\text{Еф}} = 0,5$  кДж/(кг·К);  $T = 500$  К.

3. Приведену масу бензолу, що бере участь у вибуху, кг, визначимо за формулою (3.11):

$$M_{\text{пр}} = \frac{Q_A}{Q_0} = \frac{1766}{4520} = 0,391.$$

4. Знайдемо за формулою (3.9) надлишковий тиск в позитивній фазі хвилі тиску, кПа, який утворився на відстані 10 м від балона в момент його вибуху:

$$\Delta P = P_0 \left( 0,8 \frac{M_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{M_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{M_{\text{пр}}}{r^3} \right) = 101,3 \left( 0,8 \frac{0,391^{0,33}}{10} + 3 \frac{0,391^{0,66}}{10^2} + 5 \frac{0,391}{10^3} \right) = 7,78.$$



#### Питання для самоконтролю

1. Розкрийте зміст поняття «вибух». Які види вибухів Вам відомі?
2. В чому різниця між хімічним та фізичним вибухом?
3. Поясніть принципи використання керованих вибухів.
4. В чому відмінності вибуху пилу, аерозолів та вибухонебезпечних газів?
5. Чим відрізняється дефлаграційне горіння від детонаційного?
6. Назвіть величину гранично допустимого надлишкового тиску  $\Delta P$  при вибухах газо-, паро- чи пилоповітряних сумішей, при якому відбувається повне руйнування будівлі.
7. Перерахуйте основні параметри промислових вибухів.
8. Поясніть методику прогнозування наслідків аварій на вибухонебезпечних об'єктах.
9. Які вихідні дані входять до формули М.О. Садовського для визначення надлишкового тиску  $\Delta P$  вибуху?
10. Поясніть методику розрахунку вибуху BLEVE.

## ТЕМА 4. АВАРІЇ НА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ: ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН РУЙНУВАНЬ

### 4.1. Розрахунок маси речовини, що бере участь у вибуху



Наслідки вибухів визначаються в першу чергу масою речовини, що бере участь у вибуху, та її характеристиками. Маса горючої речовини, що бере участь у вибуху, може використовуватися при виборі основних напрямків технічних заходів щодо захисту об'єктів та персоналу від впливу вибуху парогазових середовищ, а також твердих і рідких хімічно нестабільних сполук (перекисні сполуки, ацетиленід, нітросполуки різних класів, продукти осмолення, трихлористий азот та ін.), які здатні вибухати.

В основу визначення маси речовини покладена нормативна методика, що заснована на результатах досліджень великомасштабних вибухів на промислових об'єктах і експериментальних вибухів. Розрахунок дає орієнтовні значення маси речовини, що бере участь у вибуху. При цьому прийняті такі умови і припущення: у розрахунках приймаються загальні приведені маси парогазових середовищ  $M$  і відповідні їм енергетичні потенціали  $E$ , отримані при кількісній оцінці вибухонебезпечності технологічних блоків.

Для конкретних реальних умов значення  $M$  і  $E$  можуть визначатися іншими методами з урахуванням ефекту розпошення горючої рідини в атмосфері під впливом внутрішньої і зовнішньої енергії, характеру розкриття технологічної системи, швидкості витікання пального продукту в атмосферу та інших можливих чинників.

Маса твердих і рідких хімічно нестабільних сполук  $M_{НС}$  визначається досить просто за їх вмістом у технологічній системі (блоці, апараті).

Масу парогазових речовин  $M_{ПГ}$ , кг, що беруть участь у вибуху, визначити досить складно, тому спрощено вона знаходиться за таким співвідношенням:

$$M_{ПГ} = Z \cdot M, \quad (4.1)$$

де  $Z$  – частка приведеної маси парогазових речовин, що беруть участь у вибуху;  $M$  – загальна маса горючих парогазових речовин, кг.

У загальному випадку для неорганізованих парогазових хмар в незамкненому (відкритому) просторі з великою масою горючих речовин частка участі їх у вибуху  $Z$  може прийматися рівною 0,1.

В окремих обґрунтованих випадках частка речовин, що беруть участь у вибуху, може бути знижена, але не менше ніж до 0,02. Для виробничих приміщень (будівель) та інших замкнутих об'ємів значення  $Z$  можуть прийматися відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

#### Значення $Z$ для замкнутих об'ємів (приміщень)

Вид горючої речовини	$Z$
Водень	1,0
Горючі гази (ГГ)	0,5
Пари легкозаймистих рідин (ЛЗР) та горючих рідин (ГР)	0,3

Ініціація вибуху може мати різні джерела займання: постійні (відкритий вогонь, печі, факели, невибухозахищена електроапаратура, проведення вогневих та електрогазозварювальних робіт тощо), або випадкові (тимчасові вогневі роботи, транспортні засоби, блискавка, іскра, гаряча поверхня тощо).

#### ПРИКЛАД.

Визначити масу парогазових речовин, що беруть участь у вибуху, якщо відомо:

- вид горючої речовини – ізобутан (ГГ); загальна маса горючого парогазового середовища  $M$  – 50 кг; місце, де відбуваються вибухові перетворення – відкритий простір;



- 2) вид горючої речовини – н-Пентан (ЛЗР); загальна маса горючого парогазового середовища  $M$  – 10 кг; місце, де відбуваються вибухові перетворення – виробниче приміщення.

#### Розв'язання.

- Оскільки ізобутан в суміші з повітрям вибухає у відкритому просторі, масу парогазової суміші  $M_{пр}$ , що бере участь у вибуху, визначаємо спрощено за формулою (4.1). Частку  $Z$  приймаємо рівною 0,1.
- Тоді  $M_{пр} = 0,1 \cdot 50 = 5$  кг. У випадку вибуху парогазової суміші н-Пентану для визначення  $M_{пр}$  слід скористатися таблицею 4.1, оскільки за умовою задачі вибух відбувається у замкненому об'ємі (приміщенні). Для парів ЛЗР величину  $Z$  приймаємо 0,3. Тоді за формулою (4.1)  $M_{пр} = 0,3 \cdot 10 = 3$  кг.

#### 4.2. Оцінка рівня впливу вибуху за тротиловим еквівалентом

Для оцінки рівня впливу вибуху на об'єкти необхідно знати масу речовини, що вибухнула. Однак кожна вибухова речовина має різні характеристики. Щоб зробити підхід до оцінки наслідків різних вибухів єдиним, прийнято це робити через тротиловий еквівалент. Тротиловий еквівалент являє собою таку масу тротилу  $M_T$ , при вибуху якої виділяється стільки ж енергії, скільки її виділиться при вибуху заданої кількості конкретного пального або вибухової речовини. Значення тритилового еквівалента, кг, визначається для конденсованих вибухових речовин за співвідношенням:

$$M_T = k_1 \cdot M_{BP}, \quad (4.2)$$

де  $M_{BP}$  – маса конденсованої вибухової речовини, кг;

$k_1$  – коефіцієнт приведення даної вибухової речовини до тротилу, який може бути прийнятий за табл. 4.2.

Таблиця 4.2

#### Значення коефіцієнта приведення конденсованих ВР до тротилу $k_1$

Конденсована вибухова речовина	Коефіцієнт приведення $k_1$
Тротил (тринітротолуол)	1,00
Тритонал	1,53
Гексоген	1,30
ТЕН (тетранітропентаерітрит)	1,39
Аммонал	0,99
Порох	0,66
ТНР (тринітрорезорцинат свинця)	0,39
Тетрил	1,15

Тротиловий еквівалент вибуху парогазового середовища  $M_T$ , кг, що визначається за умовами адекватності характеру і ступеня руйнування при вибухах парогазових хмар, а також твердих і рідких хімічно нестабільних сполук, може бути розрахований за такими формулами:

- 1) для парогазових середовищ

$$M_T = \frac{0,4Q_n}{0,9Q_T} M_{ПГ}, \quad (4.3)$$

де 0,4 – частка енергії вибуху парогазового середовища, що витрачається безпосередньо на формування ударної хвилі;

0,9 – частка енергії вибуху ТНТ, що витрачається безпосередньо на формування ударної хвилі;

$Q_n$  – нижча теплота згоряння горючого середовища, що вибухає, кДж/кг;

$Q_T$  – питома енергія вибуху ТНТ, кДж/кг. При розрахунках її приймають  $Q_T = 4520$  кДж/кг;

$M_{ПГ}$  – маса парогазових речовин, що беруть участь у вибуху, кг; визначають за формулою (4.1);

- 2) для твердих і рідких хімічно нестабільних вибухонебезпечних сполук

$$M_T = \frac{Q_{НС}}{Q_T} M_{НС}, \quad (4.4)$$

де  $M_{HC}$  – маса твердих і рідких хімічно нестабільних сполук, кг;

$Q_{HC}$  – питома енергія вибуху твердих і рідких хімічно нестабільних сполук, кДж/кг.

### NON MULTA, SED MULTUM

**Тринітротолуол** (ТНТ, тротил, тол) – хімічна речовина з формулою  $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ . Це тверда речовина жовтого кольору, що використовується в хімії у якості реактиву, але найбільш відома як потужний вибуховий матеріал із зручними для використання властивостями. Бомба, зроблена з ТНТ, розглядається як стандартна міра сили вибуху інших вибухових речовин. Через токсичність продуктів вибуху, в США, приміром, тротил в промисловості і гірській справі не застосовують із початку 1990-х. Тринітротолуол був отриманий в 1863 році німецьким хіміком Юліусом Вільбрандом.

Сама по собі енергія вибухової речовини невелика. При вибуху 1 кг тротилу виділяється в 6...8 разів менше енергії, ніж при згорянні 1 кг вугілля, але ця енергія при вибуху виділяється в десятки мільйонів разів швидше, ніж при звичайних процесах горіння. Крім того, вугілля не містить окислювача.

Вирази (4.1)...(4.4) складені для вибуху, при якому ударна хвиля поширюється на усі сторони від точки вибуху безперешкодно, тобто у вигляді сфери. Дуже часто на практиці вибух, особливо конденсованих вибухових речовин, відбувається на деякій поверхні, наприклад на землі. При цьому ударна хвиля поширюється в повітрі у вигляді напівсфери. Вся енергія, що виділилася при вибуху, поширюється в усі сторони в межах напівсфери і, отже, значення маси речовини, що вибухає, начебто подвоюється (в певних випадках можна говорити про складання прямої і відбитої хвилі).

Для вибуху на не абсолютно твердій поверхні, наприклад на ґрунті, частина енергії витрачається на утворення воронки. Врахування цієї витрати виконується за допомогою коефіцієнта  $k_2$ , значення якого наведені в табл. 4.3. Чим менше підстилаюча поверхня дозволяє витратити енергію на утворення воронки, тим ближче значення коефіцієнта

$k_2$  до 1. Інший граничний випадок відповідає ситуації, коли підстилаюча поверхня безперешкодно пропускає енергію вибуху, наприклад, при вибуху в повітрі. У цьому випадку значення коефіцієнта  $k_2$  дорівнює 0,5.

Таблиця 4.3

### Значення коефіцієнта $k_2$ , що враховує характер підстилаючої поверхні

Поверхня	Коефіцієнт $k_2$
Метал	1,0
Бетон	0,95
Асфальт	0,9
Дерево	0,8
Ґрунт	0,6

З урахуванням викладеного вище і формули (4.2), значення  $M_T$  в загальному випадку, коли вибух конденсованої вибухової речовини відбувається на поверхні, може бути визначено за формулою:

$$M_T = 2k_1 \cdot k_2 \cdot M_{BP} \quad (4.5)$$

#### ПРИКЛАД.

На поверхні землі у відкритий простір стався вибух 2 кг конденсованої вибухової речовини *гексогену*. Визначити тротиловий еквівалент вибуху.

#### Розв'язання.

1. Тротиловий еквівалент для вибуху конденсованої вибухової речовини може бути визначений за формулою (4.5) з урахуванням пояснень, зроблених для формул (4.1)... (4.4).
2. Знаходимо за табл. 4.2 для гексогену  $k_1 = 1,3$ ; за табл. 4.3 для підстилаючої поверхні з ґрунту  $k_2 = 0,6$ .
3. Тоді маса тротилового еквіваленту становитиме, кг:

$$M_T = 2k_1 \cdot k_2 \cdot M_{BP} = 2 \cdot 1,3 \cdot 0,6 \cdot 2 = 3,12.$$

### 4.3. Визначення радіусів зон руйнувань при вибухах

Вибухи, що відбуваються на виробництві, призводять до руйнування будівель, споруд, обладнання та травмування людей. Тому важливо знати заздалегідь, до яких руйнувань може призвести можливий вибух. При вибуху газопароповітряного середовища зоною руйнування вважається площа з межею, яка визначається радіусом  $R$ , центром якого є технологічний блок, що розглядається, об'єкт або епіцентр вибуху. Межі кожної зони характеризуються значеннями надлишкових тисків у фронті ударної хвилі  $\Delta P$  і відповідно безрозмірним коефіцієнтом  $K$ , що характеризує вплив ударної хвилі вибуху на об'єкт. Класи зон можливих руйнувань при вибуху хмар паливно-повітряної суміші в приміщенні і коефіцієнти  $K$ , залежно від створюваного надлишкового тиску  $\Delta P$ , представлені в табл. 4.4. Дана таблиця використовується для знаходження розмірів зон можливих руйнувань від вибухової хвилі, і, знаючи характеристику зони ураження, можна визначити надлишковий тиск у вибуховій хвилі і масу вибухової речовини, яка брала участь у вибуху.

Таблиця 4.4

#### Рівень можливих руйнувань при вибуховому перетворенні хмар паливоповітряних сумішей

Клас зони руйнування	Надлишковий тиск $\Delta P$ , кПа	Коефіцієнт $K$	Зона руйнувань	Характеристика зони ураження
1	$\geq 100$	3,8	Повних	Руйнування і обвалення всіх елементів будівель і споруд, включаючи підвали, відсоток виживання людей: <ul style="list-style-type: none"> <li>для адміністративно-побутових будівель та</li> </ul>

1	$\geq 100$	3,8	Повних	будівель управління звичайного виконання – 30%; <ul style="list-style-type: none"> <li>для виробничих будівель і споруд звичайного виконання – 0%</li> </ul>
2	70	5,6	Сильних	Руйнування частини стін і перекриттів верхніх поверхів, утворення тріщин в стінах, деформація перекриттів нижніх поверхів. Можливо обмежене використання підвалів, що збереглися, після розчищення входів. Відсоток виживання людей: <ul style="list-style-type: none"> <li>для адміністративно-побутових будівель та будівель управління звичайного виконання – 85%;</li> <li>для виробничих будівель і споруд звичайного виконання – 2%.</li> </ul>
3	28	9,6	Середніх	Руйнування головним чином другорядних елементів (дахів, перегородок і дверних заповнень). Перекриття, як правило, не обвалюються. Частина приміщень придатна для використання після розчищення уламків і виконання ремонту. Відсоток виживання людей: для адміністративно-побутових будівель та будівель управління звичайного виконання – 94%.

4	14	28	Слабких	<p>Руйнування віконних і дверних заповнень і перегородок. Підвали і нижні поверхи повністю зберігаються і придатні для тимчасового використання після прибирання сміття і закладення прорізів. Відсоток виживання людей:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• для адміністративно-побутових будівель та будівель управління звичайного виконання – 98%;</li> <li>• для виробничих будівель і споруд звичайного виконання – 90%.</li> </ul>
5	≤ 2	56	Руйнування скляних заповнень	Руйнування скляних заповнень. Відсоток людей, що вижили – 100%.

Радіуси  $R$ , м, зон можливих уражень в загальному вигляді можуть бути визначені за формулами:

при  $M \leq 5000$  кг

$$R = K \frac{\sqrt[3]{M_T}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{M_T}\right)^2\right]^{1/6}}, \quad (4.6)$$

при  $M \geq 5000$  кг

$$R = \sqrt[3]{M_T}, \quad (4.7)$$

де  $M$  – маса парогазового середовища, що бере участь у вибуху, кг;

$K$  – безрозмірний коефіцієнт, що характеризує вплив вибуху на об'єкт і визначається за табл. 4.4;

$M_T$  – тротиловий еквівалент вибуху, кг, що розраховується за формулами (4.2)... (4.4).

За рівнем викликаних вибуховою хвилею руйнувань з використанням табл. 4.4 можна розрахувати масу вибухової речовини у тротиловому еквіваленті, що брала участь у вибуху. Або навпаки, знаючи масу вибухової речовини у тротиловому еквіваленті, яка може брати участь у вибуху, можна розрахувати розмір кожної зони з певною характеристикою ураження.

#### ПРИКЛАД.

Визначити максимальну відстань від центру вибуху парів ізобутилового спирту у виробничому цеху, при якому людина тимчасово втратить слух. Маса спирту, що вибухнув, становить  $M = 10$  кг. Тимчасова втрата слуху у людини спостерігається при надмірному тиску ударної хвилі  $\Delta P \geq 2$  кПа.

#### Розв'язання.

1. Розрахуємо за формулою (4.3), з урахуванням формули (4.1), тротиловий еквівалент вибуху в повітрі парів ізобутилового спирту, кг,

$$M_T = \frac{0,4 \cdot 36743}{0,9 \cdot 4520} 0,3 \cdot 10 = 10,8,$$

де прийнято:

- для ізобутилового спирту теплота згоряння  $Q_H = 36743$  кДж/кг (довідкова величина);
  - частка приведеної маси парогазових речовин  $Z$ , що беруть участь у вибуху, для виробничого приміщення прийнята, за табл. 4.1, рівною 0,3.
2. Оскільки маса парогазової суміші не перевищує 5000 кг, то розрахунок радіусу зони, де людина тимчасово при вибуху втратить слух, можна визначити за формулою (4.6). При цьому безрозмірний коефіцієнт  $K$ , що характеризує вплив хвилі вибуху на об'єкт, приймається відповідно до значення надлишкового тиску в ударній хвилі  $\Delta P \leq 2$  кПа і табл. 4.4, рівним 56. Тоді радіус зони, м, складе:

$$R = 56 \frac{\sqrt[3]{10,8}}{\left[1 + \left(\frac{3180}{10,8}\right)^2\right]^{1/6}} = 27,2.$$

**Висновок.** При перебуванні людини в зоні можливого вибуху з радіусом ураження 27,2 м існує велика ймовірність тимчасової втрати нею слуху. При вибуху відбудеться руйнування скляного заповнення віконних прорізів і незначне пошкодження обладнання.

#### 4.4. Загальний підхід до визначення ймовірності ураження

Одна і та ж міра впливу, тобто одне і теж значення уражаючого параметра може викликати наслідки різного ступеня тяжкості у різних людей. Отже, ефект ураження носить імовірнісний характер, який до того ж підпорядковується закону нормального розподілу випадкової величини. Величина ураження ( $P_{yp}$ ) вимірюється в частках від одиниці, або у процентах і виражається, як правило, функцією Гауса (функцією нормального розподілу випадкової величини), що записується у вигляді:

$$P_{yp} = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} e^{-0,5t^2} dt. \quad (4.8)$$

В цьому виразі верхня межа інтегральної функції ( $P_r$ ) є так званою пробіт-функцією [9]. Вона відображає зв'язок між імовірністю ураження і уражаючим ефектом.

#### *NON MULTA, SED MULTUM*

**Імовірнісний підхід** – загально визнаний сучасною наукою принцип аналізу безпеки технічних систем, який базується на оцінці ймовірності прояву небезпечної події у певному місці протягом обмеженого інтервалу часу.

**Пробіт-аналіз** – спеціальний статистичний метод, який широко використовується при вивченні сили дії пошкоджуючих факторів (випромінювань, отрути, пестицидів тощо) на біологічні об'єкти. Ідея пробіт-аналізу належить Честеру Блиску (*Chester Ittner Bliss*, 1899–1979). В його статті «The method of probits» журналу *Science* (1934 р.) йдеться про використання імовірнісного блоку *probability unit (probit)* при інтерпретації даних щодо впливу дози пестицидів на процент знищених шкідників. Починаючи з цієї роботи метод пробіт-аналізу став особливо популярним у токсикології, хоча використовується і в інших галузях науки.

**Пробіт-модель (probit model)** – це статистична модель бінарного вибору, що використовується для передбачення ймовірності виникнення тієї чи іншої події на основі функції стандартного нормального розподілу. При цьому розрахункове значення залежної змінної виражається як значення функції розподілу стандартного нормального закону, а «пробітом» є значення, для якого обчислюється ця функція стандартного нормального закону розподілу. Отже, у пробіт-моделі перш ніж визначити ймовірність результату впливу пошкоджуючих факторів на людину чи середовище (загибель, руйнування тощо), необхідно спочатку визначити значення пробіт-функції, яка моделюється як лінійна комбінація тих чи інших уражаючих факторів (включаючи константу).

Пробіт-функція може бути обчислена за рівнянням виду:

$$Pr = a + b_x \cdot \ln(X), \quad (4.9)$$

де  $a$ ,  $b$  – константи для кожної речовини чи процесу, що характеризують специфіку і міру небезпеки його впливу;

$X$  – поглинена суб'єктом доза негативного впливу.

Для ймовірності смертельного ураження при **термічних впливах** наслідком  $X$  буде добуток інтенсивності випромінювання на тривалість теплового імпульсу:

$$X = q^{4/3} \cdot \tau \cdot 10^{-4} \quad (4.10)$$

де  $q$  – діючий на людину тепловий потік ( $[Дж/м^2 \cdot с] = [Вт/м^2]$ );

$\tau$  – тривалість впливу (с).

Пробіт-функція для таких уражень буде визначатися такою формулою:

$$Pr = 14,5 + 2,56 \cdot \ln(q^{4/3} \cdot \tau \cdot 10^{-4}). \quad (4.11)$$

Для визначення ймовірності тих чи інших наслідків від **імпульсних уражень** (прямого впливу на людей надлишкового тиску  $\Delta P$  та імпульсу  $I_+$ ) використовують інші пробіт-функції (табл. 4.5):



Таблиця 4.5

**Вирази пробіт-функції  $P_r$  для різних ступенів ураження та руйнування**

Ступінь ураження (руйнування)	Пробіт-функція
<b>Ураження людини</b>	
1. Розрив барабаних перетінок	$P_r = -12,5 + 1,524 \ln D$
2. Контузія	$P_r = 5 - 5,74 \ln \{4,2/(1 + \Delta P/P_0) + 1,3[I_+ / (P_0^{0,5} \cdot m^{1/3})]\}$ , де $m$ – маса тіла людини, кг
3. Летальний наслідок	$P_r = 5 - 2,44 \ln [7,38/\Delta P + 1,9 \cdot 10^3/(\Delta P \cdot I_+)]$
<b>Руйнування будівель</b>	
4. Слабкі руйнування	$P_r = 5 - 0,26 \ln [(4,6 / \Delta P)^{3,9} + (0,11 / I_+)^{5,0}]$
5. Середні руйнування	$P_r = 5 - 0,26 \ln [(17,5 / \Delta P)^{8,4} + (2,29 / I_+)^{9,3}]$
6. Сильні руйнування	$P_r = 5 - 0,26 \ln [(40 / \Delta P)^{7,4} + (0,26 / I_+)^{11,3}]$

*Примітка.* В формулах, представлених у таблиці 4.5, надлишковий тиск виражений в кПа, а імпульс фази стиснення – кПа·с.

Алгоритм визначення імовірності імпульсного ураження від силового фактору (кПа) і його імпульсу (кПа·с) такий:

- 1) Обчислюється величина надлишкового тиску  $\Delta P$  і імпульсу  $I_+$ .
- 2) Обчислюється величина пробіт-функції  $P_r$  для визначення імовірності певного ефекту чи наслідку (наприклад, смертельного наслідку). Для кожного наслідку пробіт-функція має свій вираз.
- 3) Для конкретної величини пробіта (квантиля) знаходиться імовірність даного наслідку. Для цього можна скористатися таблицею 4.6.

Таблиця 4.6

**Значення пробітів та імовірність, що їм відповідає**

$P_{ур}, \%$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0		2,67	2,95	3,12	3,25	3,38	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,25	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,82
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,06	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

**ПРИКЛАД.**

Спрогнозувати імовірність смертельних наслідків для людей в результаті вибуху, якщо надлишковий тиск  $\Delta P$  вибухової хвилі на межі, де знаходяться люди, становить 100 кПа, а імпульс фази стиснення  $I_+$  дорівнює 56 кПа·с.

**Розв'язання.**

1. Летальний наслідок в результаті впливу на людину ударної хвилі описується пробіт-функцією (табл. 4.5)

$$P_r = 5 - 2,44 \ln X,$$

де  $X$  – поглинена суб'єктом доза негативного впливу повітряної ударної хвилі, котра залежить від величин тиску та імпульсу:

$$X = 7,38/100 + 1,9 \cdot 10^3/(\Delta P \cdot I_+)$$

2. Обчислюємо поглинену дозу негативного впливу на людину повітряної ударної хвилі:

$$X = 7,38/100 + 1,9 \cdot 10^3/(100 \cdot 56) = 0,413$$

3. Обчислюємо величину пробіт-функції від цієї дози:

$$P_r = 5 - 2,44 \ln 0,413 = 7,15.$$

4. Користуючись таблицею 4.6, визначаємо імовірність, яка відповідає величині пробіту 7,15:

$$P = 98,5\%.$$

#### Висновок.

Отже, імовірність смертельного ураження людини від впливу надлишкового тиску та імпульсу хвилі тиску заданої величини становить 98,5%.

Пробіт-аналіз можна також застосувати для прогнозування **гострих токсичних впливів** на людину. Токсичне навантаження  $D$  обчислюється з урахуванням зміни концентрації  $C$  речовини за прийнятий період часу  $T$ :

$$D = \int_0^T C^n(\tau) d\tau. \quad (4.12)$$

Тут  $C(\tau)$  – функція концентрації в тій точці простору, куди поміщений об'єкт. Вона залежить від відносної щільності газу (у повітрі), параметра стійкості атмосфери, швидкості вітру, інтенсивності й тривалості викиду з джерела, висоти джерела відносно землі тощо;

$n$  – показник ступеня, що характеризує механізм впливу і природу токсиканта.

Відносна ймовірність ураження (від 0 до 1) представляється у вигляді залежності від пробіт-функції:

$$P = f(Pr). \quad (4.13)$$

$$Pr = a + b \cdot \ln(D). \quad (4.14)$$

У випадку перебування людини в атмосфері з постійною концентрацією токсиканта:

$$Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot \tau). \quad (4.15)$$

Для різних речовин пробіт-функція має різні константи, які визначаються в результаті медико-біологічних досліджень та віднесені до середньостатистичного складу населення або до певного контингенту людей (табл. 4.7).

Таблиця 4.7

#### Константи для обчислення пробіт-функції летального ураження людини ( $C$ – ppm, $\tau$ – хв.)

Токсична речовина	$Pr = a + b \cdot \ln(C^n \cdot \tau)$		
	$a$	$b$	$n$
Аміак	-35,90	1,85	2
Хлор	-8,29	0,92	2

Примітка. ppm – мільйонна доля (від англ. *parts per million* – часток на мільйон) – одиниця вимірювання концентрації.



#### Питання для самоконтролю

1. Розкрийте зміст методики для визначення маси горючої речовини, що бере участь у вибуху.
2. Як у спрощеному вигляді визначити масу парогазових речовин  $M_{\text{пг}}$ , кг, що беруть участь у вибуху?
3. Розкрийте зміст поняття «тротиловий еквівалент».
4. В чому полягає відмінність у визначенні тротилового еквівалента для конденсованих вибухових речовин та для парогазового середовища?
5. Який фізичний зміст коефіцієнта, що враховує характер підстилаючої поверхні при вибуху?
6. Скільки виділяють класів зон можливих руйнувань при вибуху хмар паливно-повітряної суміші в приміщенні?
7. Наведіть основні характеристики зони ураження для 1 та 2 класів зон можливих руйнувань при вибуху хмар паливно-повітряної суміші в приміщенні.
8. Поясніть зв'язок між імовірністю ураження і уражаючим ефектом.
9. Наведіть алгоритм визначення імовірності імпульсного ураження від силового фактору і його часового інтервалу.
10. Чому пробіт-функцію називають бінарною моделлю залежності «доза-ефект»?

## ТЕМА 5. ПОЖЕЖІ В ТЕХНОГЕННОМУ СЕРЕДОВИЩІ

### 5.1. Стан пожежної безпеки в Україні



Протягом 2014 року в Україні зареєстровано 68879 пожеж, в т.ч. у житловому секторі – 52049. Унаслідок пожеж загинуло 2246 осіб, у тому числі 74 дитини; 1450 осіб отримали травми, з них 107 дітей. Економічні втрати від пожеж склали 7 млрд. 731 млн. 81 тис. грн. (з них *прямі* матеріальні збитки становлять 1 млрд. 489 млн. 741 тис. грн., а *побічні* – 6 млрд. 241 млн. 340 тис. грн.).

Упродовж 2014 року в Україні в середньому щодня виникало 188 пожеж, унаслідок яких гинули 6 і отримували травми 4 осіб, вогнем знищувалося або пошкоджувалося 74 будівлі та 12 одиниць техніки. Щоденні економічні втрати від пожеж становили суму 21 млн. 181 тис. грн.

#### **NON MULTA, SED MULTUM**

Збитки від пожеж поділяють на прямі й побічні.

- *Прямі збитки* – це втрати, пов'язані зі знищенням або пошкодженням вогнем, водою, димом і внаслідок високої температури основних фондів та іншого майна підприємств, або помешкань громадян, якщо ці втрати мають прямий причинний зв'язок з пожежею.
- *Побічні збитки* – це втрати, пов'язані з ліквідацією пожежі, а також зумовлені простим виробництвом, перервою в роботі, зміною графіка руху транспортних засобів та іншою вигодою, втраченою внаслідок пожежі. Зазвичай побічні збитки перевищують прямі приблизно в 3...4 рази.

Протягом 2014 року в Україні зареєстровано 47 надзвичайних ситуацій *техногенного характеру*, пов'язаних із *пожежами та вибухами*. Внаслідок цих надзвичайних ситуа-

цій зареєстровано 152 загиблих, причому більшість з них загинули в житлових будинках (82 людини). Найбільша частка надзвичайних ситуацій техногенного характеру, пов'язаних із пожежами та вибухами, припадає на Донецьку, Одеську та Харківську області.

До вибухопожежонебезпечних об'єктів в Україні належить значна кількість хімічних, нафто- і газопереробних, коксохімічних, металургійних, машинобудівних та інших підприємств. На цих підприємствах зберігається високий ризик виникнення пожеж. В Україні функціонує близько 1,5 тис. вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів, на яких зосереджено близько 13 млн. тонн твердих і рідких вибухо- та пожежонебезпечних речовин.

Найвищий рівень пожежовибухонебезпеки мають підприємства та об'єкти нафтогазового, нафтохімічного та нафтогазопереробного комплексу, до якого належить значна кількість пожежовибухонебезпечних об'єктів, а саме:

- 200 об'єктів комплексної підготовки нафти й газу;
- 43 тис. км магістральних трубопроводів;
- 13 підземних сховищ газу;
- 1300 газорозподільних станцій;
- 230 тис. км газопроводів систем газопостачання населених пунктів;
- 70000 систем газопостачання промислових підприємств;
- 6 виробництв вибухових речовин та утилізації непридатних боеприпасів;
- 12 нафтопереробних заводів;
- 5 газопереробних заводів.

Статистика свідчить, що серед загальної кількості пожеж (68879) більшість їх (75,6%) сталася у житловому секторі – 52049. Лише 3,7% пожеж (2528) сталися на підприємствах (організаціях, закладах) різних форм власності, причому профілактику пожеж на цих підприємствах здійснювали органи державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки (табл. 5.1).

Таблиця 5.1

**Розподіл пожеж на підприємствах у 2014 році  
за спорудами різного призначення**

№ пп	Вид об'єкта	Кількість пожеж		Кількість загиблих	Збитки, тис. грн. (прямі/побічні)
		шт.	%		
1	Споруди виробничого призначення	513	20,3	20	92025/163857
2	Торговельно-складські споруди	980	38,8	4	116566/202877
3	Об'єкти соціально-культурного, громадського та адміністративного призначення	673	26,6	11	144066/3094579
4	Сільськогосподарські об'єкти	153	6,1	0	48531/51937
5	Об'єкти новобудов	38	1,5	1	837,5/2359
6	Інші об'єкти	171	6,8	57	106400,5/107194
	<b>Разом на всіх об'єктах:</b>	<b>2528</b>	<b>100</b>	<b>93</b>	<b>508426/3622803</b>

У містах нині залишається проблема забезпечення протипожежного захисту будинків підвищеної поверховості та висотних будинків. Протягом тривалого часу не виконуються заходи щодо відновлення працездатності автоматичних систем протипожежного захисту і димовидалення у таких будинках.

Понад 37% пожежних кранів систем внутрішнього протипожежного водопостачання будинків підвищеної поверховості та висотних будинків не укомплектовано необхідним протипожежним інвентарем.

Гасіння пожеж здійснюється із використанням техніки, ресурс якої на 98% вичерпаний. Середній ризик загибелі людини у пожежах: на селі  $1,03 \cdot 10^{-4}$ , у містах –  $4,4 \cdot 10^{-5}$ .

В Україні практично не виконуються заходи щодо забезпечення протипожежної безпеки об'єктів з масовим перебуванням людей, зокрема: ринків, дитячих дошкільних та навчальних закладів, лікувальних закладів, культових будинків і споруд, санаторіїв та закладів відпочинку, культурно-просвітницьких і видовищних закладів, готелів та гуртожитків. Через це забезпечити на належному рівні пожежну безпеку в таких закладах вкрай важко.

**Основними причинами виникнення пожеж** залишаються:

- необережне поводження з вогнем (62,3% від їх загальної кількості),
- порушення правил пожежної безпеки під час улаштування та експлуатації електроустановок (18,3%);
- порушення правил пожежної безпеки під час улаштування та експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок (7,1%).

Збільшення кількості пожеж спостерігається з причин навмисних підпалів (+87,1%), порушення правил пожежної безпеки під час улаштування та експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок (+22,4%), необережного поводження з вогнем (+18,3%). Водночас спостерігається різке збільшення (у 4,6 разів) суми прямих збитків з причини підпалів.

## 5.2. Загальні відомості про горіння та пожежі

**Пожежна безпека** – це такий стан об'єкту, при якому виключається можливість виникнення пожежі, а у випадку її виникнення забезпечується захист людей від небезпечних та шкідливих факторів пожежі та максимально зберігаються матеріальні цінності.

**Пожежею** називають неконтрольований процес горіння, який супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює загрозу для життя і здоров'я людей.

**Горіння** – це екзотермічна (англ. *exothermal* – той, що віддає *тепло*) реакція окислення горючої речовини, що супро-

воджується виділенням диму, теплової та променевої енергії. Для виникнення горіння необхідна наявність трьох складових:

- горючої речовини у відповідному стані (початковою температурою, вологістю);
- окислювача (в достатній кількості);
- джерела запалювання (іскра, полум'я, нагріті предмети).

Процес горіння має три основні стадії – окислювання, самозаймання та горіння. Розвиток процесу горіння показаний на рис. 5.1. При накопиченні у речовині теплоти швидкість реакції зростає, виникає самозаймання і з'являється полум'я. Від початкової температури  $T_{II}$  до температури окислення  $T_O$  теплота витрачається на плавлення, випаровування або розкладання горючої речовини. На проміжку від  $T_O$  до  $T_{CЗ}$  температура підвищується швидше за рахунок теплоти реакції окислення до тих пір, поки тепловиділення не стануть рівними тепловіддачі у навколишнє середовище. Цей момент на графіку позначений температурою самозаймання  $T_{CЗ}$ . Далі реакція розвивається самостійно без надходження теплоти ззовні і характеризується температурою полум'я  $T_{пол}$ , яка переходить у температуру горіння  $T_G$ . В подальшому процес характеризується відносно постійною температурою горіння.

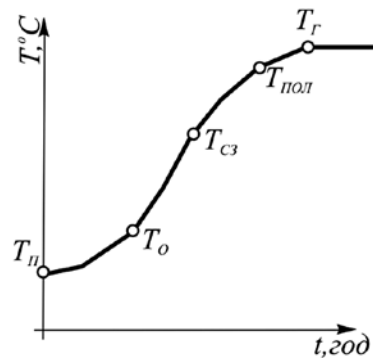


Рис. 5.1. Розвиток процесу горіння

$T_{II}$  – початкова температура (починається розкладання речовини, зміна агрегатного стану);  $T_O$  – температура окислення;  $T_{CЗ}$  – температура самозаймання (порушується баланс теплоти);  $T_{пол}$  – температура полум'я;  $T_G$  – температура горіння.

Розрізняють два випадки **виникнення горіння**:

- запалення горючої суміші при її *локальному розігріванні* до температури займання з послідувачим стійким горінням із полум'ям;

- одночасне нагрівання до високої температури *всього об'єму* горючої суміші, яка знаходиться всередині деякого об'єму.

Розрізняють також гомогенне й гетерогенне горіння.

**Гомогенне горіння** відбувається у випадку, коли речовини, що вступають у реакцію окислення, мають *одинакові агрегатні стани*. Якщо при цьому горюча рідина та окисник не перемішані, то швидкість горіння залежить від дифузії (лат. *diffusio* – поширення, проникнення) окисника (кисню) в зону реакції. Таке горіння називають дифузійним (приміром, горіння газу у кухонній плиті).

**Гетерогенне горіння** відбувається у випадку, якщо речовини знаходяться в різних агрегатних станах і наявна *межа розділу фаз* у горючій системі (приміром, горіння сірника або дров).

Якщо реакція горіння відбувається майже одночасно по всьому об'єму речовини, горіння поширюється з надзвичайною великою швидкістю, котра сягає кількох тисяч метрів за секунду. Таке горіння називають **детонаційним**. Детонаційне горіння, як відомо, супроводжується вибухом – надзвичайно швидким хімічним перетворенням, з виділенням значної енергії й утворенням стиснених газів, здатних виконувати механічну роботу.

Залежно від розміру матеріальних втрат **пожежі бувають**:

- *особливо великі* – збитки становлять від 10000 і більше розмірів мінімальної заробітної плати;
- *великі* – збитки становлять від 1000 до 10000 розмірів мінімальної заробітної плати;
- *інші* – збитки становлять до 1000 розмірів мінімальної заробітної плати.

Під час пожежі на людину можуть впливати такі **уражаючі фактори**:

- ✓ *токсичні продукти горіння* (при горінні синтетичних матеріалів – синильна кислота (пінополіуретан, капрон),



хлористий водень і оксид вуглецю (пінопласт, вініпласт), сірководень і сірчистий газ (лінолеум));

- ✓ *вогонь* – теплове випромінювання полум'я може викликати опіки та больові відчуття, вдихання розігрітого повітря може викликати ураження органів дихання. Під час пожежі температура полум'я може сягати 1200...1400°. Мінімальна відстань у метрах, на якій людина ще може знаходитися від полум'я, приблизно становить  $R=1,6H$ , де  $H$  – середня висота полум'я в метрах.
- ✓ *дим* – аерозоль з великою кількістю найдрібніших твердих частинок незгорілої речовини, що утворилися у результаті об'ємної конденсації перенасичених парів і при хімічних реакціях деяких речовин, що знаходяться у газоподібному стані. Дим викликає подразнення органів дихання та слизових оболонок, крім того, у зашпелених приміщеннях внаслідок погіршення видимості сповільнюється евакуація людей, а іноді її провести зовсім неможливо.
- ✓ *недостатня кількість кисню*. Норма кисню в атмосферному повітрі – 21%, зменшення концентрації кисню до 14% призводить до порушення координації рухів, запаморочення, слабкості, гальмування свідомості, при концентрації кисню 9...11% смерть настає через кілька хвилин;
- ✓ *вибухи, витікання небезпечних речовин*. Це утворює вибухову хвилю, що викликає руйнування, сприяє утворенню нових осередків пожежі, збільшенню площі пожеж;
- ✓ *руйнування будівельних конструкцій* – відбувається при втраті несучої здатності конструкцій під час вибуху та при дії високих температур (механічні травми, люди можуть опинитися під уламками тощо);
- ✓ *психофізичні чинники* – паніка, стрес.  
Термічний вплив пожежі на людину визначається інтенсивністю потоку теплового випромінювання, що поглинається  $q$ ,  $кВт/м^2$ , часом теплової дії  $\tau$ ,  $с$ , та їхнім добутком – те-

пловим імпульсом  $I$  або дозою теплового випромінювання  $Q$ ,  $кДж/м^2$ .

Інтенсивність теплового випромінювання, що достатня для ураження живих організмів і запалювання (займання) речовини, становить 1,1...1,4  $кВт/м^2$ . Інтенсивність теплового випромінювання величиною 4...10,5  $кВт/м^2$  викликає опіки шкіри, теплові удари, смерть людини, інтенсивність 10  $кВт/м^2$  спричиняє загоряння лінолеуму, 13,9  $кВт/м^2$  – загоряння деревини, 17,4  $кВт/м^2$  – загоряння рулонної покрівлі.

Людина відчуває сильний (ледь стерпний) біль, коли температура верхнього шару шкіри перевищує 45°C. Час досягнення больового порогу розраховують за формулою:

$$\tau = \left( \frac{35}{q} \right)^{1,33} \quad (5.1)$$

**ПРИКЛАД.** Інтенсивність теплового випромінювання від гарячої поверхні паливного котла становить 4  $кВт/м^2$ . Скільки часу може простояти людина з незахищеним обличчям поблизу котла, не відчуваючи болю від теплового впливу?

#### Розв'язання.

Скористаємося формулою (5.1):

$$\tau = \left( \frac{35}{q} \right)^{1,33} = \left( \frac{35}{4} \right)^{1,33} \approx 18 \text{ с.}$$

Отже, людина з незахищеним обличчям може знаходитися поблизу котла не більше 18 секунд.

Стосовно уражень людини зазвичай розрізняють чотири ступені опіків (табл. 5.2).

*Опік першого ступеня* являє собою поверхневе ураження шкірних покривів, зовні виражається в почервонінні (гіперемії) і набряклості. Опікова рана, як правило, не утворюється. Загоєння зазвичай настає протягом 2...4 днів.

*Опік другого ступеня* характеризується утворенням пухирів на тлі набряклих шкірних покривів. Через 3...4 дні се-

розний вміст пухирців розсмоктується, а в разі інфікування утворюються рани, котрі гнояться та повільно загоюються.

Для *опіку третього ступеня* характерно омертвіння (некроз) глибоких шарів шкіри. Загоєння ділянок некрозу відбувається повільно і становить за часом до декількох місяців.

*Опік четвертого ступеня* призводить до обвуглювання і незворотних змін усіх м'яких тканин, а іноді й кісток. На місці опіків утворюються глибокі рани, які як правило, не здатні до самостійного загоєння. Якщо такий опік охоплює більше 10% шкірної поверхні, виникає важка опікова хвороба, несумісна з життям.

**Таблиця 5.2**

**Приблизні значення теплових імпульсів, що викликають опіки шкіри різного ступеня, (кДж/м<sup>2</sup>)**

Чотири ступеня опіку			
I ступінь (легкий)	II ступінь (середній)	III ступінь (тяжкий)	IV ступінь (смертельний)
80...100	100...400	400...600	> 600

Підпалююча здатність теплового імпульсу є зрозумілою з табл. 5.3.

**Таблиця 5.3**

**Тепловий імпульс, потрібний для спалахування (займання) деяких матеріалів**

Матеріал, що може спалахнути	Тепловий імпульс I, кДж/м <sup>2</sup>
Газетний аркуш, сіно	120...240
Деревостружкова плита	150...200
Суха деревина	160...360
Соснові стружки, сухе опале листя	240...480
Дошки темні, гума	250...400
Бавовняна тканина сіра	320...640
Опалі голки сосни та ялини	320...720

Хліб не скошений, ліс хвойний	400...800
Брезент	420...500
Крони дерев	500...750
Брезент прогумований сірий	600...1120
М'яка покрівля (толь, руберойд)	580...810
Бавовняна тканина біла	600...1200
Вовняний цупкий килим (сірий)	640...1400
Кам'яне вугілля у буртах	2000...2400

Інтенсивність теплового випромінювання від різних джерел вимірюють спеціальними приладами – актинометрами.

Час, потрібний для спалахування горючих матеріалів  $\tau$ , с, внаслідок впливу на них теплового потоку інтенсивністю  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, розраховують за формулою:

$$\tau = \frac{A}{(q - q_{кр})^n}; \quad (5.2)$$

де  $q_{кр}$  – критична інтенсивність теплового випромінювання, кВт/м<sup>2</sup> (табл. 5.4);

$A$ ,  $n$  – емпірично визначені константи для конкретних матеріалів (наприклад, для деревини  $A = 4300$ ;  $n = 1,61$ ).

**Таблиця 5.4**

**Критичні інтенсивності теплового випромінювання  $q_{кр}$  для деяких матеріалів**

Речовина, матеріал	солома	пінопласт	бавовна (волокно)	торф кусковий	картон сірий	деревина соснова
$q_{кр}$ , кВт/м <sup>2</sup>	7,0	7,4	7,5	9,8	10,8	12,8
Речовина, матеріал	бензин	гума	бітумна покрівля	фанера	деревина фарбована	деревина обвуглена
$q_{кр}$ , кВт/м <sup>2</sup>	12,6	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0

**ПРИКЛАД.**

Чи достатньо 1 хвилини на гасіння пожежі, аби від палаючого розлитого бензину не зайнявся пофарбований дерев'яний складський навіс, що знаходиться неподалік, якщо інтенсивність теплового випромінювання бензину  $20 \text{ кВт/м}^2$ ?

**Розв'язання.**

1. За табл. 5.4 знаходимо критичну інтенсивність теплового випромінювання для фарбованої деревини:  $q_{кр} = 7,0 \text{ кВт/м}^2$ .
2. За формулою 5.2 визначаємо час, необхідний для спалахування дерев'яного навісу:

$$\tau = \frac{A}{(q - q_{кр})^n} = \frac{4300}{(20 - 7)^{1,61}} = 69,2 \text{ с.}$$

3. Порівнюючи одержане значення з часом (60 с), упродовж якого можна загасити дану пожежу, робимо висновок, що 1 хвилини для гасіння цієї пожежі цілком достатньо.

**Пожежі в містах** залежно від масштабів поділяються на:

- *окремі*, що виникли в окремих будинках і будівлях;
- *масові*, що охопили понад 25% будівель;
- *суцільні* (вогняні смерчі), що мають стійкий характер і охопили близько 90% будівель.

При *окремих* пожежах люди можуть переміщуватися між окремими осередками пожеж без захисту від теплового впливу. Як правило, окрему пожежу можна загасити у перші 10...20 хвилин після появи вогню.

При *суцільних* пожежах відбувається одночасне горіння переважної більшості будинків і споруд на невеликій ділянці забудови. Вони характеризуються потоками дуже нагрітих газів, що піднімаються вгору, а також надходженням з периферії повітряних мас з ураганною швидкістю (до 100 км/год); при цьому руйнуються будинки і споруди, вириваються з корінням дерева, гинуть і отримують ушкодження люди. Поряд з цим у зоні вогняного смерчу в повітрі виникає дефіцит кисню. Без засобів захисту від теплового впливу пересуватися на ділянці пожежі неможливо.

*Масові* пожежі являють собою сукупність окремих і суцільних пожеж. Масові пожежі можуть бути такими, що поширюються (при наявності приземного вітру швидкістю понад 5...7 м/с) і такі, що не поширюються (швидкість вітру до 5 м/с, розриви між будинками понад 20...25 метрів, одночасне спалахування більшості будівель).

**5.3. Пожежі без вибухів**

При пожежах, що протікають без вибухів, може бути виділено три зони: горіння, теплового впливу і задимлення.

У зоні *горіння* протікають процеси термічного розкладання, випаровування, наприклад, нафтопродуктів в обсязі дифузійного факела полум'я. Межею зони горіння є поверхня палаючого продукту та тонкий поверхневий шар полум'я, що світиться, де відбувається реакція окислення.

Необхідно зауважити, що інтенсивність горіння визначається не швидкістю протікання самої реакції окислення, а швидкістю надходження кисню з навколишнього простору в зону горіння. Це пояснюється тим, що швидкість протікання хімічних реакцій горіння конденсованих речовин значно перевершує швидкість таких фізичних процесів, як дифузія компонентів, що беруть участь в реакції, та передача теплоти із зони горіння горючим речовинам для підготовки їх до хімічної взаємодії. Таким чином, лімітуючими процесами при горінні є дифузія та теплопередача, а процеси горіння при пожежі розвиваються в дифузійній області. Ця обставина має важливе практичне значення при вирішенні питань зниження ризиків пожеж.

*Зона теплового впливу* примикає до межі зони горіння. У цій частині простору протікають процеси теплопередачі, зумовлюють формування одного з найважливіших уражаючих факторів пожежі – опромінення людей та об'єктів навколишнього середовища тепловим випромінюванням.

Для нафтопродуктів та інших легкозаймистих речовин тепло, що виділяється при їх горінні, витрачається на їх під-

готовку до участі в процесі горіння (на розкладання та випаровування). Вважається, що ці витрати в середньому складають 3% від усього тепловиділення. Решта 97% відводяться із зони горіння в навколишній простір. Ця теплопередача здійснюється шляхом конвекції, прямого випромінювання і теплопровідності.

Необхідно відзначити, що велика частина тепла передається шляхом конвекції. Наприклад, при горінні бензину в резервуарі на конвективний перенос тепла припадає 57...62%. При пожежах всередині будівель і споруд продукти згорання, що мають високу температуру, конвективними потоками переносяться по всьому лабіринту коридорів і приміщень, передаючи тепло на їхньому шляху матеріалам і конструкціям, що зустрічаються, підвищуючи їх температуру до критичних значень і викликаючи загорання.

Передача тепла випромінюванням найбільш характерна для *зовнішніх пожеж*. Потужне випромінювання тепла відбувається при горінні горючих рідин у резервуарах із утворенням зовнішнього полум'я. У цьому випадку на значні відстані може передаватися від 30 до 40% тепла. Слід мати на увазі, що чим більша поверхня полум'я, менша ступінь його чорноти, тим вище температура горіння і більша частина тепла передається шляхом випромінювання.

При пожежах у *замкнених об'ємах* і огороженнях дія теплового випромінювання на навколишнє середовище обмежується екранами, що виникають на його шляху.

При *внутрішніх пожежах* передача тепла відбувається головним чином шляхом теплопровідності. Теплопередача здійснюється через конструктивні елементи й огороження сховищ нафтопродуктів, палива та інших горючих рідин. При пожежах горючих рідин в резервуарах тепло шляхом теплопровідності передається нижнім шарам цих рідин. При цьому створюються умови для їх скипання і викиду.

*Зона задимлення* при пожежах нафтопродуктів та інших видів рідкого пального примикає до зони горіння. Назва зони у відомому сенсі умовна, оскільки під нею зазвичай

розуміється не весь той простір, охоплений димом, а тільки його частина, де неможливе перебування людей без засобів захисту органів дихання. Межами зони задимлення вважаються ізолінії з концентрацією аеродисперсної фази диму  $10 \text{ кг/м}^3$ , видимістю предметів 6...12 метрів і концентрацією кисню не менше 16%. Знаходження людей без засобів захисту органів дихання на межі цієї зони безпечно.

У динаміці будь-якої пожежі важливу роль відіграє інтенсивність газообміну, оскільки лімітуючою стадією процесу горіння, як зазначалося вище, зазвичай є дифузійне перенесення кисню до поверхні зони горіння.

Говорячи про інтенсивність газообміну при пожежах, насамперед, мають на увазі швидкість притоку повітря до зони горіння. Зрозуміло, що ті продукти горіння, котрі нагріті в зоні реакції і мають меншу щільність, ніж повітря, що надходить у зону горіння, здіймаються вгору і створюють надлишковий тиск. У нижній же частині резервуара (приміщення), де відбувається горіння або поблизу підстилаючої поверхні (якщо горять нафтопродукти або інше пальне, котре вилилося зі сховища), через спад і зниження парціального тиску кисню в повітрі, що бере участь в реакції окислення, створюється зона зниженого тиску. Висоту, на якій тиск дорівнює атмосферному, називають рівнем однакових тисків.

Процес розвитку пожежі на об'єктах може бути схарактеризований цілою низкою фізичних та геометричних параметрів, які необхідно брати до уваги при оцінці її небезпеки для людей і навколишнього середовища.

Приміром, до характеристик і параметрів пожеж можна віднести:

- вид пожежі (в замкнутому об'ємі або відкритий);
- пожежне навантаження, тобто кількість теплової енергії, яку може бути виділено при згорянні нафтопродуктів або іншого пального, що міститься на аварійному об'єкті;
- інтенсивність виділення тепла, тобто кількість теплової енергії, що виділяється за одиницю часу і залежить від кількості повітря, що надходить;

- масову швидкість вигорання продуктів (визначається інтенсивністю випаровування в зоні горіння);
- площу горіння;
- площу пожежі;
- фронт пожежі;
- лінійну швидкість розповсюдження горіння;
- період розвитку пожежі.

Пожежі без вибухів при своєму розгортанні розвиваються у три фази.

*I фаза* – поширення полум'я від початкового загорання до охоплення вогнем великої частини горючих матеріалів. Ця фаза спочатку характеризується порівняно невеликою температурою і найнижчою швидкістю поширення вогню, тому найлегше ліквідувати пожежу у перші 15...20 хвилин від її початку.

*II фаза* є фазою сталого горіння: вона триває до моменту обвалення конструкцій (завалення будинку, що горить).

*III фаза* – вигорання матеріалів у завалених будівлях – характеризується невеликою швидкістю горіння і мінімальним тепловим випромінюванням.

Максимальна швидкість горіння матеріалів настає на момент вигорання 30% початкової маси горючих матеріалів, що відповідає 20...25% загальної тривалості пожежі  $T_{\text{пож}}$ .

Тривалість горіння у пожежі, яка не поширюється, залежить від питомого горючого навантаження  $P_{\text{пит}}$ , кількості (маси) горючих матеріалів і середньої масової швидкості вигорання цих матеріалів.

Питоме горюче навантаження  $P_{\text{пит}}$  розраховується за формулою

$$P_{\text{пит}} = \frac{M}{S}, \quad (5.2)$$

де  $M$  – сумарна маса горючих матеріалів, записана у кілограмах;  $S$  – площа їхнього розміщення, записана у м<sup>2</sup>.

Тривалість горіння  $T_{\text{пож}}$  розраховується за формулою

$$T_{\text{пож}} = \frac{P_{\text{пит}}}{\langle \omega \rangle}, \quad (5.3)$$

де  $\langle \omega \rangle$  – середня масова швидкість вигорання матеріалу, записана у кг/(м<sup>2</sup> · хв).

Середня масова швидкість вигорання матеріалу є довідковою величиною і може бути узята з довідкових таблиць (табл. 5.5) або визначена експериментально.

**Таблиця 5.5**

**Середня масова швидкість вигорання деяких матеріалів**

Матеріал	карболіт	полістирол	оргскло	гума	текстоліт	папір	каучук
$\omega$ , кг/(м <sup>2</sup> · хв).	2,0	0,45	0,96	0,67	0,40	0,48	0,80
Матеріал	кіноплівка	толь	деревина, сосна суха	бензин	ацетон	нафта	гас
$\omega$ , кг/(м <sup>2</sup> · хв).	70,0	0,24	0,90	2,90	2,83	2,20	2,90

**ПРИКЛАД.** У складському приміщенні площею  $S = 500 \text{ м}^2$  зберігається  $M_1 = 35$  тонн карболіту і  $M_2 = 100$  тонн гуми. Визначте: 1) прогнозовану тривалість пожежі  $T_{\text{пож}}$ ; 2) інтервал часу  $t_{\text{max}}$ , на який припадає максимальна швидкість горіння складських матеріалів.

**Розв'язання.**

1. Питоме горюче навантаження  $P_{\text{пит}}$  визначаємо за формулою

$$P_{\text{пит}} = \frac{M_1 + M_2}{S}, \text{ тобто}$$

$$P_{\text{пит}} = \frac{M_1 + M_2}{S} = \frac{100\text{т} + 35\text{т}}{500\text{м}^2} = \frac{135000\text{кг}}{500\text{м}^2} = 270 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2};$$

2. Знаходимо середньозважену масову швидкість вигорання двох спалимих матеріалів (карболіту і гуми)

$$\langle \omega \rangle = \frac{\omega_1 M_1 + \omega_2 M_2}{M_1 + M_2} = \frac{2,0\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})100\text{т} + 0,67\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{хв})35\text{т}}{100\text{т} + 35\text{т}} = 1,66\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{хв});$$



3. Тривалість пожежі  $T_{\text{пож}}$  розраховуємо за формулою

$$T_{\text{пож}} = \frac{P_{\text{пит}}}{\langle \omega \rangle}, \text{ тобто}$$

$$T_{\text{пож}} = \frac{P_{\text{пит}}}{\langle \omega \rangle} = \frac{270 \text{кВт} / \text{м}^2}{1,66 \text{кВт} / (\text{м}^2 \cdot \text{хв.})} = 162,6 \text{хв.} = 2 \text{год} 42,6 \text{хв.}$$

4. Встановлюємо інтервал часу, на який припадає максимальна швидкість горіння,

$t_{\text{max}} = (0,20 \dots 0,25) \cdot T_{\text{пож}}$ , тобто  $t_{\text{max}} = 32 \dots 41$  хвилини від початку пожежі.

**Відповідь.**  $T_{\text{пож}} = 2 \text{год} 42,6 \text{хв.}$ ;  $t_{\text{max}} = 32 \dots 41$  хвилини від початку пожежі.

Інтенсивність опромінення об'єктів на тій чи іншій відстані від зони горіння залежить від інтенсивності виділення тепла при пожежі, а також від відстані, наявності перешкод на шляху його поширення, включаючи й оптичні неоднорідності в атмосфері (аерозолі, пил тощо).

Якщо позначити інтенсивність теплового випромінювання зони горіння через  $q_{\text{зг}}$  (кВт/м<sup>2</sup>), а інтенсивність опромінення об'єкта, поверхня якого перпендикулярна напрямку на зону горіння через  $q_0$  (кВт/м<sup>2</sup>), і прийняти допущення, що ця зона є точковим джерелом, то взаємозв'язок між  $q_{\text{зг}}$  і  $q_0$  виразиться співвідношенням:

$$q_0 = \frac{q_{\text{зг}}}{4\pi} \cdot e^{-Rk}, \quad (5.4)$$

де  $R$  – відстань від зони горіння до об'єкта, м;

$k$  – коефіцієнт ослаблення теплового випромінювання в задимленій атмосфері, м<sup>-1</sup>.

Слід зауважити, що апроксимація зони горіння точковим джерелом тим менш точна, чим більша площа горіння. Наприклад, при пожежі з викидом нафтопродуктів із емностей зона горіння може виявитися досить розтягнутою за площею.

З урахуванням деяких припущень для усереднених умов горіння нафтопродуктів інтенсивність опромінення об'єкта на відстані  $R$  від зони горіння можна розрахувати за формулою:

$$q_0 = 0,8 q_{\text{нф}} \cdot e^{-0,03R}, \quad (5.5)$$

де  $q_{\text{нф}}$  – інтенсивність теплового випромінювання з поверхні факела від палаючих розлиттів, кВт/м<sup>2</sup> (табл. 5.6).

**Таблиця 5.6**

**Інтенсивність теплового випромінювання  $q_{\text{нф}}$  на поверхні факела від палаючих розлиттів**

Горюча речовина	$q_{\text{нф}}$ , кВт/м <sup>2</sup>
Бензин	130
Дизельне паливо	130
Гас	90
Нафта	80
Мазут	60
Метанол	35
Гексан	165

Користуючись формулою (5.5), можна розв'язати зворотну задачу: визначити відстань  $R$ , на якій інтенсивність опромінення буде дорівнювати допустимій величині:

$$R = 33 \cdot \ln \left( 0,8 \frac{q_{\text{нф}}}{q_0} \right) \quad (5.6)$$

де  $q_0$  – допустима інтенсивність опромінення, кВт/м<sup>2</sup>.

**ПРИКЛАД.**

На якій мінімально безпечній відстані від резервуара з мазутом можна розмістити тимчасовий склад автопокришок, аби уникнути їх спалахування в разі аварійного загорання мазуту?

**Розв'язання.**

1. Інтенсивність теплового випромінювання з поверхні факела палаючого мазуту становить  $q_{\text{нф}} = 60$  кВт/м<sup>2</sup> (табл. 5.6).
2. За допустиму інтенсивність теплового опромінення автопокришок прийемо критичну інтенсивність теплового впливу для гуми (табл 5.4):  $q_0 = 7,0$  кВт/м<sup>2</sup>.

3. Користуючись формулою (5.6) знаходимо мінімальну безпечну відстань:

$$R_{\min} = 33 \cdot \ln\left(0,8 \frac{60}{7}\right) = 63,5 \text{ м.}$$

**Відповідь:**  $R_{\min} = 63,5 \text{ м.}$

#### 5.4. Пожежі з вибухом паливо-повітряних сумішей

У більшості випадків при пожежах має місце двофазне дифузійне горіння, при якому у незамкнених об'ємах вибуху не трапляється. Однак при роботі різного технологічного обладнання і трубопроводів можуть виникнути аварійні ситуації, коли відбувається їх розгерметизація. У цих випадках, якщо всередині обладнання або технологічних трубопроводів знаходяться горючі речовини (ГР) та легкозаймисті рідини (ЛЗР), відбувається їх викид у рідкому і пароподібному вигляді через нещільності, що утворилися, в атмосферу і вигоди на підлогу приміщення. Такі викиди супроводжуються випаровуванням проливої рідини, її пара в суміші з повітрям може зайнятися і призвести до вибуху та пожежі.

Для обґрунтування пожежної безпеки технологічних процесів необхідно визначати інтенсивність теплового випромінювання від полум'я і тривалість випромінювання цього полум'я. Порушення технологічних регламентів при поводженні з горючими та легкозаймистими рідинами на виробництві часто призводить до їх проливу з обладнання і трубопроводів. При їх випаровуванні пари можуть спалахнути, що дуже часто призводить до пожеж, оскільки від полум'я йдуть сильні теплові потоки випромінюванням. Інтенсивність теплового випромінювання при пожежах часто перевищує гранично допустимі значення інтенсивності теплового випромінювання для людини і конструкційних матеріалів, що може призвести до тяжких наслідків.

При займанні парогазової хмари виникає великомасштабне дифузійне полум'я від маси палива, що згорає, яке піднімається над поверхнею землі. Полум'я має кулясту форму,

тому отримало назву «вогняна куля». Оцінка пожежної безпеки технологічних процесів включає в себе:

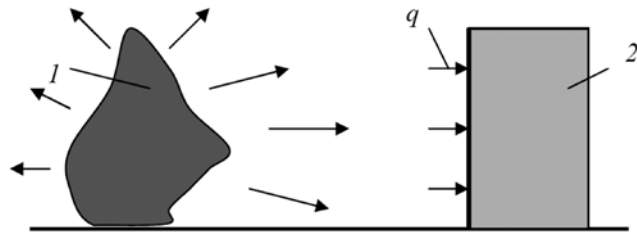
- розрахунок інтенсивності теплового випромінювання при пожежах від проливу ГР і ЛЗР для зіставлення з критичними (гранично допустимими) значеннями інтенсивності теплового потоку для людини і конструкційних матеріалів, які наведені в табл. 5.5;
- аналіз можливості виникнення «вогняної кулі» при аварії та її уражаючої дії;
- розрахунок радіусів зон ураження людей від теплового впливу в залежності від виду і маси палива. Приблизні значення теплових імпульсів, що викликають опіки різного ступеню, наведені в табл. 5.2.

**Таблиця 5.7**

#### Гранично допустима інтенсивність теплового випромінювання пожеж від проливу ГР і ЛЗР

Ступінь ураження	Інтенсивність теплового випромінювання $q$ , кВт/м <sup>2</sup>
Без негативних наслідків протягом тривалого часу	1,4
Безпечно для людини в брезентовому одязі	4,2
Нестерпний біль через 20...30 с; опік 1-го ступеня через 15...20 с; опік 2-го ступеня через 30...40 с; займання бавовни-волокна через 15 хв.	7,0
Нестерпний біль через 3...5 с; опік 1-го ступеня через 6...8 с; опік 2-го ступеня через 12...16 с	10,5
Займання деревини з шорсткою поверхнею (вологість 12%) при тривалості опромінення 15 хв	12,9
Займання деревини, пофарбованої олійною фарбою по струганій поверхні; займання фанери	17,0

При проливі ГР або ЛЗР та їх займанні починається пожежа. Полум'я, що утворилося при пожежі, характеризується високою інтенсивністю теплового випромінювання, яке може привести до займання навколишніх горючих матеріалів, пошкодження конструкцій, травмування людей. Для оцінок впливу теплового випромінювання на навколишні предмети (рис. 5.2) потрібно знати величину самого випромінювання.



**Рис. 5.2.** Випромінювання полум'я факела при пожежі на навколишні об'єкти:

1 – полум'я, що випромінює; 2 – об'єкт, що опромінюється

Інтенсивність теплового випромінювання  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, від полум'я факела на поверхні розглянутого об'єкта може бути розрахована за формулою:

$$q = E_f \cdot F_q \cdot \lambda, \quad (5.7)$$

де  $E_f$  – середньоповерхнева щільність теплового випромінювання полум'я факела, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_q$  – кутовий коефіцієнт опромінення, який характеризує, яка частка випромінювання від полум'я факела потрапляє на даний об'єкт;

$\lambda$  – коефіцієнт пропускання атмосфери.

Середньоповерхнева щільність теплового випромінювання полум'я факела  $E_f$  приймається на основі наявних у літературі експериментальних даних. При розрахунках допускається приймати:  $E_f = 450$  кВт/м<sup>2</sup>.

Кутовий коефіцієнт опромінення  $F_q$  орієнтовно може бути розрахований за формулою:

$$F_q = \frac{1}{4} \left( \frac{H}{D_s} + 0,5 \right) \div \left[ \left( \frac{H}{D_s} + 0,5 \right)^2 + \left( \frac{r}{D_s} \right)^2 \right]^{1,5}, \quad (5.8)$$

де  $H$  – висота «вогняної кулі», м;

$D_s$  – ефективний діаметр «вогняної кулі», м;

$r$  – відстань від опромінюваного об'єкта до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі».

На практиці приблизно ефективний діаметр «вогняної кулі»  $D_s$ , м, може бути розрахований за формулою:

$$D_s = 5,33 \cdot M^{0,327}, \quad (5.9)$$

де  $M$  – маса ГР або ЛЗР, що надійшла у навколишній простір, кг.

Висоту центру «вогняної кулі» зазвичай визначають в ході спеціальних досліджень. За відсутності даних таких досліджень допускається приймати

$$H = 0,5 \cdot D_s.$$

Коефіцієнт пропускання атмосфери  $\lambda$  для теплового випромінювання можна визначити за формулою

$$\lambda = \exp \left[ -0,0007 \left( \sqrt{r^2 + H^2} - \frac{D_s}{2} \right) \right]. \quad (5.10)$$

Підставляючи отримані за вищенаведеними формулами значення  $E_f$ ,  $F_q$  і  $\lambda$  в формулу (5.7), можна розрахувати інтенсивність теплового випромінювання  $q$  від полум'я факела на навколишні об'єкти.

Час існування «вогняної кулі»  $\tau_s$ , с, розраховують за формулою:

$$\tau_s = 0,92 \cdot M^{0,303}. \quad (5.11)$$

Якщо поблизу факела пожежі знаходиться людина, то дозу теплового опромінення  $Q$  (тепловий імпульс  $I$ ), яку вона отримує за час перебування під впливом випромінювання «вогняної кулі»  $\tau_n$ , кДж/м<sup>2</sup>, можна розрахувати за формулою

$$Q = q \cdot \tau_n \quad (5.12)$$

**ПРИКЛАД.**

Визначити час існування «вогняної кулі» в осередку пожежі та інтенсивність теплового випромінювання від неї на відстані 500 м при розриві сферичної ємності з пропаном об'ємом  $V = 600 \text{ м}^3$ . Ступінь заповнення резервуара рідкою фазою  $\alpha = 80\%$ . Яку дозу теплового випромінювання отримає людина, якщо вона перебуватиме під впливом випромінювання 5 с?

**Розв'язання.** Щільність горючої рідини, рідкого пропану, за довідковими даними становить  $\rho_p = 530 \text{ кг/м}^3$ . Відстань від опромінюваного об'єкта до точки на поверхні землі безпосередньо під центром «вогняної кулі» за умовою задачі приймаємо рівною  $r = 500 \text{ м}$ . Знаходимо масу горючої рідини  $M$ , кг, в резервуарі за формулою:

$$M = \frac{\alpha}{100} V \cdot \rho = \frac{80}{100} 600 \cdot 530 = 254000.$$

Визначаємо ефективний діаметр «вогняної кулі», м, за формулою (5.9):

$$D_s = 5,33 \cdot 254000^{0,327} = 312.$$

Враховуючи пояснення до формули (5.9), знаходимо висоту центра «вогняної кулі», м:

$$H = 0,5 \cdot 312 = 156.$$

Кутовий коефіцієнт опромінення між «вогняною кулею» і об'єктом, що розглядається, знайдемо за формулою (5.8):

$$F_q = \frac{1}{4} \left( \frac{156}{312} + 0,5 \right) \div \left[ \left( \frac{156}{312} + 0,5 \right)^2 + \left( \frac{500}{312} \right)^2 \right]^{1,5} = 0,0371.$$

За формулою (5.10) знаходимо коефіцієнт пропускання атмосфери:

$$\lambda = \exp \left[ -0,0007 \left( \sqrt{500^2 + 156^2} - \frac{312}{2} \right) \right] = 0,773.$$

Через відсутність експериментальних даних про величину середньповерхневої щільності теплового випромінювання полум'я  $E_p$ , відповідно до вищенаведених рекомендацій, приймаємо  $E_p = 450 \text{ кВт/м}^2$ .

За формулою (5.7) знаходимо інтенсивність теплового випромінювання від «вогняної кулі»,  $\text{кВт/м}^2$ , на поверхні об'єкта, що розглядається:

$$q = 450 \cdot 0,0371 \cdot 0,773 = 12,9.$$

Час існування «вогняної кулі», с, визначимо за формулою (5.11):

$$t_s = 0,92 \cdot 254000^{0,303} = 33,9.$$

Людина, що знаходиться на відстані 500 м від центру факела пожежі упродовж 5 с, отримає дозу теплового випромінювання  $Q$ ,  $\text{кДж/м}^2$ , яку розрахуємо за формулою (5.12):

$$Q = 12,9 \cdot 5 = 64,5.$$

**Висновки.**

Порівнюючи отримане значення інтенсивності теплового випромінювання від «вогняної кулі» на поверхні розглянутого об'єкта  $q = 12,9 \text{ кВт/м}^2$  з гранично допустимою інтенсивністю теплового випромінювання (табл. 5.7), бачимо, що при такому тепловому навантаженні людина може отримати опіки вище 2-го ступеня.

Порівнюючи значення дози теплового випромінювання  $Q$ , яку людина отримає від «вогняної кулі» за 5 с, з величинами теплових імпульсів за табл. 5.2, видно, що людина за такий короткий час не отримає опіки від теплового випромінювання «вогняної кулі».

### **5.5. Категорії вибухо- й пожежонебезпеки приміщень і будівель**

Пожежі та вибухи є найпоширенішими надзвичайними ситуаціями в сучасному індустріальному суспільстві. Найчастіше і, як правило, з важкими соціальними та економічними наслідками виникають пожежі на пожежонебезпечних і вибухонебезпечних об'єктах. Основна причина виникнення пожеж на таких об'єктах – руйнування котелень, ємностей і трубопроводів з легкозаймистими або вибухонебезпечними речовинами та газами, короткі замикання електропроводки в пошкоджених і частково зруйнованих будівлях і спорудах.

Виникнення пожеж залежить насамперед від характеру виробництва, властивостей речовин, які зберігаються, категорії приміщень, конструктивних характеристик будівель залежно від ступеня їх вогнестійкості.

За вибухо- та пожежонебезпекою усі приміщення розподіляють на п'ять категорій: А, Б, В, Г та Д.

Категорії вибухо- й пожежонебезпечки приміщень та будівель визначаються тільки щодо найбільш несприятливого у плані пожеж чи вибуху періоду, виходячи з виду горючих речовин чи матеріалів, що перебувають в апаратах та приміщеннях, їх кількості та пожежонебезпечних якостей, особливостей технологічних процесів.

Визначення пожежонебезпечних властивостей речовин та матеріалів здійснюється на основі результатів випробувань та розрахунків за стандартними методиками з урахуванням параметрів їх стану (тиск, температура тощо).

**Категорія А** (вибухо- та пожежонебезпечна) – це горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні паро- чи газоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надмірний тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Речовини та матеріали, які здатні до вибуху і горіння, в разі взаємодії з водою, киснем повітря або між собою, у такій кількості, що розрахунковий надмірний тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.

До цієї категорії виробництв відносяться цехи оброблення і використання металевого натрію і калію, нафтопереробні і хімічні підприємства, склади бензину, приміщення стаціонарних кисневих і лужних акумуляторних установок, водневі станції тощо.

**Категорія Б** (вибухо- та пожежонебезпечна) – горючий пил або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху понад 28°C, горючі рідини в такій кількості, що здатні утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні або пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається надмірний тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Наприклад, цехи приготування і транспортування вугільного пилу і деревного борошна, цехи цукрової пудри, цехи оброблення синтетичного каучуку, мазутне господарство електростанцій тощо.

**Категорія В** (пожежонебезпечна) – горючі займисті та важкогорючі речовини і матеріали (у тому числі пил та волокна), речовини та матеріали, здатні лише горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, за умови, що приміщення, де вони знаходяться, не відноситься до категорії А і Б.

До них належать: лісопилльні та деревообробні цехи, цехи текстильної і паперової промисловості, швейні та трикотажні фабрики, мастильне господарство, електростанції, гаражі тощо.

**Категорія Г** – негорючі речовини та матеріали в гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес оброблення яких супроводжується виділенням тепла, іскор і полум'я; горючі гази, рідини та тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо.

До них відносяться: ливарні, плавильні, ковальські та зварювальні цехи, цехи гарячого прокату металу, котельні, головні корпуси електростанцій тощо.

**Категорія Д** – негорючі речовини і матеріали у холодному стані. Допускається відносити до категорії Д приміщення, в яких містяться горючі рідини у системах змащення, охолодження та гідроприводу обладнання, у кількості не більше 60 кг в одиниці обладнання при тиску не більше 0,2 мПа, кабельні електропроводки до обладнання, окремі предмети меблів на місцях.

До них відносяться: цехи холодного оброблення металу, содове виробництво, насосні та водоприймальні пристрої електростанцій, вуглекислотні й хлораторні установки.

Найнебезпечніші у плані пожеж виробництва А і Б. На об'єктах категорій В, Г і Д можливість виникнення пожеж залежить практично від ступеня вогнестійкості будівель. Будівлі за вибухопожежною та пожежною безпекою розподіляються на категорії А, Б, В, Г та Д.

Будівля відноситься до категорії А, якщо в ній сумарна площа приміщень категорії А перевищує 5% площі усіх приміщень чи 200 м<sup>2</sup>. Дозволяється не відносити будівлю до



категорії А, якщо сумарна площа приміщень категорії А в будівлі не перевищує 25% сумарної її площі (але не більше 1000 м<sup>2</sup>) та ці приміщення обладнуються устаткуванням автоматичного пожежогасіння.

Будівля відноситься до категорії Б, якщо одночасно виконано дві умови:

- а) будівля не відноситься до категорії А;
- б) сумарна площа приміщень категорій А і Б перевищує 5% сумарної площі всіх приміщень чи 200 м<sup>2</sup>.

Дозволяється не відносити будівлю до категорії Б, якщо сумарна площа приміщень категорій А і Б у будівлі не перевищує 25% сумарної її площі (але не більше 1000 м<sup>2</sup>) та ці приміщення обладнуються устаткуванням автоматичного пожежогасіння.

Будівля відноситься до категорії В, якщо одночасно виконано дві умови:

- а) будівля не відноситься до категорій А та Б;
- б) сумарна площа приміщень категорій А, Б та В перевищує 5% (10%, якщо у будівлі відсутні приміщення категорії А та Б) сумарної площі будівлі.

Дозволяється не відносити будівлю до категорії В, якщо сумарна площа приміщень категорій А, Б та В у будівлі не перевищує 25% сумарної її площі (але не більше 3500 м<sup>2</sup>) та ці приміщення обладнуються устаткуванням автоматичного пожежогасіння.

Будівля відноситься до категорії Г, якщо одночасно виконані дві умови:

- а) будівля не відноситься до категорій А, Б та В;
- б) сумарна площа приміщень категорій А, Б, В та Г перевищує 5% сумарної площі.

Дозволяється не відносити будівлю до категорії Г, якщо сумарна площа приміщень категорій А, Б, В та Г у будівлі не перевищує 25% сумарної її площі (але не більше 5000 м<sup>2</sup>) та приміщення категорій А, Б, В обладнуються устаткуванням автоматичного пожежогасіння.

Будівля відноситься до категорії Д, якщо вона не відноситься до категорій А, Б, В та Г.

Розрізняють такі ступені вогнестійкості будинків: І, ІІ, ІІІ, ІІІа, ІІІб, ІV, ІVа, V.

**І, ІІ** – будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плиточних негорючих матеріалів.

**ІІІ** – будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плиточними матеріалами чи матеріалами груп горючості Г1, Г2. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи покриття горища з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

**ІІІа** – будинки переважно з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виготовлені з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих листових матеріалів з утеплювачем або негорючим, або груп горючості Г1, Г2.

**ІІІб** – будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виготовлені з деревини, що пройшла вогнезахисну обробку. Огороджувальні конструкції виконують із застосуванням деревини або матеріалів на її основі. Деревина та інші матеріали групи горючості Г3, Г4 огорожувальних конструкцій мають пройти вогнезахисну обробку або бути захищеними від дії вогню та високих температур.

**ІV** – будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з деревини або інших горючих матеріалів, захищених від дії вогню та високих температур штукатуркою або іншими листовими, плиточними матеріалами. До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості

та межі поширення вогню, при цьому елементи горючого покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку.

**IVa** – будинки переважно одноповерхові з каркасною конструктивною схемою. Елементи каркаса виготовлені з металевих незахищених конструкцій. Огороджувальні конструкції – з металевих профільованих листів або інших негорючих матеріалів з утеплювачем груп горючості ГЗ, Г4.

**V** – будинки, до несучих і огорожувальних конструкцій яких не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості та межі поширення вогню.

Таким чином, найнебезпечніші в плані пожежі будівлі IV і V ступенів вогнестійкості.

Відповідно до вимог Державних будівельних норм України «Пожежна безпека об'єктів будівництва» (ДБН В.1.1.7-2002) вводяться обмеження щодо поширення небезпечних факторів пожежі в будинках, які досягаються:

- застосуванням конструктивних та об'ємно-планувальних рішень, спрямованих на створення перешкод поширенню небезпечних факторів пожежі у приміщеннях, між приміщеннями, поверхами, протипожежними відсіками та секціями;
- зменшенням пожежної небезпеки будівельних матеріалів та конструкцій, у тому числі оздоблень і облицювань, що застосовуються у приміщеннях і на шляхах евакуації;
- зменшенням вибухонебезпечної і пожежної небезпеки технологічного процесу, використанням засобів, що перешкоджають розливанню та розтіканню горючих рідин під час пожежі;
- застосуванням засобів пожежогасіння, у тому числі автоматичних установок пожежогасіння, а також інших інженерно-технічних рішень, спрямованих на обмеження поширення небезпечних факторів пожежі.



### Питання для самоконтролю

1. Схарактеризуйте коротко стан пожежної безпеки в Україні.
2. Перерахуйте основні причини виникнення пожеж.
3. Дайте визначення поняття «горіння». Опишіть розвиток процесу горіння.
4. Поясніть, чим відрізняються гомогенне та гетерогенне горіння. Наведіть приклади.
5. Як поділяють пожежі залежно від розміру матеріальних втрат?
6. Дайте характеристику опікам різних ступенів.
7. Поясніть, які процеси протікають у зоні теплового впливу при пожежі без вибуху.
8. Скільки фаз мають пожежі без вибухів? Дайте характеристику кожній фазі.
9. Наведіть класифікацію приміщень за вибухо- та пожежонебезпекою.
10. Дайте характеристику ступеням вогнестійкості будинків.

## ТЕМА 6. НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ, ЩО МІСТЯТЬ ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ

### 6.1. Стан хімічної безпеки в Україні



До основних факторів хімічної небезпеки в Україні відносяться такі суб'єкти господарювання:

- хімічно небезпечні об'єкти (ХНО), в тому числі і окремі установки та агрегати, які виробляють, використовують переробляють або знищують небезпечні хімічні речовини;
- промислові підприємства, які утримують на своїй території небезпечні хімічні речовини, що не використовуються у виробництві і потребують утилізації;
- заводи (комплекси) з переробки нафтопродуктів;
- підприємства, які мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують аміак або хлор (особливо – ізотермічні резервуари аміаку);
- залізничні станції і порти, в яких концентрується продукція хімічного виробництва, термінали і склади на кінцевих пунктах переміщення небезпечних хімічних речовин (НХР);
- транспортні засоби, контейнери і наливні залізничні та автомобільні цистерни, річкові і морські танкери, що перевозять хімічні речовини;
- магістральні аміакопроводи;
- склади та бази, на яких зберігаються запаси речовин для дезінфекції, дератизації сховищ для зерна і продуктів його переробки;
- склади і бази із запасом отрутохімікатів для сільського господарства.

Загалом в Україні функціонує 938 об'єктів, на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності

308,07 тис. тонн небезпечних хімічних речовин, у тому числі 4,08 тис. тонн хлору, 202,66 тис. тонн аміаку та 101,33 тис. тонн інших небезпечних хімічних речовин. Ці об'єкти розподілені за ступенями хімічної безпеки та наведені в табл. 6.1:

Таблиця 6.1

Хімічно небезпечні об'єкти  
за ступенями хімічної безпеки

Ступінь хімічної безпеки	Кількість ХНО (2014 р.)	Кількість населення в зоні хімічного зараження
I	65	понад 3 тис. осіб
II	128	від 0,3 до 3 тис. осіб
III	178	від 0,1 до 0,3 тис. осіб
IV	567	менше 0,1 тис. осіб

Всього у зонах можливого хімічного забруднення від цих об'єктів проживає 10,244 млн. осіб (25% населення країни).

Основні типи таких хімічно-небезпечних об'єктів концентруються переважно в промислових та густонаселених районах країни. Найбільшу кількість ХНО зосереджено у східних областях України а саме: Донецька область – 149 об'єктів; Дніпропетровська – 108 об'єктів; Харківська – 80 об'єктів. На відміну від АЕС, більшість великих виробництв СДЯР знаходяться поблизу і навіть у межах великих міст.

Аміак є найбільш багатотоннажною сировиною у хімічній промисловості, зберігається у резервуарах з одиничною ємністю в декілька тисяч тонн (ізотермічні сховища) і широко використовується у різних технологіях, причому виробничі об'єкти часто розташовані поблизу населених зон. Зазначені сховища аміаку обладнані необхідними системами контролю за станом їх безпечної експлуатації та ліквідації аварійних ситуацій на них згідно з вимогами технічних умов, державних стандартів та інших нормативних документів. Проте значна кількість аміачно-холодильних установок перебуває у незадовільному стані через відсутність в Україні виробництва комплектуючих, фізичне та моральне їх старіння. Холодопродуктивність діючих аміачно-холодильних установок

значно нижча, ніж у їх аналогів, що застосовуються в країнах Євросоюзу, та призводить до застосування в технологіях значно більших об'ємів аміаку.

Територією восьми областей України проходить ділянка траси магістрального аміакопроводу, яку обслуговує державне підприємство «Укрхімтрансаміак». Загальна протяжність трубопроводу по Україні становить 1023 км. Пропускна спроможність аміакопроводу складає 2,12 млн. тонн/рік. Діаметр трубопроводу 355,6 мм. При тиску аміаку у трубопроводі 80 кг/см<sup>2</sup> кожний кілометр труби містить до 56 тонн аміаку. В зоні можливого ураження при аварії на аміакопроводі може опинитися від 200 до 15000 осіб, залежно від місця виникнення аварії.

Щороку проводиться обстеження трубопроводу в місцях його перетину з водними перешкодами, автодорогами і залізницями. Здійснюються також перевірки товщини стінок трубопроводів, посудин, що працюють під тиском на насосних і розподільчих станціях. Аміакопровід забезпечується автоматичною інформаційно-вимірювальною системою контролю і управління основними параметрами, яка здійснюється дистанційно на всіх ділянках.

Безпека функціонування ХНО залежить від багатьох факторів, а саме: фізико-хімічних властивостей сировини, характеру технологічного процесу, конструкції та надійності обладнання, умов зберігання і транспортування хімічних речовин, стану контрольно-вимірювальної апаратури та засобів автоматизації, ефективності засобів протиаварійного захисту. Крім того, безпека виробництва, використання, зберігання і перевезення НХР значною мірою залежить від рівня організації профілактичних заходів, своєчасності і якості планово-запобіжних ремонтних робіт, підготовленості і практичних навичок персоналу, системи нагляду за станом технічних засобів протиаварійного захисту.

Рівень безпеки більшості хімічних, нафтохімічних та нафтопереробних виробництв характеризується як моральним старінням застосовуваних технологій, так і ресурсним зношенням, моральним і фізичним старінням основних фондів. Значна кількість технологічного обладнання та транспорт-

них засобів хімічного комплексу не відповідають вимогам безпеки, вичерпали встановлений ресурс експлуатації. На підприємствах хімічного комплексу значна кількість будівель і споруд потребують капітального ремонту, не всі будівлі і споруди відповідають вимогам будівельних норм.

Отже, головними причинами можливого виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із небезпечними хімічними речовинами та незадовільної екологічної ситуації в місцях розташування ХНО є:

- високий рівень концентрації ХНО;
- високий рівень сировинно- і енергоємного виробництва;
- застарілі технології та низький рівень застосування прогресивних, ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій;
- зношення основних фондів підприємств;
- низька ефективність очисних споруд;
- низький рівень культури виробництва та порушення проектних, технологічних режимів;
- фінансові труднощі як ХНО, так і держави загалом.

## **6.2. Класифікація небезпечних хімічних речовин**

**Небезпечна хімічна речовина (НХР)** – це використовувана у промисловості та/або сільському господарстві речовина, яка при розливі або викиданні забруднює довкілля і може спричинити ураження чи загибель людей, рослин і тварин.

Небезпечні хімічні речовини поділяють на: 1) аварійно хімічно небезпечні речовини або сильнодіючі ядучі речовини (СДЯР); 2) бойові отруйні речовини; 3) речовини, що спричиняють переважно хронічні захворювання.

Сучасна наука має відомості про понад 60 мільйонів хімічних речовин. Серед них нараховується понад 6 мільйонів небезпечних хімічних речовин (НХР). Сучасна хімічна промисловість у великих кількостях виробляє близько 60 тисяч НХР.

Класифікацію НХР проводять за:

- 1) ступенем токсичності при інгаляційному і пероральному надходженні до організму;

- 2) ознакою переважного синдрому при гострій інтоксикації;
- 3) агрегатним станом;
- 4) температурою кипіння;
- 5) здатністю до горіння;
- 6) впливом на організм людини.

За ступенем токсичності всі хімічні речовини поділяють на:

- надзвичайно токсичні, з  $LC_{50} < 1$  мг/л і  $LD_{50} < 1$  мг/кг;
- високотоксичні, з  $LC_{50} = 1...5$  мг/л і  $LD_{50} = 1...50$  мг/кг;
- сильнотоксичні, з  $LC_{50} = 6...20$  мг/л і  $LD_{50} = 51...500$  мг/кг;
- помірнотоксичні, з  $LC_{50} = 21...80$  мг/л і  $LD_{50} = 501...5000$  мг/кг;
- малотоксичні, з  $LC_{50} = 81...160$  мг/л і  $LD_{50} = 5001...15000$  мг/кг;
- нетоксичні, з  $LC_{50} > 160$  мг/л і  $LD_{50} > 15000$  мг/кг.

У системі стандартів безпеки праці за ступенем дії на організм людини НХР поділяються на чотири класи небезпеки:

- I – надзвичайно небезпечні;
- II – високонебезпечні;
- III – помірно небезпечні;
- IV – малонебезпечні речовини.

Клас небезпеки НХР встановлюють за найбільш жорстким показником, характерним для даної речовини (таблиця 6.2).

Таблиця 6.2

#### Характеристика класів небезпеки хімічних речовин (ГОСТ 12.1.007-76)

Клас небезпеки НХР	ГДК у повітрі робочої зони, міліграмів на 1 куб. метр	Середня смертельна доза ( $LD_{50}$ ) при потраплянні в шлунок, грамів на 1 кг ваги тіла	Середня смертельна доза ( $LD_{50}$ ) при впливі на шкіру, міліграмів на 1 кг ваги тіла	Середня смертельна концентрація ( $LD_{50}$ ) у повітрі, міліграмів на 1 куб. метр
I – надзвичайно небезпечні	< 0,1	< 15	< 100	< 500

II – високо-небезпечні	0,1...1	15...150	100...500	500...5000
III – помірно небезпечні	1,1...10	151...5000	501...2500	5001...50000
IV – мало-небезпечні	> 10	> 5000	> 2500	> 50000

За здатністю до горіння НХР поділяються на:

- горючі – легко займаються від джерела вогню та продовжують самостійно горіти після його вилучення (аміл, акрилонітрил, гептил, аміак-газ, сірковуглець, окиси азоту тощо);
- важкогорючі – легко займаються під впливом джерела вогню, не здатні самостійно горіти після вилучення останнього (аміак рідкий, ціаністий водень тощо);
- негорючі – не здатні до горіння в атмосфері нормального складу (з концентрацією кисню до 21%) при температурі до 900°C (хлор, азотна кислота, фтористий кисень, фосген, окис вуглецю, сірчаний ангідрид);
- негорючі пожежонебезпечні – розкладаються при низьких температурах, виділяють горючі газу (пара), це окислювачі (хлор, азотна кислота).

Здатність НХР переходити в основний уражаючий стан і створювати уражаючі концентрації визначається їх фізико-хімічними властивостями. Найбільше значення у випадку ураження людини має агрегатний стан речовини, розчинність її у воді й органічних розчинах, щільність розчину та її летучість, питома теплота випарування і теплоємність рідин, насичених парів, температура кипіння.

За швидкістю розвитку клініки ураження усі НХР поділяються на швидкодіючі та НХР уповільненої дії. Швидкодіючі (кислота синильна, аміак, бензин, бензол, фосфорорганічні речовини, хлор та інші) спричиняють ураження в найближчі кілька десятків хвилин. Для НХР уповільненої дії характерна наявність прихованого періоду, що може тривати 10...15 (і більше) годин (фосген, кислота сульфаститна тощо).

До стійких НХР відносяться речовини з температурою кипіння вище за 140°C (хлорпікрин, кислота сульфатна,



тетраетилсвинець тощо). Вони можуть зберігати уражаючі властивості на місцевості від кількох годин до кількох місяців. Нестійкі НХР мають температуру кипіння нижче за 140°C і час ураження ними місцевості становить від кількох хвилин до однієї години (кислота синильна, вуглецю діоксид тощо).

На стійкість НХР впливає безліч причин: метеорологічні умови (температура, швидкість вітру, вертикальна стійкість), характер місцевості тощо.

За агрегатним станом НХР класифікуються як:

- рідкі та стиснені гази (аміак, фосген, сірчаний газ, окис вуглецю, фтор тощо);
- рідини з температурою кипіння, нижчою за 100 °С (фтористий кисень, азотна кислота, сірковуглець, акрилонітрил тощо);
- рідини з температурою кипіння понад 100 °С (хлористий кисень, сірчана кислота).

У звичайних умовах НХР можуть перебувати у твердому, рідкому та газоподібному стані. Газ (пара) займає великий об'єм, тому при виробництві, використанні, зберіганні та перевезенні газоподібні НХР можуть переходитися у рідкий стан або знаходитися під тиском. Це істотно впливає як на кількість НХР, так і на фазово-дисперсний склад хмари, що при цьому утворюється.

В атмосфері НХР можуть знаходитися у вигляді пари або газу, а також в аерозольному стані, коли рідка або тверда речовина зависає в повітрі у вигляді часток різного розміру: від тонко дисперсних – діаметром до 30 мкм (туман, дим) до грубо дисперсних – діаметром більш 30 мкм (мжичка, дим) і в крапельно-рідкому стані.

Важливим показником властивостей НХР є відносна щільність пари (відношення пари до щільності повітря). Якщо відносна щільність пари менша за одиницю, то речовина легша за повітря і швидко розсіюється, при відносній щільності пари вище за одиницю НХР довше утримуються на поверхні землі, а їх вплив на людину більш тривалий (табл. 6.3).

**Таблиця 6.3**  
**Фізико-хімічні властивості деяких небезпечних хімічних речовин**

Найменування НХР	Агрегатний стан	Відносна щільність*	Температура кипіння, °С	Температура плавлення, °С	Розчинність	Граничні вибухо-небезпечні концентрації, %	ГДК, мг/м <sup>3</sup>
Аміак	Газ	0,771	-33,35	-77,75	У воді 526 г/л В ефірі й органічних розчинниках	15...28,0	20,0
Ацетон	Рідина	0,791	56,2	-95,4	З водою змішується у будь-яких співвідношеннях	2,55...12,8	200,0
Бензин	Рідина	0,72... ...0,825	40...70	-	-	2,9...8,1	Для бензін-розчинників 300,0 Для паливних 100,0

\* Відносна щільність – це щільність рідин порівняно зі щільністю води, щільність газів або пари – порівняно з повітрям.

Етилен-гліколь	Рідина	1,113	198,1	- 15,6	У воді, необмежено в етанолі	-	5,0
Кислота сульфатна	Рідина	1,834	330,0	10,35	З водою змішується у будь-яких співвідношеннях	-	1,0
Метилу хлорид	Газ	0,992	- 24,1	-	-	Спалахує в суміші 8,1...19,7%	5,0
Сірчаний ангідрид	Газ	2,926	- 10,1	- 75,5	У воді 22,8 г/100г	-	10,0
Сірководень	Газ	1,538	- 60,38	- 85,7	У воді 291 мл/100г	4,3...46,0	10,0
Сірковуглець	Рідина	1,260	46,3	- 112,0	В ефірі, спирті, у будь-яких співвідношеннях	1,25...50,0	1,0
Фосген	Газ	1,42	8,2	- 118,0	У крижаній оцтовій кислоті, бензолі, толуолі	-	0,5
Хлор	Газ	3,214	- 34,05	- 101,3	У воді 0,7 г/100г	У суміші з воднем 92,2...1,5%	1,0

В аварійних ситуаціях необхідно визначити найнебезпечніший вплив НХР на людину з метою надання своєчасної і кваліфікованої допомоги потерпілим. Тож найбільше поширення має класифікація НХР на основі *переважаючого синдрому*, що формується при гострій інтоксикації.

Відповідно до токсикологічної класифікації всі НХР поділяють на шість груп:

1. Речовини з переважно задушливою дією (хлор, трихлористий фосфор, фосген, хлориди сірки тощо) впливають на організм людини через вдихання парів, через деякий час ці речовини викликають токсичний набряк легенів.
2. Речовини переважно загальної токсичної дії (кислота синильна, вуглецю діоксид тощо) – викликають гострі порушення енергетичного обміну в організмі та поділяються на отрути крові, гемолітичні отрути, тканинні отрути (інгібітори ферментів дихальної системи, відокремлювач процесів окислення), а також речовини, які виснажують запаси субстратів для процесів біологічного окислення. У разі потрапляння до організму людини смертельних доз з'являються клонікотонічні судоми, різкий ціаноз, гостра серцево-судинна недостатність, зупинка дихання.
3. Речовини, яким властива задушлива і загальноотруйна дія (сірководень, сульфатний ангідрид, азоту оксид тощо) мають здатність до сильної опікової дії, що значно ускладнює надання допомоги потерпілим. У разі високих концентрацій спостерігаються судоми, знепритомнення, глибокий наркоз зі зникненням усіх рефлексів.
4. Нейротропні отрути, що діють на виникнення, проведення і передавання знервованого імпульсу (ФОС, сірковуглець) діють на нервову систему людини. У разі високих концентрацій – це глибокий наркоз зі зникненням усіх рефлексів. Падіння артеріального тиску, порушення серцевого ритму.
5. Речовини із задушливою і нейротропною дією (аміак, гептил, гідразин тощо) – викликають гіпертонію, кон'юнктивіт носоглотки, кашель, блювання. При висо-

ких концентраціях – набряк губ і кон'юнктиви, кашель з мокротинням, ціаноз, тахікардія.

6. **Метаболічні отрути (отрути)** (діоксан, метилбромід, метилхлорид, спирт метиловий) втручаються в процес метаболізму речовин в організмі. Отруєння ними характеризується відсутністю певної реакції організму на отруту, але поступово у процес ураження втягується багато органів.

Фізичні та токсичні властивості деяких поширених НХР наведені у додатках (аварійних карточках).

### **6.3. Зони хімічного забруднення та осередки хімічного ураження**

Критерієм для визначення хімічної небезпеки хімічно-небезпечного об'єкта (ХНО) є кількість населення, що потрапляє до *прогнозованої зони хімічного забруднення* під час аварії на об'єкті. Ця зона являє собою площу еліпса, довга діагональ якого дорівнює найбільшій глибині розповсюдження хмари забрудненого повітря з пороговою концентрацією.

Залежно від того, скільки людей потрапляє до *прогнозованої зони хімічного забруднення*, виділяють чотири ступені хімічної небезпеки:

- I – понад 3 тис. чоловік;
- II – від 0,3 до 3 тис. чоловік;
- III – від 0,1 до 0,3 тис. чоловік;
- IV – менше 0,1 тис. чоловік.

Для *адміністративно-територіальних одиниць* ступінь небезпеки від ХНО оцінюється частиною території, що потрапляє у *зону можливого хімічного забруднення* (ЗМХЗ) при аваріях на хімічно-небезпечному об'єкті.

Перший ступінь хімічної небезпеки адміністративно-територіальних одиниць фіксується тоді, коли до зони можливого хімічного забруднення входить більше 50% території, другий – від 30% до 50%, третій – від 10% до 30% і четвертий – менше 10%.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

**Адміністративно-територіальною одиницею** називають компакту частину єдиної території України, що є просторовою основою для організації і діяльності органів державної влади та органів місцевого самоврядування. Прикладами адміністративно-територіальних одиниць в Україні є: область, район, місто, район у місті, селище, село.

Під час аварії на ХНО виникають **зони хімічного забруднення** (ЗХЗ). Ця територія забруднення НХР у небезпечних для життя людей межах включає місце безпосереднього впливу НХР унаслідок аварії (зона розливу) і територію, на яку поширилися пари НХР в уражаючих концентраціях (зона переносу). Розміри ЗХЗ визначаються кількістю викиду НХР унаслідок аварії, їхніми фізико-хімічними властивостями, метеорологічними чинниками тощо.

На території ЗХЗ можуть виникати один чи кілька осередків хімічного ураження. **Осередок хімічного ураження** – це територія, у межах якої внаслідок впливу НХР виникли масові ураження людей і сільськогосподарських тварин.

Залежно від виду НХР, викинутих унаслідок аварії, розрізняють чотири види осередків хімічного ураження:

- 1) осередок ураження нестійкими швидкодіючими НХР (кислота синильна, аміак, бензол, воднофторид, дихлоретан тощо);
- 2) осередок ураження нестійкими повільнодіючими НХР (оросген, метилбромід, гранозан тощо);
- 3) осередок ураження стійкими швидкодіючими НХР (деякі ФОС, аміак, анілін, фурфурол тощо);
- 4) осередок ураження стійкими повільнодіючими НХР (кислота сульфатна тощо).

Осередки хімічного ураження, утворені *швидкодіючими* НХР, характеризуються:

- **одномиттєвим** (хвилини, десятки хвилин) ураженням великої кількості людей;

- швидким виникненням інтоксикації, в основному з важкими ураженнями;
- необхідністю надання медичної допомоги ураженим у максимально короткий термін, як в осередку, так і за його межами (особливого значення набуває надання само- і взаємодопомоги);
- потребою в терміновій евакуації уражених з осередку аварії.

Особливості осередку хімічного ураження, створеного НХР *уповільненої дії*:

- поступове формування санітарних втрат;
  - необхідність активного виявлення уражених серед населення;
  - евакуація уражених у міру їх звернень і виявлення.
- Для осередків ураження *стійкими* НХР характерна:
- тривалість небезпеки ураження людей;
  - можливість ураження людей, які потрапили в осередок після його виникнення;
  - небезпека ураження після виходу з осередку за рахунок випарування НХР (із зараженого одягу, волосся, шкірних покривів) чи контакту із зараженими предметами;
  - необхідність проведення дегазації території осередку, одягу, взуття, засобів захисту уражених, а також транспортних засобів тощо;
  - необхідність проведення в короткий термін санітарної обробки;
  - небезпечність уражених, які не пройшли санітарної обробки, для оточуючих.

Дегазація і санітарна обробка в осередках, утворених *нестійкими* НХР, як правило, не проводяться. Основний принцип дегазації НХР полягає в тому, що речовини кислого характеру дегазуються речовинами, що мають лужну реакцію, і навпаки. Деякі НХР вступають у реакцію з дегазуючими речовинами і виділяють під час цього велику кількість тепла, що може призвести до пожеж і вибухів. У таких випадках для дегазації використовують суміші речовин, що

дегазують, з піском і землею. Деякі речовини, що дегазують, токсичні для людей і вимагають під час роботи з ними застосування засобів захисту органів дихання та шкіри.

#### 6.4. Токсичні властивості СДЯР

Важливою характеристикою СДЯР є їх токсичність (грец. *toxikon* – отрута), тобто отруйність. Під токсичністю речовини розуміється її здатність викликати патологічні зміни в організмі, які приводять людину до втрати дієздатності або до загибелі.

Токсичність залежить від шляхів потрапляння СДЯР у людський організм:

- ✓ при вдиханні з повітрям (інгаляційно, *inhalo* – вдихую),
- ✓ при потрапленні у шлунок (перорально, *per os* – через рот),
- ✓ при контакті зі шкірою (перкутанно, кутіс, *cutis* – шкіра),
- ✓ через слизові оболонки і незагоєні поверхні ран (резорбтивно, *resorbeo* – поглинаю).

При вдиханні з повітрям СДЯР безпосередньо стикаються із дуже великою площею поверхні легень (площа легеневої поверхні дорослої людини майже дорівнює площі футбольного поля!). Тому всмоктування СДЯР у кров із легень відбувається дуже швидко. При цьому такий важливий захисний бар'єр як печінка виявляється виключеною із процесу знезараження організмом СДЯР.

Кількісно токсичність СДЯР оцінюється дозою. Доза речовини, що викликає певний токсичний ефект, називається **токсичною дозою (D)**. Токсична доза, що викликає однако-ві за тяжкістю ураження, залежить від властивостей СДЯР, шляхів її проникнення в організм, від виду організму і умов викиду.

Уражаючий ефект для організму людини від речовин, що проникають в організм у рідкому або аерозольному стані через шкіру, шлунково-кишковий тракт або через рани залежить тільки від кількості СДЯР.

Токсичні властивості речовин визначають експериментальним шляхом на різних лабораторних тваринах, тому частіше користуються поняттям *питомої токсодози* – дози віднесеної до одиниці живої маси тварини. Токсичність однієї й тієї ж речовини, навіть при однакових умовах, різна для різних видів тварин, а для конкретного виду тварини помітно відрізняється в залежності від способу надходження в організм. Тому після чисельного значення токсодози вказують вид тварини і спосіб введення речовини. Наприклад, запис: «Зарін,  $D_{\text{смерт}} = 0,017 \text{ мг/кг}$  (кролики, внутрішньовенно)» означає, що доза зарину  $0,017 \text{ мг/кг}$ , що введена кролику в вену, викликає у нього смертельний наслідок.

Токсичні для організму дози поділяють на:

- порогові;
- такі, що виводять з ладу;
- смертельні токсодози.

**Порогова токсодоза** (*primary dose – PD*) – кількість речовини, що викликає початкові ознаки ураження організму з певною ймовірністю або, що те ж саме, у певного відсотка людей або тварин. Ймовірність проставляється внизу праворуч, наприклад  $PD_{50}$  – середня порогова токсодоза.

**Токсодоза, що виводить з ладу** (*incapacitating dose – ID*) – кількість речовини, що викликає при потраплянні в організм вихід з ладу певного відсотка уражених як тимчасово, так і зі смертельним результатом, наприклад  $ID_{50}$  – середня токсодоза, що виводить людину з ладу, робить її недієздатною.

**Смертельна токсодоза** (*lethal dose – LD*) – кількість речовини, що викликає при потраплянні в організм смертельний результат з певною ймовірністю, наприклад  $LD_{50}$  – середня смертельна токсодоза.

У дозах, менших за  $LD_{50}$ , СДЯР викликають ураження різного ступеня тяжкості:

- тяжкі – при 30...50% від  $LD_{50}$ ;
- середні – при 20% від  $LD_{50}$ ;
- легкі – приблизно при 10% від  $LD_{50}$ .

Величини  $PD_{50}$ ,  $ID_{50}$ ,  $LD_{50}$  є *шкірно-резорбтивними токсодозами*, окрім них використовуються також *інгаляційні токсодози*, тобто токсодози для СДЯР, що заражають атмосферу парою або тонкодисперсним аерозолем і викликають ураження людини і тварин через органи дихання.

Для розрахунку *інгаляційних токсодоз* використовується рівняння:

$$D = \frac{C \cdot \tau V}{G}, \quad (6.1)$$

де:  $C$  – концентрація СДЯР у повітрі, мг/л;

$\tau$  – тривалість вдихання зараженого повітря, хв;

$V$  – інтенсивність дихання, л/хв;

$G$  – маса тіла людини, кг.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

Німецький хімік, лауреат Нобелівської премії з хімії 1918 року, Фріц Габер (1868–1934) запропонував спростити цей вираз. Прийнявши допущення, що для людей, котрі знаходяться в однакових умовах, відношення  $V/G$  постійно, тож його можна виключити при характеристиці інгаляційної токсичності речовини, він отримав вираз

$$K = C \cdot \tau, \quad (6.2)$$

Добуток  $C \cdot \tau$  Габер назвав коефіцієнтом токсичності і прийняв його за постійну величину. Ця величина дозволяє порівнювати різні СДЯР за *інгаляційною токсичністю*. Часто цей коефіцієнт називають **інгаляційною токсодозою** і позначають  $PC\tau_{50}$ ,  $IC\tau_{50}$ ,  $LC\tau_{50}$ , хоча правильніше його називати *відотною токсичністю при інгаляції*.

Фріц Габер відомий також своєю причетністю до створення хімічної зброї масового знищення. Під час Першої світової війни під його безпосереднім керівництвом 22 квітня 1915 року Німеччина провела масовану хлорну атаку на Західному фронті в Бельгії, біля міста Іпр. Війці газового підрозділу, яких навчав особисто Габер, зі своїх позицій між пунктами Біксшуте і Лангемарк випустили на противника хлор з 5730 балонів. Союзники



(англійці і французи) зазнали значних втрат – 15 тисяч солдатів отримали ураження, з них 5 тисяч загинули. Газети того часу так писали про дію хлору на організм людини: «водяниста слизова рідина поступово заповнює всі легені, через що відбувається удушення, внаслідок якого люди вмирають протягом 1 або 2 днів». Ті, кому «пощастило» вижити, з бравих солдатів, яких з перемогою чекали вдома, перетворилися на сліпих калік зі спаленими легенями.

За успішне здійснення газової атаки проти союзних військ Габеру було присвоєно звання капітана німецьких військ. Серед тих, хто не поділяв радість військових перемог країни і успіхів Габера, була його дружина Клара. Хоча вона й намагалася всіляко допомагати своєму чоловікові і навіть перебрала англійською всі його роботи, захоплення Габера розробкою хімічної зброї вона вважала «огидним і варварським». У ту ніч, коли Фріц Габер вперше одягнув свій капітанський мундир і святкував перше застосування зброї масового знищення власного винаходу і своє підвищення, Клара покінчила життя самогубством. 2 травня 1915 вона взяла армійський пістолет чоловіка і натиснула на курок у саду власного будинку.

Відносна токсичність СДЯР при інгаляції залежить від фізичного навантаження на людину. Для людей, зайнятих важкою фізичною роботою ( $V = 40$  л/хв) вона буде менше, ніж для людей, які знаходяться у спокої ( $V = 10$  л/хв).

Токсодози деяких СДЯР наведені у табл. 6.4.

Чим меншою є токсодоза, тим більшою є токсичність речовини.

Таблиця 6.4

#### Інгаляційні токсодози деяких СДЯР

Показник	Аміак	Хлор	Оксиди азоту	Сірчистий ангідрид	Фосген	Сірководень	Ціаністий водень
$LC_{50}$	150	6,0	8,0	5,0	3,2	30	2,0
$IC_{50}$	15	0,6	1,5	12	0,6	6,0	0,2
$PC_{50}$	5,0	0,3	0,5	0,5	0,2	2,0	0,1

Окрім токсодоз, для характеристики токсичності СДЯР використовують такий показник як **межа переносимості** – це максимальна концентрація, яку людина може витримати певний час без стійкого ураження.

У промисловості за межу переносимості використовують *гранично допустиму концентрацію* (ГДК). Ця концентрація визначена як максимально допустима, яка при постійному впливі на людину протягом робочого дня не викликає через тривалий проміжок часу патологічних змін або захворювань, що виявляються сучасними методами діагностики. Проте ГДК у повітрі робочої зони, як правило, відноситься до восьмигодинного робочого дня і не може використовуватися для оцінки небезпеки аварійних ситуацій у випадках, коли вплив СДЯР на людей перевищує 8 годин. Гранично допустимі концентрації основних СДЯР наведені в табл. 6.5.

Таблиця 6.5

#### Гранично допустимі концентрації СДЯР, мг/м<sup>3</sup>

Показник	Аміак	Гідрозин	Оксиди азоту	Сірчистий ангідрид	Фосген	Оксид вуглецю	Ціаністий водень
Клас небезпеки	4	1	2	3	2	4	2
ГДК у повітрі робочої зони	20	0,1	5	10	0,5	20	0,3
ГДК в атмосферному повітрі населених пунктів:							
Максимальна	0,2	–	0,085	0,5	–	3	–
Середньодобова	0,2	–	0,085	0,05	–	1	0,01

#### 6.5. Характер можливих хімічних аварій

Говорячи про небезпеки великих промислових аварій, слід пам'ятати, що наслідки впливу токсичних речовин сут-

тево відрізняються від наслідків вибухів і пожеж, і можуть бути досить віддаленими в часі. Аналіз статистики уражень людей у великих аваріях з пожежами, вибухами і токсичними викидами свідчить про те, що від токсичних уражень загинуло 8%, а постраждало 32% від кількості всіх уражених в цих аваріях.

Аналіз структури підприємств, які виробляють або використовують у виробництві НХР, показує, що в їх технологічних лініях обертається незначна кількість токсичних хімічних продуктів. Значно більша за обсягами кількість НХР міститься на складах підприємств. Це призводить до того, що при аваріях в цехах і дільницях підприємств у більшості випадків має місце локальне забруднення повітря на території підприємств. При цьому ураження може отримати в основному виробничий персонал.

Місткість складу зберігання НХР на будь-якому підприємстві визначається залежно від запасу, який необхідний для забезпечення безперебійної роботи підприємства, а також від доцільно допустимого накопичення продукції, яка призначена до відправки споживачам.

На виробничих площах або на транспортних засобах НХР, як правило, утримуються в стандартних ємностях. Це можуть бути алюмінієві, сталеві оболонки і залізобетонні споруди, в яких підтримуються умови відповідно до встановлених режимів зберігання. Найбільш широкое розповсюдження одержали ємності та резервуари циліндричної форми та кульові.

Надземні резервуари розташовують групами. У кожній групі передбачається резервна ємність для перекачки НХР у випадку її витікання із будь-якого резервуару. Для кожної групи надземних резервуарів по периметру влаштовується замкнене облаштування або огорожуючі стіни з вогнетривких і корозійностійких матеріалів висотою не менше ніж 1 м. Внутрішній об'єм огороженої території розраховується на весь об'єм НХР групи резервуарів. Відстань від резервуарів до підшви облаштування або огорожуючої стіни вибира-

ється рівною половині діаметра ближнього резервуара, але не менше ніж 1 м.

Процес випаровування НХР можна умовно розділити на три періоди:

- 1) перший – бурхливе миттєве випаровування за рахунок різниці пружності насичених парів НХР в ємності та парціального тиску в повітрі. За цей період випаровується значна кількість НХР з утворенням хмари, що має смертельну концентрацію;
- 2) другий – нестійке випаровування НХР за рахунок тепла піддону (обладнання), зміна тепловмісту рідини і прийому тепла від навколишнього повітря;
- 3) третій – стаціонарне випаровування НХР за рахунок тепла навколишнього повітря. Тривалість даного періоду залежить від швидкості повітря, температури навколишнього повітря і рідкої пари, типу НХР, її кількості.

У випадку руйнування оболонки ізотермічного сховища і подальшого розливання великої кількості НХР у піддон (обвалування), випаровування за рахунок різниці пружності насичених парів у ємності та парціального тиску в повітрі у зв'язку з малим надмірним тиском практично не спостерігається. Для даного типу ємностей характерні періоди нестаціонарного і стаціонарного випаровування НХР. Формування *первинної хмари* здійснюється за рахунок тепла піддона (обвалування), зміни тепловмісту рідини і притоку тепла від навколишнього повітря. При цьому до *первинної хмари* переходить 3...5% речовини.

При руйнуванні оболонок з висококиплячими рідинами, утворення *первинної хмари* не відбувається. Враховуючи малі швидкості випаровування таких НХР, вони будуть небезпечні тільки для людей, які знаходяться в районі аварії.

Зазвичай на промислових об'єктах також зосереджена значна кількість різних займистих і горючих речовин. Ці обставини необхідно враховувати при виникненні пожеж на підприємствах. Більше того, сама пожежа може сприяти виділенню різних отруйних речовин.

Аналіз аварій, які виникли, та розрахунки показують, що хімічно небезпечні об'єкти можуть бути джерелом: залпових викидів НХР у повітря; скидання НХР до водойм; «хімічної пожежі» з надходженням токсичних речовин у навколишнє середовище; руйнівних вибухів; зараження об'єктів і місцевості в осередку аварії і на шляху розповсюдження хмари, великих задимлення і сполучення з токсичними продуктами.

Для будь-якої аварійної ситуації характерні стадії виникнення, розвитку і спаду небезпеки. На ХНО в розпал аварії можуть діяти, як правило, кілька уражаючих факторів – пожежа, вибухи, хімічне забруднення місцевості та повітря тощо, а за межами об'єкту – забруднення навколишнього середовища. Головним *уражаючим фактором* під час аварій на хімічно небезпечному об'єкті є хімічне забруднення приземного шару атмосфери, яке призводить до ураження людей у зоні дії НХР. *Хімічне забруднення* визначається параметрами хмари забруднення повітря і розмірами зон хімічного забруднення. Масштаби хімічного забруднення характеризують розмірами (глибиною) зон зараження зі смертельними, такими, що виводять з ладу, або пороговими токсодозами.

При аваріях на складах підприємств, коли руйнуються великотоннажні ємності, СДЯР поширюється за межі підприємства, приводячи до масового ураження не тільки персонал підприємства, але й населення. Ризик такої аварії і можливі масштаби забруднення навколишнього середовища залежать від умов зберігання СДЯР.

Нині на складах підприємств використовуються, головним чином, три *способи зберігання СДЯР*:

- в резервуарах під високим тиском (до 2,0 МПа);
- в ізотермічних штучно охолоджуваних сховищах (при тиску, близькому до атмосферного, і пониженій температурі, до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ );
- у закритих ємностях при температурі навколишнього середовища (характерно для висококиплячих рідин).

При зберіганні великих об'ємів СДЯР (від 100 т до 50 тис. т) на сучасних підприємствах використовують 2 способи: під високим тиском та ізотермічний спосіб зберігання.

Від способу зберігання СДЯР залежить їх поведінка при пошкодженні оболонок резервуарів. У випадку аварійного розкриття оболонки ємності під тиском або ізотермічного сховища утворюються *первинна і вторинна хмари* забрудненого СДЯР повітря, що знаходиться в аерозольному або пароподібному стані. Хімічно небезпечні компоненти, що зберігаються під тиском, мають велику енергонасиченість і тому характеризуються більш потужним (залповим) викидом з утворенням первинної хмари.

Речовини, що зберігаються під нормальним тиском, випаровуються при розриві ємності повільніше і утворюють менш потужний викид. Однак таке джерело хімічного зараження діє триваліший час. При розриві оболонок з висококиплячими рідинами утворення первинної хмари не відбувається. Зауважимо, що *первинна хмара* утворюється безпосередньо за рахунок викиду СДЯР при розриві оболонки, а *вторинна хмара* – за рахунок подальшого випаровування СДЯР із зони розливу або розкритої ємності.

Залежно від наслідків, аварії на ХНО поділяються на локальні, місцеві та загальні. При *локальній аварії* її наслідки обмежуються однією спорудою (агрегатом, установкою) підприємства та призводять до зараження в цій споруді повітря й обладнання і створюють загрозу ураження працюючого в ній особового складу та виробничого персоналу.

При *місцевій аварії* наслідки обмежуються виробничим майданчиком підприємства або його санітарно-захисною зоною і створюють загрозу ураження особового складу та персоналу всього підприємства.

При *загальній аварії* небезпечні речовини поширюються за межі всього підприємства і його санітарно-захисної зони з перевищенням порогових токсодоз, що призводить до зараження навколишнього середовища та ураження людей.

Аварії на об'єктах зі СДЯР супроводжуються витоком і викидами СДЯР з пошкодженого технологічного обладнання і сховищ, рухомого складу. При таких аваріях можуть відбуватися пожежі і вибухи, що обтяжують надзвичайну ситуацію.

Масштаб хімічного зараження зазвичай характеризується чотирма основними параметрами:

- радіусами і площею району аварії;
- глибиною і площею зараження місцевості;
- глибиною і площею зони поширення первинної хмари СДЯР;
- глибиною і площею зони поширення вторинної хмари СДЯР.

При цьому межами зон поширення первинної і вторинної хмар вважаються ізолінії середньої порогової токсодози.

Радіус району аварії залежить від виду СДЯР, умов його зберігання, використання та інших факторів і може сягати 0,5...1 км.

Зони зараження СДЯР місцевості, устаткування, будівель і споруд аварійного об'єкта, як правило, не виходить за межі району аварії. Лише при викидах деяких високотоксичних сполук, наприклад, діоксину, глибина зараження місцевості може складати величину, рівну декільком кілометрам і більше.

Одним з головних показників, що характеризують масштаби зараження при хімічно небезпечних аваріях, є глибина поширення первинної хмари СДЯР. За граничну величину порогової токсодози приймається зазвичай значення  $РС_{t_{50}}$ , визначене за час від 40 до 60 хвилин. Глибина поширення первинної хмари СДЯР на рівнинній місцевості може становити від кількох кілометрів (для фосгену, гідразину, оксиду вуглецю) до кількох десятків кілометрів (хлор, аміак, оксиди азоту). Наприклад, у випадку аварії на об'єкті, де зберігається хлор в ємності об'ємом 1000 т, при *ізотермічних умовах* і швидкості вітру 2 м/с глибина дорівнює 12 км, а при *інверсійних умовах* складає 24 км.

В основі утворення вторинної хмари СДЯР лежить процес її випаровування з дзеркала проливу. Значення цього показника масштабів хімічного зараження в 3...5 разів менше, ніж для первинної хмари. Глибина поширення вторинної хмари СДЯР в більшості випадків не перевищує 3 км. Однак при *інверсійних умовах* вона може бути більше 5 км, приміром для хлору вона сягає 8,7 км.

У результаті реалізації хімічної небезпеки того чи іншого виду можуть виникати уражаючі фактори, час впливу яких на об'єкт ураження може змінюватися від сотих часток секунди до років, а то й десятків чи навіть сотень років. Крім того, слід підкреслити ту обставину, що при реалізації однієї й тієї ж хімічної небезпеки можуть виникати уражаючі фактори різного часу дії. Причому вони можуть виникати як безпосередньо після аварії, так і через певний час після неї. Так, наприклад, при виникненні пожежі температура і токсичні ураження людини можуть бути віднесені до уражаючих факторів гострої дії, в той час як потрапляння токсичних речовин у навколишнє середовище і подальша шкідлива дія на організм людини харчовими чи іншими ланцюжками можуть бути віднесені до уражаючих факторів хронічної дії.

Іншою не менш важливою групою показників є показники ступеня небезпеки хімічного зараження. До їх числа відносяться:

- втрати людей в районі руйнування (аварії);
- втрати людей в зонах поширення СДЯР;
- кількість заражених об'єктів, техніки і засобів захисту.

Втрати людей в районах руйнування визначаються тією їх кількістю, яка може виявитися непрацездатною внаслідок уражаючого впливу СДЯР. Величина втрат залежить в принципі від наявності у персоналу *ізолюючих протигазів*, оскільки час захисної дії *фільтрувальних протигазів* в районі аварії вкрай обмежений.

Втрати людей на відкритій місцевості оцінюються в залежності від наявності засобів захисту і їх місцезнаходження в зоні поширення СДЯР.

При оцінці можливих втрат у районах поширення СДЯР можна виділити 4 зони:

- зона смертельного ураження – загибель уражених після впливу СДЯР у різні терміни;
- зона середнього ураження – госпіталізація уражених на тривалий час (2...3 доби);
- зона легкого ураження – короткострокова госпіталізація або амбулаторне лікування уражених;
- порогова зона – уражені відчувають лише первинні ознаки отруєння.

Найменшу стійкість при викидах СДЯР мають так звані «плавучі» гази (тобто ті, що легші за повітря). Це, наприклад, монооксид вуглецю і ціановодень. Далі в цьому ряду розташовуються зріджені гази, що мають також відносно високу плавучість, приміром, аміак. За ним слідує зріджені гази з більшою щільністю, ніж повітря (хлор), низколетючі рідини (ісприт), і, нарешті, тверді токсичні речовини (діоксин).



### **Питання для самоконтролю**

1. Дайте коротку характеристику стану хімічної безпеки в Україні.
2. Назвіть головні причини можливого виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із небезпечними хімічними речовинами.
3. Наведіть класифікацію небезпечних хімічних речовин.
4. В якому агрегатному стані небезпечні хімічні речовини можуть знаходитися в атмосфері?
5. Скільки груп має токсикологічна класифікація небезпечних хімічних речовин?
6. Перерахуйте та дайте характеристику видам осередків хімічного ураження залежно від виду небезпечних хімічних речовин.

7. Дайте визначення поняття «СДЯР». Які шляхи потрапляння токсичних речовин до людського організму Вам відомі?
8. Назвіть та дайте характеристику токсичним для організму дозам.
9. Дайте визначення поняття «межа переносимості СДЯР». Поясніть поняття «гранично допустима концентрація».
10. Наведіть характеристику процесам випаровування небезпечних хімічних речовин.



## ТЕМА 7. ПРОГНОЗУВАННЯ І ОЦІНКА ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ АВАРІЯХ НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

### 7.1. Прогнозування масштабів забруднення НХР



Наслідки виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті характеризуються ступенем безпеки, масштабом і тривалістю хімічного забруднення.

*Масштаб хімічного забруднення визначається:*

- фізико-хімічними властивостями СДЯР;
- кількістю СДЯР, викинутих у навколишнє середовище;
- напрямком і швидкістю вітру в приземному шарі повітря;
- температурою повітря;
- ступенем вертикальної стійкості повітря (СВСП) у приземному шарі;
- характером місцевості на шляху поширення отруйної хмари (відкрита місцевість – поле, озеро, або наявність перешкоди: ліс, міська забудова тощо);
- характером зберігання емкостей (наявності обвалування).

*Ступінь безпеки хімічного забруднення визначається:*

- кількістю уражених у районі аварії та в зонах розповсюдження НХР;
- площею ураженої території, кількістю забрудненої техніки, обладнання, майна тощо.

*Тривалість хімічного забруднення характеризується:*

- часом випаровування НХР у районі аварії та в зонах розповсюдження, протягом якого існує небезпека ураження;
- часом підходу хмари НХР до населеного пункту;

- часом дегазації місцевості, техніки, обладнання;
- часом хімічного забруднення відкритих джерел водозабезпечення.

На сьогодні завчасне і оперативне прогнозування хімічної обстановки рекомендується здійснювати за Методикою, затвердженою 2001 року [34].

Прогнозування й оцінювання хімічної обстановки передбачає вирішення таких завдань:

- 1) визначення за метеорологічними даними *напрямку* осі сліду хмари викиду хімічних речовин;
- 2) визначення прогнозованої *глибини* зони ураження СДЯР;
- 3) визначення *площі* ураження СДЯР;
- 4) прогнозування можливих *уражень людей*, що знаходяться в осередку ураження;
- 5) визначення *часу підходу* зараженого повітря до об'єкта і *тривалості дії* ураження СДЯР;
- 6) *нанесення на карти* і схеми прогнозованих зон ураження.

### 7.2. Особливості прогнозування масштабів аварії в умовах міста

Масштаби хімічного забруднення повітря в умовах міста тісно пов'язані з його повітрям, яке є сукупністю великої кількості щоденних подій, які виникають на території міста.

Погодні умови будь-якої місцевості визначаються великомасштабними атмосферними явищами. Водночас кожен із міських районів змінює тією чи іншою мірою локальні умови приграничного шару атмосфери. За певних погодних умов можуть домінувати або великомасштабні процеси, або локальні, хоча у всіх випадках присутні обидва. У випадку розвитку синоптичних процесів, які характеризуються сильним вітром, хмарністю і опадами, вплив локальних умов можна не врахувати. У тих же випадках, коли швидкість вітру незначна, небо вдень і вночі безхмарне, вплив локальних

умов, обумовлених життям міста, превалює над синоптичними процесами і ними нехтувати не можна.

Найбільшою мірою місто впливає на температуру повітря, що призводить до виникнення у середині міста так званих островів тепла. Температурні контрасти найбільше проявляються у вечірній час, безпосередньо перед заходом сонця і після нього. Максимальна різниця між температурою у місті й на відкритій місцевості спостерігається через 2...3 години після заходу сонця і зникає у невеликих містах пізньої ночі, а у великих містах острів тепла зберігається всю ніч.

Наявність островів тепла разом із жорсткістю підстилаючої поверхні значно впливає на швидкість і напрямок вітру біля поверхні землі та на стан вертикальної стійкості повітря (СВСП), які можуть не збігатися з цими показниками на відкритій місцевості. Середня швидкість вітру в місті на 10...20% менша, ніж на відкритій місцевості. Крім того, у місті різко збільшується кількість безвітряних днів.

Острів тепла обумовлює формування протягом ночі нетривалої стратифікації – розшаруванню температури в атмосфері з висотою, – яка сприяє підйому повітряних мас, на зміну яким з околиць будуть рухатися більш холодні маси повітря. При цьому необхідно зауважити, що напрямок руху повітря в нічні години всередину міста незмінний. У великих містах ізотерми острова тепла, як правило, згущаються на межі щільно забудованої зони. Ця особливість може призводити до різкої пульсації руху в нічний час до міста більш холодного повітря.

Унаслідок руйнування емності з НХР у початковий період розповсюдження напрямком руху хмари і швидкість її переміщення будуть, в основному, визначатися рельєфом місцевості. Унаслідок застою НХР у низинних місцях і підвалах міських будинків можливе утворення значних концентрацій НХР, які можуть призвести до ураження всіх, хто опиниться в даній місцевості.

Надалі розповсюдження НХР буде визначатися швидкістю і напрямком вітру. Воно буде, як правило, збігатися з

міськими магістралями. У нічний час можливе затримання хмари НХР у центрі міста, пов'язане із просуванням з околиць до центру міста більш холодних мас повітря.

У разі збігу напрямків руху хмари НХР та міських транспортних магістралей глибину її розповсюдження слід оцінювати як для рівнинної місцевості, а у випадку неспівпадіння – як для лісної місцевості.

### **7.3. Особливості прогнозування стосовно життєдіяльності населення**

Хімічне забруднення має низку особливостей, що впливають на життєдіяльність населення, які потрібно враховувати при складанні прогнозів. До цих особливостей можна віднести такі:

- небезпечні концентрації НХР можуть існувати від кількох годин до кількох діб;
- незначна імовірність ураження населення НХР через шкіряні покрови не вимагає залучення засобів захисту шкіри при евакуації;
- низька здатність до забруднення предметів одягу, меблів, предметів побуту дозволяє використовувати їх після звичайного провітрювання без спеціальної обробки;
- надзвичайна оперативність у проведенні заходів захисту, оскільки перебування людей протягом кількох хвилин у хмарі НХР може призвести до масового ураження;
- труднощі виявлення НХР, через відсутність надійних технічних засобів специфічної індикації;
- евакуація на короткий термін не вимагає будівництва нових житлових будинків, при цьому в теплу пору року для розміщення евакуйованого населення можуть широко застосовуватися наметові містечка;
- дальність евакуації залежить від масштабів аварій, але, як правило, складає не більше ніж 15 км від зони забруднення;

- у більшості випадків не потрібна санітарна обробка евакуйованого населення і дегазація одягу;
- можливі великі санітарні втрати серед населення вимагають утворення спеціальних бригад для надання медичної допомоги потерпілим;
- забруднення джерел водопостачання, продовольства і харчової сировини можливе тоді, коли отруйна речовина буде в рідкій фазі і, в окремих випадках, у твердому стані;
- більшість видів продовольчої сировини і продуктів харчування, які зберігаються відкрито, після виливу на них газоподібних НХР досить провітрити або піддати кулінарній обробці, щоб надалі використати за призначенням.

#### **7.4. Планування заходів захисту від небезпечних хімічних речовин**

Висока швидкість формування та дії уражаючих факторів викликають необхідність прийняття оперативних заходів щодо захисту працівників хімічнонебезпечного об'єкту і населення, яке знаходиться поблизу.

Тому захист від НХР повинен бути організований завчасно, а при виникненні аварій має проводитися у мінімально можливий термін.

Захист від НХР являє собою комплекс заходів, які здійснюються з метою максимально послабити ураження працюючих на об'єкті і населення, збереження їх працездатності.

Комплекс заходів щодо захисту від НХР включає:

1. Інженерно-технічні заходи щодо правильного зберігання, транспортування та використання НХР.
2. Підготовка сил і засобів для ліквідації можливих хімічно-небезпечних аварій.
3. Навчання порядку і правилам поведінки в умовах виникнення аварій працівників об'єкту і населення.

4. Забезпечення засобами індивідуального і колективного захисту.
5. Щоденний хімічний контроль.
6. Прогнозування зон можливого хімічного забруднення.
7. Попередження (оповіщення) про безпосередню загрозу ураження НХР.
8. Хімічна розвідка району аварії.
9. Тимчасова евакуація працюючих на об'єкті і населення із небезпечного району.
10. Пошук постраждалих і надання їм допомоги.
11. Локалізація та ліквідація наслідків аварії.

Захист від НХР організовується і здійснюється насамперед безпосередньо на хімічно-небезпечному об'єкті. Заходи захисту відображаються в Планах дій щодо запобігання і ліквідації надзвичайних ситуацій, який розробляється завчасно, як правило, текстуально з додатками необхідних таблиць та інших документів (далі – План).

План захисту працівників від НХР повинен включати два розділи: організаційні заходи та інженерно-технічні заходи.

У розділі організаційних заходів представлені:

- характеристика об'єкта, його підрозділів, наявні на об'єкті НХР;
- оцінка можливої обстановки на об'єкті у випадку виникнення можливої аварії;
- організація контролю за хімічним станом на об'єкті у буденних умовах та при можливій аварії, порядок підтримання сил і заходів хімічної розвідки і хімічного контролю(нагляду) у стані постійної готовності;
- організація оповіщення працівників об'єкту і населення, яке проживає навколо об'єкта;
- організація укриття працюючих на об'єкті в захисних спорудах цивільної оборони, порядок підтримання їх у постійній готовності для укриття людей;
- організація евакуації працюючих на об'єкті;

- порядок оснащення і залучення аварійних бригад і формувань на об'єкті для ліквідації наслідків аварій;
- організація управління силами і засобами об'єкта під час ліквідації наслідків аварій, порядок використання сил і засобів, які прибувають для надання допомоги в ліквідації наслідків аварій;
- організація забезпечення працюючих на об'єкті і формувань засобами індивідуального захисту, порядок їх накопичення, зберігання і видачі;
- організація транспортного і матеріально-технічного забезпечення робіт щодо ліквідації наслідків аварій.

У розділі інженерно-технічних заходів відображаються:

- розміщення установок, які попереджують витік НХР у випадку виникнення аварії (клапани надлишкового тиску, терморегулятори, перепускні або скидні облаштування);
- планування підсилення конструкцій емностей і комунікацій з НХР, огорожень для захисту від ушкоджень уламками будівельних конструкцій при аварії (особливо на пожежо- і вибухонебезпечних підприємствах);
- розміщення (будівництво) під сховищами з НХР аварійних резервуарів, пасток і направлених стоків;
- розосередження запасів НХР, будівництво для них заглиблених або напівзаглиблених сховищ;
- обладнання приміщень і промислових майданчиків стаціонарними системами виявлення аварій, засобами метеоспостережень і аварійної сигналізації.

Планом необхідно передбачати також заходи щодо усунення аварій на кожній ділянці, де є НХР, з визначенням відповідальних виконавців з-поміж керівного складу об'єкта і засобів, що залучаються, їх завдань і відведеного на виконання робіт часу. У міру необхідності План корегується. Виписка із Плану повинна бути на робочих місцях диспетчерського і керівного складу об'єкта і його підрозділів.

На робочих місцях працівників об'єкта, які мають справу з НХР, повинні бути аварійні картки, в яких відображаються

відомості про основні властивості НХР, засоби індивідуального захисту, необхідні дії, заходи щодо надання першої допомоги, а також порядок нейтралізації НХР.

У територіальних органах управління надзвичайних ситуацій також розробляються заходи щодо захисту населення міст (районів, областей) від НХР.

План розробляється графічно (на схемах, планах, картах місцевості) з додатками в пояснювальній записці.

У Плані відображаються:

- висновки з оцінки можливої хімічної обстановки;
- організація оповіщення про аварію та її можливі наслідки;
- організація виявлення і контролю хімічного стану;
- організація тимчасової евакуації та укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту;
- заходи щодо обмеження доступу та переміщення людей у зонах забруднення;
- порядок використання засобів індивідуального і колективного захисту;
- організація надання першої медичної допомоги потерпілим;
- порядок локалізації і ліквідації наслідків аварії.

Слід відзначити, що ефективність усіх заходів захисту від НХР залежить від ступеня підготовки працівників об'єкта, населення, органів управління і сил, які залучені до ліквідації наслідків аварії.

Під хімічною обстановкою розуміється наявність у навколишньому середовищі певної кількості та концентрації різних хімічнонебезпечних речовин, переважно техногенного характеру.

Контроль хімічного забруднення навколишнього середовища є складовою частиною контролю загального стану навколишнього середовища. Він передбачає прогнозування, виявлення та оцінку фактичного хімічного стану, і на основі порівняння даних моніторингу та контрольних даних – ви-

значення необхідності вироблення заходів щодо захисту і нормалізації хімічного стану.

Контроль хімічного стану здійснюється у всіх елементах біосфери, у повітрі атмосфери, ґрунті літосфери, в гідросфері. Основна увага при цьому приділяється контролю забруднення повітря як визначеному фактору хімічного забруднення всього навколишнього середовища. Контроль проводиться підрозділами спостереження і контролю державної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру.

### **7.5. Оцінка хімічної обстановки: СВСП, зони зараження, час підходу хмари НХР**

**Хімічною обстановкою** називають масштаби і ступінь зараження території сильнодіючими ядучими речовинами (СДЯР), пов'язані з ураженнями населення, персоналу об'єктів господарювання та рятувальників системи.

Потреба в оцінці хімічної обстановки виникає при порушенні технологічних процесів на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО): розгерметизації ємностей, поривах трубопроводів, ушкодженні транспортних засобів тощо, коли відбувається викидання СДЯР у навколишнє природне середовище у кількостях, які становлять небезпеку для людей та інших живих організмів.

Найважливішим критерієм при оцінці хімічної обстановки є метеорологічні умови: 1) швидкість і напрям вітру у приземному шарі повітря; 2) температура повітря і ґрунту; 3) ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП).

Розрізняють три ступеня вертикальної стійкості повітря: інверсію, ізотермію, конвекцію. **Інверсія** (від лат. *inversio* – *перегортання, перестановка*) – стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту є меншою, ніж температура повітря на висоті 2 м над землею поверхнею. Інверсія спостерігається при ясній, безхмарній погоді за умови невеликої (до 4 м/с) швидкості вітру; її виникнення слід

чекати у вечірній час (приблизно за 1 годину до заходу сонця). При інверсії має місце підвищення температури повітря із збільшенням висоти замість звичайного зниження її у цьому шарі атмосфери. Оскільки нижні шари повітря є холоднішими за верхні, це перешкоджає розсіюванню повітря по висоті – відтак створюються сприятливі умови для збереження високих концентрацій забрудненого внаслідок викидання СДЯР повітря поблизу місця аварії.

**Ізотермія** (від грецьк. *ізо* – *рівний, однаковий* + *термія* – *тепло, жар*) – стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту є такою самою, як температура повітря на висоті 2 м над землею поверхнею. Ізотермія спостерігається у хмарну погоду, при тумані і при сніговому покриві. При ізотермії температура повітря у межах 20...30 метрів від земної поверхні є майже однаковою. Відносна сталість температури повітря у приземному шарі протидіє розсіюванню повітря по висоті – відтак створюються умови, що є сприятливими для тривалого застою забрудненого СДЯР повітря.

**Конвекція** (від лат. *convectio* – *принесення, перемішування*) – стан приземного шару повітря, при якому температура поверхні ґрунту є більшою за температуру повітря на висоті 2 м над землею поверхнею. Конвекція спостерігається при ясній, безхмарній погоді за умови невеликої (до 4 м/с) швидкості вітру; її виникнення слід чекати у ранковий час (приблизно через 2 години після сходу сонця), за 2...2,5 години до заходу сонця конвекція зникає. При конвекції нижні шари повітря нагріваються сильніше, ніж верхні, і це сприяє швидкому розсіюванню забрудненого СДЯР повітря – уражаюча дія небезпечних хімічних речовин при цьому меншає.

Для визначення СВСП за метеорологічними даними розраховують термодинамічний критерій  $T_k$ , користуючись формулою:

$$T_k = \frac{\Delta t}{v_1^2} = \frac{t_{50} - t_{200}}{v_1^2}, \quad (7.1)$$



де  $v_1^2$  – швидкість вітру на висоті 1 метр над землею поверхню, узята у квадраті;

$t_{50}$  – температура повітря на висоті 50 см над землею поверхню;

$t_{200}$  – температура повітря на висоті 200 см над землею поверхню.

Результати розрахунку можуть дати такі показники:

- якщо  $T_k < -0,1$ , спостерігається СВСП – інверсія;
- якщо  $-0,1 \leq T_k \leq +0,1$ , спостерігається СВСП – ізотермія;
- якщо  $T_k > +0,1$ , спостерігається СВСП – конвекція.

Найбільша інтенсивність уражаючої дії СДЯР спостерігається при інверсії, найменша – при конвекції.

#### ПРИКЛАД.

Метеоумови на момент аварії з викидом СДЯР є такими: 1) вітер північно-західний швидкістю 2 м/с; 2) температура повітря на висоті 50 см над землею +1,4 °С, а на висоті 200 см над землею +1,9 °С. Визначте ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) у місці аварії і зробіть висновок щодо інтенсивності уражаючої дії СДЯР за цих метеоумов.

#### Розв'язання.

- 1) Розрахуємо термодинамічний критерій  $T_k = \frac{\Delta t}{v_1^2} = \frac{t_{50} - t_{200}}{v_1^2}$ , підставивши у формулу дані задачі:

$$T_k = \frac{\Delta t}{v_1^2} = \frac{t_{50} - t_{200}}{v_1^2} = \frac{1,4 - 1,9}{2^2} = -0,125.$$

- 2) Отримане числове значення є меншим, ніж -0,1. Тож доходимо висновку, що СВСП – інверсія.
- 3) Інтенсивність уражаючої дії СДЯР за такого СВСП (інверсія) є найбільшою. Хмара зараженого повітря поширюється у південно-східному напрямку.

**Відповідь:**  $\frac{\Delta t}{v_1^2} = \frac{t_{50} - t_{200}}{v_1^2} = -0,125 < -0,1$ ; СВСП – інверсія, інтенсивність уражаючої дії СДЯР є найбільшою.

При визначенні масштабів зараження території СДЯР здійснюють оцінку хімічної обстановки, враховуючи при цьому:

- фізико-хімічні властивості викинутих у навколишнє середовище СДЯР;
- кількість СДЯР, викинутих у навколишнє природне середовище;
- метеорологічні умови на момент викидання і поширення СДЯР;
- оперативність оповіщення персоналу, рятувальних служб і терміни вжиття захисних заходів;
- підготовленість персоналу хімічно небезпечних об'єктів (ХНО) до вжиття захисних заходів і до ліквідації наслідків викидання СДЯР;
- характеристики об'єктів зараження (для місцевості – наявність і характер рослинного покриву, а також наявність місць можливого застою зараженого повітря; для води – площу поверхні, глибини і швидкості течії, наявність ґрунтових вод, характеристики прибережних ґрунтів; для населення – ступінь захищеності від уражаючої дії СДЯР, характер діяльності; для матеріальних засобів – характеристики матеріалів, що опинилися під дією СДЯР: їхню пористість, наявність чи відсутність лакофарбового покриття тощо).

**Оцінка хімічної обстановки** насамперед полягає у визначенні площі можливого зараження місцевості і площі фактичного зараження місцевості, після чого обидві зони зараження наносяться на план (карту) місцевості.

**Зона можливого хімічного зараження** – це площа кола або сектора радіусом, що дорівнює глибині поширення хмари зараженого повітря із уражаючою токсодозою (уражаючою концентрацією). На зовнішній межі цієї зони 50% людей втрачають працездатність, їм потрібна медична допомога і, як правило, госпіталізація.

**Зона фактичного хімічного зараження** – це територія прогнозованого зараження, яка визначається з урахуван-

ням СВСП і часу, що минув від моменту аварійного викиду СДЯР. Вона має форму еліпса, головна вісь якого співпадає із напрямом вітру.

Площа зони можливого зараження хмарою зараженого СДЯР повітря розраховується за емпіричною формулою

$$S_M = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi, \text{ км}^2 \quad (7.2)$$

де  $\Gamma$  – глибина зараження, км;

$\varphi$  – умовний розмір можливого зараження, що являє собою кут сектора, в якому поширюється хмара зараженого повітря.

Для визначення числового значення  $\varphi$ , яке залежить від швидкості вітру  $v$  на зараженій території, користуються довідковою таблицею 7.1.

Таблиця 7.1

**Залежність кута сектора  $\varphi$ , в якому поширюється хмара зараженого повітря, від швидкості вітру  $v$  у зоні зараження**

$v, \text{ м/с}$	Менше, ніж 1 м/с	1 м/с	від 1 м/с до 2 м/с	понад 2 м/с
$\varphi$ , кут.град.	360	180	90	45

Площа зони фактичного зараження розраховується за емпіричною формулою

$$S_\phi = K \cdot \Gamma^2 \cdot t^{0,2}, \text{ км}^2 \quad (7.3)$$

де  $t$  – час, що минув від початку зараження території СДЯР (як правило, при прогнозуванні беруть  $t = 4 \text{ год.}$ );

$K$  – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря і визначається з довідкових таблиць.

При інверсії  $K = 0,081$ , при ізотермії  $K = 0,133$ , при конвекції  $K = 0,235$ .

Основним заходом щодо захисту населення від ураження СДЯР на зараженій місцевості є евакуація. Люди евакуюються, як правило, у напрямку, перпендикулярному до напрямку вітру. Час руху (у хвилинах) людей за межі зони фактичного зараження розраховують так:

$$t_{\text{рух}} = \frac{Ш(м)}{80(м/хв.)}, \quad (7.4)$$

де  $Ш(м)$  – ширина зони фактичного зараження у метрах;  
 $80(м/хв.)$  – середня швидкість руху людей прискореним кроком (80 метрів за хвилину).

#### ПРИКЛАД.

Унаслідок аварії на ХНО виникла загроза зараження місцевості СДЯР. Метеоумови на момент аварії: вітер південно-західний швидкістю 1,5 м/с, СВСП – інверсія. Прогнозована глибина зон зараження становить  $\Gamma = 3,9$  км. Розрахуйте прогнозовані площі можливого і фактичного зараження території. Нанесіть обидві зони на план місцевості. Оцініть час пішої евакуації людей із зони фактичного зараження.

#### Розв'язання.

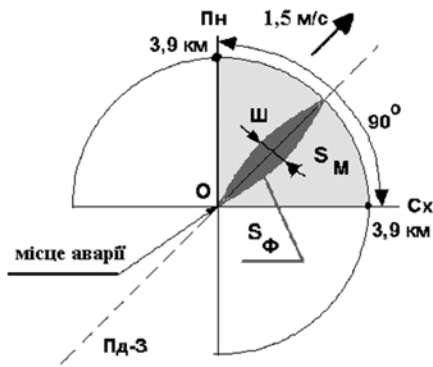
- 1) Обчислюємо площу  $S_M$  зони можливого зараження хмарою зараженого СДЯР повітря; при цьому значення глибини зараження беремо  $\Gamma = 3,9$  км, а множник  $\varphi$  беремо рівним  $\varphi = 90$  у відповідності із даними табл. 7.1 для швидкості вітру  $v_1 = 1,5$  м/с:

$$S_M = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi = 8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 3,9^2 \cdot 90 = 110,9 \text{ км}^2.$$

- 2) Обчислюємо площу  $S_\phi$  зони прогнозованого (фактичного) зараження, при цьому час поширення зараженого повітря згідно з умовою задачі беремо якнайбільший при такого роду прогнозуваннях:  $t = 4$  години, значення глибини зараження беремо  $\Gamma = 3,9$  км, а коефіцієнт  $K$  (СВСП – інверсія) беремо рівним  $K = 0,081$ . Отримуємо:

$$S_\phi = K \cdot \Gamma^2 \cdot t^{0,2} = 0,081 \cdot 3,9^2 \cdot 4^{0,2} = 1,6 \text{ км}^2$$

3) Наносимо зону можливого зараження на план місцевості, враховуючи, що при швидкості вітру близько 1,5 м/с вона має вигляд сектора (кут  $\varphi = 90^\circ$ ), радіус якого дорівнює глибині зараження  $\Gamma = 3,9$  км. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямом вітру. Наносимо на план місцевості зону фактичного зараження, яка має форму еліпса довжиною  $\Gamma$  і шириною  $\text{Ш}$ , витягнутого за напрямом вітру (з південного заходу на північний схід).



Розраховуємо ширину  $\text{Ш}$  зони фактичного зараження, використовуючи для цього емпіричну формулу (для інверсії):

$$\text{Ш} = 0,3 \cdot \Gamma^{0,6} = 0,3 \cdot 3,9^{0,6} = 0,68 \text{ км.}$$

Час пішої евакуації людей за межі зони фактичного зараження становить:

$$t_{\text{рух}} = \frac{\text{Ш}(\text{м})}{80(\text{м/хв.})} = \frac{680\text{м}}{80\text{м/хв.}} = 8,5\text{хв.}$$

Зазначаємо, що точка  $O$  на плані місцевості відповідає місцезнаходженню джерела хімічного зараження.

**Відповідь:**  $S_M = 110,9\text{км}^2$ ;  $S_\varphi = 1,6\text{км}^2$ ,  $t_{\text{рух}} = 8,5\text{хв.}$

У більшості випадків ХНО розташовують на віддалі від населених пунктів, тому актуальним є визначення прогнозованого часу підходу зараженого СДЯР повітря до населеного пункту або іншого об'єкта. Час  $t_{\text{нідх}}$  просування зараженого повітря до певної межі (до населеного пункту, підприємства, місця зосередження населення тощо) визначається у припущенні, що рух хмари зараженого СДЯР повітря є рівномір-

ним, і може бути розрахований як частка від ділення відстані  $R$ , що відділяє місце аварійного викиду СДЯР від даного населеного пункту (об'єкта), на середню швидкість  $v_{\text{сер}}$  перенесення хмари вітром.

Прогнозований час (у хвилинали) підходу зараженого СДЯР повітря розраховують за формулою

$$t_{\text{нідх}} = \frac{R \times 1000}{v_{\text{сер}} \times 60}, \tag{7.5}$$

де  $R$  – відстань від місця аварійного викиду СДЯР до населеного пункту (об'єкта), записана у км;

$v_{\text{сер}}$  – середня швидкість перенесення вітром хмари зараженого повітря, записана у м/с.

Доведено, що хмара зараженого повітря поширюється на висоті, де швидкість руху повітря є більшою, ніж біля поверхні Землі. Через це середня швидкість поширення зараженого повітря завжди є більшою, ніж швидкість вітру на висоті 1 м над землею поверхнею. Слід також враховувати, що інверсія і конвекція при швидкості приземного вітру понад 3 м/с бувають рідко.

Для більшої зручності середні швидкості перенесення вітром хмари зараженого СДЯР повітря, як правило, подають у вигляді довідкової таблиці.

**Таблиця 7.2.**

**Середня швидкість (у м/с) перенесення вітром хмари зараженого СДЯР повітря в залежності від швидкості вітру поблизу земної поверхні**

Швидкість вітру, м/с	Ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП)		
	інверсія	ізотермія	конвекція
1	5	6	7
2	10	12	14
3	16	18	21
4	21	24	28
5	–	29	–
6	–	35	–

**ПРИКЛАД.** Унаслідок аварії на хімічно небезпечному об'єкті (ХНО) виникла загроза хімічного зараження місцевості й ураження СДЯР мешканців села, розташованого на відстані 7,5 км від місця аварії. Метеоумови на момент аварії: вітер швидкістю 2 м/с має напрям від ХНО у бік села, СВСП – інверсія. Розрахуйте прогнозований час підходу зараженого повітря до села.

**Розв'язання.**

1) За таблицю 7.2 знаходимо середню швидкість перенесення вітром хмари зараженого СДЯР повітря  $v_{\text{сеп}} = 10$  м/с.

За формулою (7.5) розраховуємо час підходу зараженого повітря до села:

$$t_{\text{підх}} = \frac{R \times 1000}{v_{\text{сеп}} \times 60} = \frac{7,5 \times 1000}{10 \times 60} = 12,5 \text{ хв.}$$

**Відповідь:**  $t_{\text{підх}} = 12,5$  хв.



**Питання для самоконтролю**

1. Які фактори впливають на масштаби хімічного забруднення?
2. Перерахуйте, які завдання потребують вирішення при прогнозуванні та оцінюванні хімічної обстановки.
3. Назвіть основний чинник, який впливає на напрямок руху хмари НХР і швидкість її переміщення у початковому періоді аварії.
4. Дайте коротку характеристику особливостям хімічного забруднення, які потрібно враховувати при складанні прогнозів.
5. Наведіть приклади заходів щодо захисту населення від впливу НХР.
6. Які дані наводять у плані захисту працівників від НХР в розділі інженерно-технічних заходів?
7. Перерахуйте, якими заходами забезпечується протиаварійна стійкість ПНО.
8. Дайте визначення поняття «хімічна обстановка».
9. Назвіть три ступеня вертикальної стійкості повітря. Дайте характеристику кожному з них.
10. Поясніть поняття «зона можливого хімічного зараження» та «зона фактичного хімічного зараження». Назвіть їх головні відмінності.

## ТЕМА 8. АВАРІЇ НА ОБ'ЄКТАХ, ЩО МІСТЯТЬ ДЖЕРЕЛА РАДІАЦІЙНИХ ВИПРОМІНЮВАНЬ

### 8.1. Характеристика радіаційно небезпечних об'єктів



Потенційна небезпека експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів (РНО) полягає у можливості викиду радіоактивного матеріалу за межі, не передбачені проектом для нормальної експлуатації об'єкта, і в кількостях понад установлену межу безпечної експлуатації об'єкта. Наслідком такого викиду може бути аварійне радіоактивне опромінення персоналу і населення.

Основний показник ступеня потенційної небезпеки таких об'єктів, за інших рівних умов (надійність технологічних процесів, якість професійної підготовки фахівців тощо) – це загальна кількість радіоактивних речовин, які знаходяться на РНО.

До типових РНО відносяться:

- атомні станції;
- підприємства з видобування та переробки уранових руд;
- підприємства з виготовлення ядерного палива;
- підприємства з переробки відпрацьованого ядерного палива і захоронення радіоактивних відходів;
- науково-дослідні та проектні організації, які мають дослідні реактори;
- ядерні енергетичні установки на морських та космічних судах і апаратах;
- стаціонарні військові об'єкти для зберігання ядерних боєприпасів і ракетні старту, а також транспорт, що перевозить радіоактивні матеріали;
- джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності.

Нині в Україні існує близько 8 тисяч підприємств та організацій, які використовують понад 100 тисяч ДІВ. До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться також підприємства, які використовують у невеликих кількостях радіоактивні речовини та вироби на їх основі, в тому числі прилади, апарати і установки, що не становлять ядерної небезпеки.

Крім техногенних (штучних) джерел радіоактивності існують і джерела радіоактивності *природного походження*. За геологічними та геохімічними природними особливостями Україна належить до держав з високим рівнем опромінення *радоном*. Ризик смертності від раку легенів, що обумовлений опроміненням Радон-222 в повітрі приміщень, становить  $1,32 \cdot 10^{-4}$ . За Міжнародною шкалою ризиків смертельних небезпек – це високий ризик.

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

Радон-222 – це газ, який утворюється при радіоактивному розпаді природних радіонуклідів уранового ряду. Розпадаючись, Радон-222 утворює короткоживучі дочірні продукти розпаду – Полоній, Свинець, Вісмут, які, приєднуючись до часток пилу чи вологи, утворюють радіоактивний аерозоль. Потрапляючи у легені, радіоактивний аерозоль, через малий період напіврозпаду дочірніх продуктів Радону-222, опромінює бронхіальний епітелій, що приводить до відносно високих доз опромінення, які можуть бути причиною додаткового ризику захворювань на рак легенів.

За даними обстеження житлового фонду окремих регіонів України (28 тисяч будинків) ДУ «Інститут гігієни та медичної екології ім. О.М. Марзєєва НАМНУ», середньозважена за окремими областями середньорічна ефективна доза опромінення населення від Радону становить 2,4 мЗв/рік, для сільського населення ця величина майже вдвічі більше і складає 4,1 мЗв/рік.

Щороку від раку легенів, заподіяних дією Радону, в Україні гине близько 6 тисяч осіб. Прямі збитки для країни за рахунок неучасті померлих осіб у створенні валового внутрішнього продукту оцінюються у 0,5 мільярда гривень на рік, непрямі збитки – 6...30 мільярдів гривень на рік.

**Атомні станції як об'єкти підвищеної радіаційної небезпеки.** З перерахованих вище ядерно небезпечних об'єктів найнебезпечнішим джерелом потенційної радіаційної небезпеки для персоналу, населення і оточуючого середовища є працюючі ядерні реактори. Це обумовлено накопиченням і можливим викидом продуктів поділу ядерного палива вказаних об'єктів, а також інших джерел радіаційної небезпеки (сховищ відпрацьованого ядерного палива, транспортних та перевантажувачих контейнерів для транспортування ядерного палива і радіоактивних відходів, сховищ радіоактивних відходів тощо).

За обсягами виробництва електричної енергії АЕС України посідають восьме місце у світі після США, Франції, Японії, Росії, Республіки Корея, Великобританії та Німеччини. Атомна енергетика України виробляє 48% електроенергії від її загального обсягу. Вона включає 4 атомні станції (Запорізьку, Рівненську, Південноукраїнську, Хмельницьку) з 15-ма реакторами. Нині альтернативи атомній енергетиці не існує, тому найближчим часом слід очікувати збільшення потужностей атомних електростанцій.

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

Головним елементом атомної станції (АС) є ядерна енергетична установка – реактор. Принцип його роботи – це отримання теплової енергії за рахунок реакції поділу ядерного палива, яке в більшості реакторів представлено Ураном. Однак ланцюгова реакція поділу в природному Урані неможлива через низький вміст у ньому основного ізотопу, що ділиться, – Урану-235, частка якого складає всього 0,7%. Ланцюгова реакція можлива лише за умови підвищення в природному Урані частки вмісту Урану-235 ( $^{235}\text{U}$ ) не менш як до 25%, або шляхом уповільнення основної маси нейтронів, що утворюються в реакторі, використовуючи здатність  $^{235}\text{U}$  до більш активного захвату повільних (теплових) нейтронів.

В атомних реакторах застосовуються обидва способи. При цьому реактори, в яких використовується уповільнення нейтронів, називаються реакторами на повільних (теплових) нейтронах, а реактори з використанням сильно збагаченого Урану



– реакторами на швидких нейтронах (ШН). Ядерним паливом у реакторах на повільних нейтронах слугує двооксид Урану з вмістом  $^{235}\text{U}$  близько 2...4%, в реакторах на швидких нейтронах окрім сильно збагаченого Урану використовується також Плутоній-239. У реакторі ядерне паливо розміщується у твелах (тепловиділяючих елементах) – зібраних у блоки цирконієвих трубок, що заповнені таблетками двооксиду Урану. Простір між твелями заповнюється уповільнювачем нейтронів – графітом чи водою. Унаслідок ланцюгової реакції поділу виділяється теплова енергія. Для її відведення через активну зону реактора прокачується рідка або газоподібна речовина – теплоносій. На сучасних АЕС у якості теплоносія в реакторах на повільних нейтронах використовується очищена та знесолена вода, а в реакторах на швидких нейтронах – рідкий метал натрій.

Надалі теплова енергія перетворюється на механічну енергію обертання турбіни, а далі – на електричну. Вона може бути також використана для підігріву води в комунальних чи виробничих мережах теплопостачання.

Замкнений контур, яким циркулює теплоносій, називається контуром теплоносія, або першим контуром АС. Другим замкненим колом АС є контур так званого робочого тіла. Робоче тіло – це звичайна очищена вода, якій через парогенератор теплоносій передає тепло з реактора, і вона у вигляді пари високого тиску обертає турбіну генератора, котрий, в свою чергу, виробляє електроенергію.

У деяких типах АС вода є одночасно і теплоносієм, і робочим тілом, циркулюючи в одному контурі. Такі станції називаються одноконтурними. У двоконтурних станціях високорадіоактивний теплоносій і робоче тіло знаходяться в розділних контурах, які сполучаються через теплообмінник. Там, де потрібен особливо високий ступінь очищення води від радіоактивних речовин (наприклад, при використанні її в мережах теплопостачання міст), будуються триконтурні станції.

У реакторах на теплових нейтронах з метою зниження енергії, а отже й швидкості нейтронів, використовуються уповільнювачі нейтронів. На українських АЕС у каналних реакторах великої потужності (РВПК) – це графіт, а у водо-водяних енергетичних реакторах (ВВЕР) – вода.

Рознесення контурів теплоносія і робочого тіла пов'язане із забезпеченням радіаційної безпеки, оскільки теплоносій першо-

го контуру є високорадіоактивним. Більшість аварійних ситуацій на АЕС виникає в контурі робочого тіла, особливо в тій його частині, де розміщені барабани-генератори і турбіни, а також знаходяться головні циркулярні насоси. В одноконтурних АЕС ці та багато інших елементів контуру теплоносія і робочого тіла завжди радіоактивні. Тому будь яке протікання радіоактивної води чи вихід пари високого тиску – це загроза безпеці людей і, перш за все, персоналу станції.

Двоконтурні АС із реакторами ВВЕР безпечніші, ніж одноконтурні, оскільки в разі протікання в першому контурі елементи другого контуру не піддаються впливу радіації.

Найбезпечнішими є триконтурні АС теплопостачання. Безпека їх зумовлена насамперед зовнішнім захисним корпусом, виготовленим з металів високої міцності, у якому за принципом “матрьошки” розміщені страхувальний корпус і корпус реактора, що виключає у випадку руйнування реактора вихід радіоактивності до навколишнього середовища.

Під час роботи атомних станцій з «вигоранням» твелів у реакторах накопичується велика кількість радіоактивних продуктів поділу з різними періодами напіврозпаду: від короткоживучих – кілька годин або днів (Аргон-41, Йод-131) до довгоживучих – тисячі та мільйони років (Плутоній-239, Уран-235).

Радіоактивні продукти розпаду, що знаходяться в активній зоні реактора, є основними джерелами іонізуючих випромінювань. Їх активність може сягати багатьох мільярдів Кюрі. Поза активною зоною реактора джерелами випромінювання на АС є переважно трубопроводи для устаткування контура теплоносія.

Для забезпечення надійної роботи АС і радіаційної безпеки персоналу та населення проектами передбачаються відповідні системи безпеки.

## 8.2. Класифікація радіаційних аварій

**Можливі аварії на АС та їх характеристики.** Аварією на РНО називають непередбачений випадок, викликаний несправністю обладнання чи порушенням нормального ходу технологічного процесу, який створює радіаційну небезпеку для людей та оточуючого середовища. Основними початковими подіями аварій на АС можуть бути:

- втрата теплоносія внаслідок розриву трубопроводу відповідного контуру;
- пошкодження твелів через швидке підвищення потужності реактора;
- механічні пошкодження (внаслідок вибуху) систем водопостачання.

Найнебезпечнішою, як для обслуговуючого персоналу, так і для населення, що мешкає поблизу АС, є аварія зі зруйнуванням активної зони, яка супроводжується масовим викидом радіоактивних речовин у зовнішнє середовище.

Залежно від меж розповсюдження радіоактивних речовин та масштабів радіаційних наслідків радіаційні аварії на РНО поділяються на кілька видів: промислові, комунальні, локальні, регіональні, глобальні та транскордонні.

**Аварія промислова** – це така радіаційна аварія, наслідки якої не поширюються за межі території виробничих приміщень і промайданчика об'єкта, аварійного опромінювання при цьому зазнає лише персонал.

**Аварія комунальна** – це така радіаційна аварія, наслідки якої не обмежуються приміщеннями об'єкта і його промайданчиком, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення, яке може реально або потенційно зазнавати опромінювання.

**Аварія локальна** – це комунальна радіаційна аварія, якщо в зоні аварії проживає населення загальною кількістю до десяти тисяч чоловік.

**Аварія регіональна** – це така комунальна радіаційна аварія, при якій у зоні аварії опиняються території кількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей із загальною кількістю населення понад десять тисяч чоловік.

**Аварія глобальна** – це комунальна радіаційна аварія, під вплив якої підпадає значна частина (або вся) територія країни та її населення.

**Аварія транскордонна** – це така глобальна радіаційна аварія, коли зона аварії поширюється за межі державних кордонів країни, в якій вона відбулася.

На практиці можуть виникати випадки невеликих проливів, розсипань технологічних речовин та відходів, що призводять до незначного радіоактивного забруднення приміщень, території, спецодежгу персоналу. Ці випадки, якщо вони не призвели до опромінення персоналу та викиду радіоактивних речовин у зовнішнє середовище, відносяться до *радіаційних інцидентів*.

Ще на етапі проектування РНО, передбачаючи початкову подію, яка здатна призвести до порушення його нормальної експлуатації, виділяють два типи аварій (проектну, позапроектну), для яких планують різні технічні та організаційні заходи.

**Проектна аварія** – аварія, для якої проектом визначені початкові події (одиночні відмови або помилки персоналу), обмеження її наслідків певними заходами, встановленими для таких аварій.

**Позапроектна аварія** – аварія, викликана початковими подіями, що не були враховані проектом, або така, що супроводжується додатковими, порівняно з проектними аваріями, відмовами систем безпеки понад одиничну відмову або реалізацією помилкових рішень персоналу. Для цього типу аварій не передбачаються запобіжні технічні заходи для забезпечення радіаційної безпеки персоналу і населення, а лише плануються організаційно-технічні заходи реагування. Позапроектна аварія супроводжується переважно частковим або повним розплавленням активної зони реактора.

Для оцінки небезпеки позаштатних ситуацій на АЕС, однакового розуміння подій, що відбуваються, швидкого інформування населення, громадськості, державних органів і зацікавлених організацій (у тому числі міжнародних) щодо масштабів аварійного викиду та оперативної передачі повідомлень про значущість подій з точки зору безпеки у світі розроблена та використовується Міжнародна шкала ядерних подій INES (англ. *INES*, скор. *International Nuclear Event Scale*), – табл. 8.1.

## Міжнародна шкала ядерних подій INES

Рівень аварії	Тип	Критерії оцінки	Приклади
7	Велика аварія	Зовнішній викид значної частини радіоактивного матеріалу на великій установі (наприклад, з активної зони енергетичного реактора). Зазвичай він складається із суміші коротко- та довгоживучих радіоактивних продуктів поділу (в кількостях, радіологічно еквівалентних десятикам тисячам терабеккерелей Йоду-131). Такий викид призводить до можливості гострого впливу на здоров'я людей, затриманого впливу на здоров'я в більшості районів, які, можливо, охоплюють території кількох країн, та до тривалих екологічних наслідків.	Чорнобильська АЕС, 1986 рік, Україна
6	Серйозна аварія	Зовнішній викид радіоактивних матеріалів (у кількостях, радіологічно еквівалентних тисячам/десяткам тисяч терабеккерелей Йоду-131). Після такого викиду імовірно повне здійснення контрзаходів, передбачених місцевими планами протипроіававарійних заходів з метою обмеження серйозних наслідків для здоров'я.	Завод з переробки палива у Киштині, 1957 рік, Росія
5	Аварія, що супроводжується ризиком за межами майданчику	Зовнішній викид радіоактивного матеріалу (в кількостях, радіологічно еквівалентних сотням або тисячам терабеккерелей Йоду-131). Такий викид може призвести до часткового здійснення контрзаходів, передбачених планами протипроіававарійних заходів з метою зниження імовірності впливу на здоров'я.	Реактор в Уіндскейлі, 1957 рік, Сполучене Королівство

5	Аварія, що супроводжується ризиком за межами майданчику	Серйозне пошкодження ядерної установки. Воно може являти собою пошкодження значної частини активної зони реактора, велику аварію, пов'язану з критичністю, або велику пожежу чи вибух з викидом великої кількості радіоактивності в межах установки.	АЕС Три-Майл Айленд, 1979 рік, США
4	Аварія, що не супроводжується значним ризиком за межами майданчику	Зовнішній викид радіоактивності, що призводить до дози опромінення найбільш опромінених осіб за межами майданчика в кілька млізівертів. При такому викиді необхідність у контрзаходах за межами майданчика зазвичай малоімовірна, за винятком, можливо, місцевого контролю продуктів харчування. Значне пошкодження ядерної установки. Така аварія може включати пошкодження ядерної установки, в результаті якого виникають серйозні проблеми з відновними роботами, як, наприклад, часткове розплавлення активної зони енергетичного реактора та подібні події на нереакторних установках. Опромінення одного чи кількох робітників, яке призводить до переопромінення з високою імовірністю ранньої передчасної смерті.	Завод з переробки палива в Уіндскейлі, 1973 рік, Сполучене Королівство АЕС Сен-Лоран, 1980 рік, Франція Критична збірка у Буенос-Айресі, 1983 рік, Аргентина
3	Серйозна подія	Зовнішній викид радіоактивності, який перевищує встановлені ліміти та призводить до дози опромінення найбільш переопромінених осіб за межами майданчика в декілька частки млізіверту. При такому викиді контрзаходи за межами майданчика можуть не знадобитися.	АЕС Вандельос, 1989 рік, Іспанія

3	Серйозна подія	Події на майданчику, які призводять до доз опромінення персоналу, достатніх для виникнення гострих впливів на здоров'я, та/чи подія, що призводить до серйозного розповсюдження забруднення, наприклад, кількох тисяч терабеккерелей активності, які містяться у викиді до другої захисної оболонки, коли матеріал може бути повернено до відповідної зони зберігання. Інциденти, при яких подальша відмова систем безпеки може призвести до аварійних умов, або ситуація, коли системи безпеки будуть не в змозі відвернути аварію у випадку виникнення певних ініціюючих подій.	АЕС Вандельос, 1989 рік, Іспанія
2	Подія	Інциденти, що супроводжуються значною відмовою приладів забезпечення безпеки, але зі збереженням достатнього глибоко ешелонованого захисту, який забезпечує компенсацію додаткових відмов.	
1	Аномалія	Подія, що призводить до доз опромінення персоналу, які перевищують встановлений річний ліміт, та/чи подія, яка призводить до появи значних кількостей радіоактивності в зонах, не призначених для цього за проектом, що вимагає застосування коригуючих заходів.	
Нижче шкали «0»	Відхилення	Аномалія, що виходить за межі дозволеного режиму експлуатації. Вона може бути обумовлена відмовою обладнання, помилкою людини чи невірним виконанням процедур. (Такі аномалії слід відрізняти від ситуацій, при яких не перевищуються експлуатаційні межі та умови і які можуть бути відповідним чином урегульовані згідно з належними процедурами. Зазвичай вони класифікуються як такі, що знаходяться «нижче шкали»).	
		Не має значення з точки зору безпеки	

Безпека АЕС в Україні регламентується нормативним документом ОПБУ-2008 «Загальні стани безпеки атомних станцій». З урахуванням уроків аварії на АЕС «Фукусіма» з 2012 року в Україні розпочато перегляд основного нормативно-правового акта з ядерної та радіаційної безпеки НП 306.2.141-2008 «Загальні положення безпеки АС» (ОПБ АС) за такими напрямками:

- перегляд підходу до управління важкими аваріями, перегляд і встановлення критеріїв прийнятності;
- перегляд і встановлення більш жорстких запасів безпеки по відношенню до розширеного спектру можливих екстремальних природних і техногенних впливів/комбінацій впливів;
- забезпечення довготривалого виконання функцій безпеки в умовах повного знеструмлення і втрати кінцевого поглинача тепла.

### 8.3. Особливості радіоактивного забруднення у випадку аварії на АЕС

Під час аварії на АЕС за межами санітарно-захисної зони станції може мати місце лише один *уражаючий чинник* – радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Порівняно з випадком ядерного вибуху, цей чинник буде мати певні особливості, які необхідно враховувати, визначаючи способи та засоби захисту людей від радіоактивних продуктів викиду.

**Перша особливість.** При аваріях на АС зі зруйнуванням реактора процес поділу ядерного палива після аварії не припиняється і реактор перетворюється на постійне джерело надходження радіоактивних продуктів в атмосферу. Цей процес відбуватиметься, доки реактор не буде ізольований від зовнішнього середовища, як це було зроблено після аварії на четвертому енергоблоці ЧАЕС (спорудження об'єкта «Укриття»).

**Друга особливість.** У реакторі АЕС окрім звичайних продуктів поділу  $^{235}\text{U}$  додатково утворюється велика кількість (до 15 кг на 1 т ядерного палива) біологічно небезпечних ізотопів актиноїдів (Нептунію, Америцію, Кюрію тощо) і Плутонію. Окрім того, забруднення реакторного походження характеризується наявністю в ньому великої кількості найнебезпечніших газоподібних ізотопів (Ксенону, Криптону, Йоду), а також довгоживучих радіонуклідів (Стронцію, Цезію). Забруднення місцевості відбувається за рахунок продуктів поділу ядерного палива, більшість із яких має відносно великі періоди напіврозпаду, і тому воно може існувати упродовж десятків, сотень і навіть тисяч років.

При ядерному вибуху (ядерна бомба) унаслідок ланцюгової реакції вихідна ядерна речовина майже миттєво практично повністю ділиться з мінімальним виходом ізотопів із гамма-випромінюванням, а радіоактивне забруднення місцевості відбувається переважно за рахунок наведеної радіації в частинках піднятого вибухом ґрунту, які, осідаючи на місцевості, створюють зону забруднення. При такій НС більшість радіоізотопів коротко- і середньоживучі, тому тривалість забруднення буде значно меншою, ніж під час аварії на АС.

**Третя особливість.** Радіоактивні речовини реакторного походження утворюються у вигляді газоподібних продуктів і дрібнодисперсних аерозолів (діаметром близько 1 мкм), здатних проникнути як у живі організми, так і в різноманітні матеріали. Під час ядерного вибуху забруднення місцевості відбувається за рахунок ґрунтового пилу, що адсорбує дрібнодисперсні радіоактивні структури. Частинки пилу мають достатньо великі розміри і можуть бути «ушіймані» будь-якими засобами індивідуального захисту, включаючи найпростіші (ватно-марлева пов'язка). Стаціонарний характер джерела забруднення при аварії на АЕС, а також часта зміна метеоумов призводять до збільшення масштабів і нерівномірності зараження, тоді як забруднення місцевості під час ядерного вибуху має спрямований характер із плав-

ним падінням щільності зараження пропорційно збільшенню відстані від епіцентру вибуху.

**Четверта особливість.** Спад активності з часом при аварії на АЕС відбувається значно повільніше, ніж під час ядерного вибуху. Так, активність зараження місцевості при ядерних вибухах протягом першої години зменшується в 3000 разів, через 10 діб – в 1000000 разів, а при аварії на АЕС, відповідно, у 2,5 і 3 рази. З часом ізотопний склад при аваріях на АЕС змінюється у бік збільшення відносної кількості довгоживучих біологічно небезпечних радіонуклідів.

Важливою особливістю радіоактивного забруднення місцевості при аварії на АЕС є неоднорідність його розповсюдження на площині, «плямистість», що пов'язана з впливом на осад радіоактивного пилу під час переміщення радіоактивної хмари висхідних та низхідних повітряних потоків.

Зараженню, що утворюється внаслідок аварії на АЕС, притаманні суттєві особливості уражаючої дії. Під час ядерного вибуху – це тільки *зовнішне* гамма-опромінення людей, при аварії ж на АЕС – це *зовнішне* гамма-опромінення і *внутрішнє* альфа-, бета- гамма-опромінення людей.

#### **8.4. Заходи щодо захисту населення і територій при радіаційних аваріях**

Заходи щодо захисту населення в умовах аварії, що виникла на АС, проводяться на підставі «Плану реагування на надзвичайні ситуації державного рівня», «Планів ліквідації аварій» та «Планів захисту персоналу і населення», які завчасно розробляються територіальними та відомчими органами управління ЄДСЦЗ в районах можливого радіоактивного забруднення.

1. **Спостереження та оцінка фактичного радіаційного стану** за допомогою приладів і систем радіаційного контролю, його прогнозування для віддалених районів за даними аварії та стану метеоумов на момент викиду радіоактивних речовин (РР).



Прогнозування складається з урахуванням можливих *фаз розвитку аварії*.

**Фаза аварії рання (гостра)** – фаза комунальної аварії тривалістю від кількох годин до одного-двох місяців після початку аварії, яка включає такі події:

- а) газо-аерозольні викиди і рідинні скиди радіоактивного матеріалу з аварійного джерела;
- б) процеси повітряного переносу та інтенсивної наземної міграції радіонуклідів;
- в) радіоактивні опади і формування радіоактивного сліду.

На ранній стадії критичними шляхами радіаційного впливу продуктів аварійного викиду на населення будуть зовнішнє опромінення від газо-аерозольної хмари і радіоактивних випадінь, а також інгаляційне надходження радіонуклідів до організму людини.

**Фаза аварії середня (фаза стабілізації)** – фаза комунальної аварії, яка починається через один-два місяці та завершується через 1...2 роки після початку радіаційної аварії, на якій відсутні (внаслідок радіоактивного розпаду) короткоживучі осколочні радіоізотопи Телуру і Йоду,  $^{140}\text{Ba} + ^{140}\text{La}$ , але у формуванні гамма-поля зростає роль  $^{95}\text{Zr} + ^{95}\text{Nb}$ , ізотопів Рутенію і Церію,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$  і  $^{137}\text{Cs}$ . Основними критичними шляхами радіаційного впливу на цій стадії будуть зовнішнє опромінення від радіоактивних речовин, що випали на місцевості, та внутрішнє опромінення радіоізотопами Цезію ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{136}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) і Стронцію ( $^{89}\text{Sr}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ), які надходять до організму з продуктами харчування, виробленими на радіоактивно забруднених територіях (м'ясо, молоко, овочі, фрукти).

**Фаза аварії пізня (фаза відновлення)** – фаза комунальної аварії, що починається через 1...2 роки після початку аварії і продовжується до припинення необхідності виконання захисних заходів. Основним джерелом зовнішнього опромінення є  $^{137}\text{Cs}$  у випаданні на ґрунт, а внутрішнього –  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування, які виробляються на забруднених цими радіонуклідами територіях. Фаза завер-

шується одночасно з відміною всіх обмежень на життєдіяльність населення на забрудненій території і переходом до звичайного санітарно-дозиметричного контролю радіаційної обстановки.

На реакторах типу РВПК і ВВЕР можлива так звана *початкова подія* аварії, яка характеризується наявністю *аварійної ситуації* з високою ймовірністю викиду РР. Фаза продовжується від моменту початку аварійного процесу до викиду РР в атмосферу.

## 2. **Визначення (уточнення) рішення щодо заходів захисту населення.**

У першу чергу визначають необхідні заходи захисту населення на ранній стадії аварії, а потім – на середній та пізній (таблиця 8.2).

**Таблиця 8.2**

**Заходи щодо захисту населення (за фазами аварії)**

№ з/п	Назва заходу	Фази аварії		
		ран-ня	се-ред-ня	піз-ня
1	Укриття людей в захисних спорудах чи пристосованих для цього приміщеннях	хх	х	–
2	Йодна профілактика населення	хх	х	–
3	Застосування індивідуальних засобів захисту	хх	х	–
4	Евакуація населення	хх	х	–
5	Блокування забрудненої території, обмежувальні заходи щодо в'їзду та виїзду з неї	хх	х	–
6	Застосування медичних засобів захисту	х	–	–
7	Спецобробка техніки, людей, майна	х	х	х
8	Переведення худоби на незабруднені пасовища і корми	–	хх	хх
9	Тимчасове вилучення із вживання харчових продуктів місцевого виробництва	–	хх	хх
10	Деактивація забрудненої місцевості та споруд	–	х	–

11	Доставка чистих продуктів і питної води у райони, забруднені радіонуклідами	xx	x	x
----	---	----	---	---

*Примітка:* xx – заходи, що проводяться постійно;  
 x – заходи, що проводяться відповідно до конкретної обстановки;  
 – – заходи не проводяться.

Заходи щодо захисту населення № 1, 2, 4 повинні бути проведені до підходу радіоактивної хмари до конкретного району (об'єкта).

Після того, як почалося випадіння радіоактивних опадів, проводиться постійне уточнення оцінки фактичного (такого, що реально формується) радіаційного стану, який може змінюватися зі зміною напрямку вітру, і відповідно уточнюються зони проведення тих чи інших заходів захисту.

Такі заходи захисту населення, як евакуація, що є основним засобом захисту при даній НС, особливо на початковій та ранній фазах аварії, і укриття у захисних спорудах, мають певну специфіку.

**Евакуація населення** проводиться з тих районів, де його перебування може призвести до опромінення, вищого за допустимі межі. Населення оповіщають про час та порядок евакуації. В умовах радіоактивного забруднення місцевості евакуаційні пункти не призначаються, транспорт подається безпосередньо до входів у захисні споруди і будинки, де переховуються люди, а посадка людей відбувається у найкоротший термін. Під час руху проводиться дозиметричний контроль.

Евакуація із забрудненої зони відбувається у два етапи. На першому етапі населення транспортом зони доставляється до межі зони забруднення. На другому (після спецобробки) – пересідає на незабруднений радіоактивними речовинами транспорт і доставляється до місця розміщення. Транспорт зони продовжує перевезення в межах зони до того часу, поки щільність його радіоактивного забруднення не перевищить

допустимих рівнів, після чого автомашины відправляють на майданчик збору забрудненої техніки («могильник»).

На кордоні зони радіоактивного забруднення організується проміжний пункт евакуації, на якому провадиться реєстрація, дозиметричний контроль та санітарна обробка людей, яких евакуюють. Одяг та взуття дезактивуються. Після санітарної обробки і дезактивації речей проводиться повторний дозиметричний контроль і евакуйовані відправляються до районів призначення на «чистому» транспорті. За наявності *початкової події* аварії може проводитися *загальна випереджаюча евакуація*.

При **укритті населення в захисних спорудах** враховується велика проникаюча здатність радіоактивних газів і аерозолів радіоактивної хмари, що зменшує ефективність роботи фільтрів споруд. Тому на момент наближення радіоактивної хмари сховища переводяться на режим повної ізоляції, а протирадіаційні укриття (ПРУ) герметизуються, для чого закриваються заслінки приточних і витяжних коробів. Крім того, у ПРУ та герметизованих житлових і виробничих приміщеннях люди, які в них укриваються, одягають засоби захисту органів дихання. Такий режим продовжується до завершення осідання радіоактивного пилу та аерозолів (при одиночному викиді – 2...3 години). У разі продовження викидів, режим зберігається до зміни метеорологічного стану. Вентиляція захисних споруд може проводитися шляхом короткочасного відкриття заслінок вентиляційних коробів у ПРУ. На час вентиляції всі, хто знаходиться в захисних спорудах, одягають засоби захисту органів дихання, а в ПРУ – ще й засоби захисту від радіоактивного пилу.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

Йодна профілактика – ефективний спосіб захисту від радіоактивного опромінення. Вона має на меті запобігання накопиченню радіоактивних ізотопів Йоду в організмі та щитовидній залозі. Профілактика проводиться шляхом прийому внутрішньо

стабільних доз йоду у вигляді пігулок йодистого калію, а в разі його відсутності – водно-спиртового розчину йоду. При цьому добові дози прийому йодистого калію становлять: для дорослих і дітей, старших 5 років, по одній пігулці (0,125 г), для дітей від 2-х до 5-ти років – по 0,5 дози і для дітей до 2-х років – по 0,25 дози дорослих. Пігулки приймають після їди та запивають молоком чи водою. Розчин йоду (5% настойка) застосовується для дорослих і дітей, старших 5 років, по 20 крапель на склянку молока або води, для дітей від 2-х до 5-ти років – по 10 крапель і для дітей до 2-х років – по 5 крапель на півсклянки молока або харчової суміші один раз на день. Найбільший ефект йодна профілактика дає, якщо її проведення починається до початку радіоактивного забруднення.

### 8.5. Поділ населення за категоріями і зонування забруднених територій

З 1997 року в нашій державі діють Норми радіаційної безпеки України НРБУ-97, які у 2000 році доповнені розділом «Радіаційний захист від джерел потенційного опромінення». Згідно з цими Нормами всі громадяни країни розподілені на 3 категорії:

**Категорія А** (персонал) – особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань (працівники АЕС, гама-дефектоскопісти, лікарі-рентгенологи, радіологи та ін.).

**Категорія Б** (персонал) – особи, які безпосередньо не зайняті роботою з джерелами іонізуючих випромінювань, але у зв'язку з розташуванням робочих місць у приміщеннях та на промислових майданчиках об'єктів з радіаційно-ядерними технологіями можуть отримувати додаткове опромінювання.

**Категорія В** – усе населення.

Нормами радіаційної безпеки НРБУ-97 установлені також відповідні межі доз опромінення для різних категорій громадян (понад природний радіаційний фон):

	Категорії опромінюваних осіб		
	А	Б	В
Межа ефективної дози опромінення	20	2	1

Для співвідношення доз опромінення з небезпечними й допустимими рівнями опромінення людини можна використовувати такі орієнтири:

- 100 мЗв – допустиме разове аварійне опромінення населення категорії Б;
- 250 мЗв – допустиме разове аварійне опромінення персоналу (категорії А), при цьому відсутні явні ефекти ураження;
- 750 мЗв – одноразова доза, за якої не виникає серйозних відхилень у стані здоров'я, це нижній рівень розвитку легкого ступеня променевої хвороби. Ця доза визнана МКРЗ та національними комісіями з радіаційної безпеки, вона є тим порогом, вище якого виникають нестохастичні ефекти опромінення;
- 4,5 Зв – величина середньої смертельної дози (50% виживання, тобто гине 50% опромінених);
- 6 Зв – мінімальна абсолютно смертельна доза, характеризує граничні можливості захисних механізмів організму;
- 10 Зв – 100-процентна смертність серед опромінених.

Для визначення можливої уражаючої дії радіаційної аварії на персонал і населення *на етапі прогнозування* заздалегідь провадиться зонування території навколо РНО. При цьому встановлюються такі зони (у документах цивільного захисту):

- **зона нагальних заходів захисту** – територія, на якій доза зовнішнього опромінення усього тіла за час формування радіоактивного сліду може перевищити 0,75 Гр або доза внутрішнього опромінення щитовидної залози за рахунок інгаляційного надходження радіоактивного Йоду до організму перевищить 2,5 Гр;

- **зона профілактичних заходів** – територія, на якій доза зовнішнього опромінення може перевищити 0,25 Гр, а внутрішнього – 0,30 Гр;
- **зона обмежень** – територія, на якій доза зовнішнього опромінення може перевищити 0,1 Гр, а внутрішнього – до 0,3 Гр;
- **зона можливого небезпечного радіоактивного забруднення** – це територія, на якій прогнозується перевищення дозових навантажень понад 0,1 Зв/рік. В цій зоні плануються і заздалегідь виконуються заходи щодо забезпечення захисту населення у разі радіаційної аварії на РНО.

При проведенні оперативних заходів щодо захисту персоналу та населення після виникнення радіаційної аварії на РНО, в зоні радіоактивного забруднення виділяють:

- 1) **зону відчуження**, де перебування людей заборонено;
- 2) **зону безумовного (обов'язкового) відселення**, де перебування людини може викликати додаткове (у порівнянні із доаварійним станом) отримання нею еквівалентної дози опромінення 5 мЗв на рік і більше;
- 3) **зону гарантованого (добровільного) відселення**, де перебування людини може викликати додаткове (у порівнянні із доаварійним станом) отримання нею еквівалентної дози опромінення від 1 мЗв до 5 мЗв на рік;
- 4) **зону посиленого радіологічного контролю**, де перебування людини може викликати додаткове (у порівнянні із доаварійним станом) отримання нею еквівалентної дози опромінення від 0,5 мЗв до 1 мЗв на рік.

Законом України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» запроваджена також основна дозова межа опромінення – максимально допустимий рівень індивідуальної ефективної дози опромінення людини, перевищення якого вимагає застосування заходів щодо захисту людини. Встановлено, що ця основна дозова межа для населення не повинна перевищувати 1 мЗв ефективної дози опромінення за рік (ст. 5 Закону).

Цим же Законом (ст.19) у відповідності з принципом цивільного захисту, відомим як «плата за ризик», передбачено відшкодування шкоди, заподіяної здоров'ю людини в результаті перевищення основної дозової межі радіаційного опромінення. Величина компенсаційних виплат встановлюється в розмірі 1,2 неоподаткованого мінімуму доходів громадян за кожний мілізіверт перевищення допустимої межі опромінення (1 мЗв на рік для населення понад природний доаварійний рівень).

Компенсація за перевищення річної основної дозової межі опромінення надається особам, які проживають або тимчасово перебувають на території України, у випадках:

- опромінення, зумовленого впливом практичної діяльності;
- помилкового або неправомірного опромінення пацієнтів при медичному втручанні;
- вимушеного споживання забруднених радіонуклідами продуктів харчування та питної води;
- радіаційно небезпечних умов проживання, праці та навчання.

#### ПРИКЛАД.

Людина змушена перебувати на радіаційно забрудненій території, де потужність експозиційної дози випромінювання становить  $ПЕД_{нова} = 120 \text{ мкР/год}$ . До аварії потужність експозиційної дози випромінювання в цій місцевості становила  $ПЕД = 20 \text{ мкР/год}$ . Розрахуйте, до якої зони за ступенем забруднення відноситься дана територія. Оцініть компенсаційні виплати людині, пов'язані із перевищенням основної дозової межі радіаційного опромінення.

#### Розв'язання.

- 1) Розраховуємо експозиційну дозу випромінювання, що викидалася у доаварійний період протягом 1 року,

$$ED^{рік} = ED^{доаварійний} \times 365 = 20 \text{ мкР/год} \times 24 \text{ год} \times 365 = 175200 \text{ мкР} = 0,175 \text{ Р}$$

- 2) Припускаючи, що вся радіація, викинута протягом 1 року, йде виключно на біологічний ефект, тобто на ушкодження організму людини, його органів і тканин, ставимо у відповідність експози-

ційну дозу випромінювання величиною 1 Р еквівалентній дозі опромінення величиною в 1 біологічний еквівалент рентгена (або скорочено 1 бер). Тоді експозиційна доза випромінювання величиною 0,175 Р відповідає еквівалентній дозі опромінення 0,175 біологічних еквівалентів рентгена (або скорочено 0,175 бер). Врахуємо, що у системі СІ замість 1 бер використовують іншу одиницю вимірювання – 1 зіверт (1 Зв), причому вважають, що 1 Зв = 100 бер. Складаємо пропорцію

$$1\text{Зв} \leftrightarrow 100\text{бер}$$

$$H \leftrightarrow 0,175\text{бер}$$

Шукана величина еквівалентної дози опромінення

$$H = \frac{(1\text{Зв}) \times (0,175\text{бер})}{100\text{бер}} = 0,00175\text{Зв} = 1,75\text{мЗв} \text{ (на 1 рік)}.$$

- 3) Аналогічно розраховуємо експозиційну дозу випромінювання, що викидається у післяаварійний період протягом 1 року,

$$\begin{aligned} ED^{\text{рік}} &= ED^{\text{доба}} \times 365 = 120\text{мкР/год.} \times 24\text{год.} \times 365 = \\ &= 1051200\text{мкР} = 1,05\text{Р} \end{aligned}$$

і шукану величину еквівалентної дози опромінення

$$H_{\text{нова}} = 0,0105\text{Зв} = 10,5\text{мЗв}.$$

- 4) Обчислюємо зміну (приріст) еквівалентної дози опромінення:

$$\Delta H = H_{\text{нова}} - H = 10,5\text{мЗв} - 1,75\text{мЗв} = 8,75\text{мЗв}$$

Отримане значення (понад 5 мЗв на рік) відповідає нормам віднесення даної території до *зони безумовного (обов'язкового) відселення*.

- 5) Згідно Закону України компенсаційні виплати передбачені в розмірі 1,2 від неоподаткованого мінімуму доходів громадян (17 грн) за кожен мілізіверт перевищення основної дозової межі радіаційного опромінення (1 мЗв), понад природний доаварійний рівень (1,75 мЗв), тобто:

$$Z = 1,2(10,5 - (1,75 + 1)) \times 17\text{грн} = 158,10\text{грн}$$

**Відповідь.** Дана територія відноситься до *зони безумовного (обов'язкового) відселення*; розрахункова сума компенсаційних виплат становить 158,10 грн. (на 1 людину).

## 8.6. Прогнозування радіаційної обстановки та обґрунтування заходів реагування

Радіаційною обстановкою називають можливі (або фактичні) масштаби та ступінь забруднення території РР, які пов'язані з ураженням населення та персоналу об'єктів господарювання. В основі прогнозування радіаційної обстановки лежить постійний контроль радіаційного стану – складова частина загального контролю за станом навколишнього середовища, який полягає у проведенні радіоекологічного моніторингу – спостереження і оцінки радіаційного забруднення.

Під радіаційним станом розуміють масштаби і ступінь іонізації навколишнього середовища природними та штучними джерелами випромінювання. Залежно від ступеня іонізації середовища радіаційний стан може бути *нормальним* – потужність експозиційної дози (ПЕД) становить до 0,6 мкЗв/год (60 мкР/год), *аномальним* – величина ПЕД становить від 0,6 до 1,2 мкЗв/год (60...120 мкР/год) і *радіоактивним забрудненням* – ПЕД становить понад 1,2 мкЗв/год (120 мкР/год).

На підставі результатів радіаційного стану прогнозується поглинена (еквівалентна) доза опромінення населення і персоналу, визначається необхідність проведення заходів реагування (нормалізації стану та заходів щодо захисту населення і територій). Контроль радіаційного стану проводиться постійно на всій території країни, особлива увага при цьому приділяється районам розміщення РНО, і в першу чергу – атомних станцій.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

За даними наявних 182 пунктів спостережень мережі гідрометслужби України потужність експозиційної дози гамма-випромінювання (ПЕД) на більшій частині території країни знаходиться у межах рівнів, обумовлених розпадом природних радіонуклідів та космічним випромінюванням: 5...25 мкР/год.

За результатами постійного моніторингу, радіаційний фон на контрольованих територіях, що віднесені до зон радіоактив-



ного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, є сталим (ПЕД = 7...28 мкР/год.) і знаходиться здебільшого у межах доаварійних рівнів.

Моніторинг довкілля здійснюється ДСНС, іншими центральними органами виконавчої влади, їхніми органами на місцях, а також підприємствами, установами та організаціями, що належать до сфери їх управління, які є суб'єктами системи моніторингу за загальнодержавною і регіональними (місцевими) програмами реалізації відповідних природоохоронних заходів.

Зміна ПЕД з часом при радіоактивному зараженні місцевості внаслідок аварії на АЕС описується залежністю:

$$P_t = P_1 \cdot t^{-0,4}, \quad (8.1)$$

де  $P_t$  – ПЕД у момент часу  $t$ , записана у рентгенах на годину (Р/год);

$P_1$  – ПЕД через 1 годину після аварійного викиду радіоактивних речовин, записана у рентгенах на годину (Р/год);

$t$  – час, що минув з моменту аварійного викиду радіоактивних речовин, записаний у годинах.

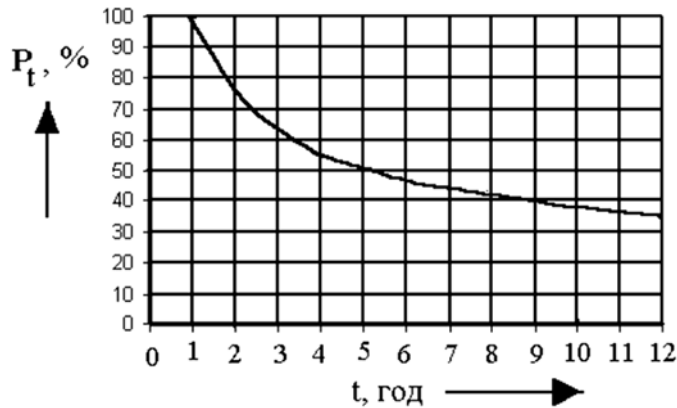


Рис. 8.1. Залежність ПЕД від часу, що минув з моменту аварійного викиду радіоактивних речовин

**Поглинена** доза опромінення  $D_0$  (виміряна у греях), яку отримують люди на радіаційно забрудненій території з моменту часу  $t_n$  до моменту часу  $t_k$  розраховується за формулою

$$D_0 = \frac{1}{100} \int_{t_n}^{t_k} P_t dt. \quad (8.2)$$

При ослабленні радіоактивного випромінювання захисним екраном поглинена доза опромінення  $D_0$  (виміряна у греях) зменшується у  $K_{осл}$  раз і становить

$$D = \frac{D_0}{K_{осл}} = \frac{1}{100 \cdot K_{осл}} \int_{t_n}^{t_k} P_t dt = \frac{1}{100 \cdot K_{осл}} \times 1,7 \cdot P_1 \cdot (t_k^{0,6} - t_n^{0,6}). \quad (8.3)$$

На радіаційно забрудненій території тривалість роботи персоналу має бути обмежена («захист часом»). Наприклад, кожна працююча в умовах радіаційного забруднення зміна працівників має діяти обмежений інтервал часу і тому не повинна отримати поглинену дозу опромінення, більшу за наперед встановлену величину.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

Як відомо, в дозиметрії використовують такі поняття: експозиційна доза випромінювання,  $P$ ; потужність експозиційної дози випромінювання,  $P/год$ ; поглинута доза опромінення,  $Гр$ ; ефективна еквівалентна доза опромінення,  $Зв$ .

*Експозиційна доза випромінювання* – це кількісна характеристика поля іонізуючого випромінювання. Найчастіше вона вимірюється в позасистемних одиницях – *рентгенах* ( $P$ ). Потужність експозиційної дози випромінювання ( $P/год$ ) – основна характеристика, яка свідчить про загрозу радіаційного опромінення.

*Поглинута доза опромінення* – це кількість енергії (в  $Дж$ ), яка поглинута одиницею маси ( $кг$ ) опроміненої речовини. Цей термін використовується в разі аварійного, короткочасного опромінення людини. Позасистемною одиницею цієї дози є *рад* (*радіаційна абсорбційна доза*), у міжнародній системі СІ – *грей* ( $Гр$ ). Співвідношення між ними:  $1Гр=100 рад=1Дж/кг$ .

Ефективна еквівалентна доза опромінення введена для оцінки наслідків дії випромінювання на біотканини. Позасистемною одиницею вимірювання ефективної еквівалентної дози є бер – біологічний еквівалент рентгена, а в системі СІ – зіверт (Зв). Співвідношення між ними:  $1\text{Зв}=100\text{ бер}$ .

Якщо припустити, що вся викинута протягом певного часу експозиційна доза випромінювання повністю поглинута організмом людини і пішла на його ушкодження,  $1\text{Р}\approx 1\text{бер} = 0,01\text{Зв}$ .

Захистом від радіаційного випромінювання є всі без виключення матеріали. Коефіцієнт ослаблення іонізуючого випромінювання товщею матеріалу визначається за формулою:

$$K_{\text{осл}} = 2^{\frac{h}{d}}; \quad (8.4)$$

де  $h$  – товщина матеріалу, см;

$d$  – шар половинного ослаблення цього матеріалу, см.

**Шар половинного ослаблення** – це товщина даного матеріалу в сантиметрах, яка послабляє інтенсивність радіаційного випромінювання вдвічі.

Захисні властивості матеріалів визначаються саме шаром їх половинного ослаблення, величина якого є сталим значенням для кожного конкретного матеріалу і наведена в довідниках. Для цегли, наприклад,  $d = 14$  см; свинцевої пластинки – 2,5 см; дерева – 30 см; бетону – 10 см.

Суцільна цегляна стіна завтовшки 51 см послабляє, приміром, радіацію у

$$K_{\text{осл}} = 2^{\frac{51}{14}} = 2^{3,6} \approx 12,5 \text{ рази.}$$

#### ПРИКЛАД.

Унаслідок аварії на АЕС відбулося радіаційне зараження навколишньої території, причому через 1 годину після аварійного викиду радіоактивних речовин потужність експозиційної дози випромінювання становила  $P_1 = 20$  Р/год. Роботи з ліквідації наслідків аварії планується розпочати через 1 годину після аварії. Розрахуйте тривалість роботи першої зміни працівників, якщо

для них встановлена допустима поглинена доза опромінення  $D_{\text{усм}} = 0,25$  Гр (25 рад), а засоби індивідуального захисту зменшують рівень радіоактивного випромінювання у 2 рази:  $K_{\text{осл}} = 2$ .

#### Розв'язання:

- 1) Узявши у виведеній формулі (8.3)  $D = D_{\text{усм}}$ , знаходимо час закінчення роботи першої зміни працівників:

$$t_{\kappa} = \left( \frac{100 \cdot D_{\text{усм}} \cdot K_{\text{осл}}}{1,7 \cdot P_1} + t_n^{0,6} \right)^{1,7}$$

- 2) Підставляючи в отриманий вираз дані задачі ( $D_{\text{усм}} = 0,25$  Гр;  $K_{\text{осл}} = 2$ ;  $P_1 = 20$  Р/год;  $t_n = 1$  год), маємо:

$$t_{\kappa} = \left( \frac{100 \cdot 0,25 \cdot 2}{1,7 \cdot 20} + 1^{0,6} \right)^{1,7} = 2,47^{1,7} = 4,7 \text{ год.}$$

- 3) Визначаємо тривалість роботи першої зміни працівників:

$$\Delta t = t_{\kappa} - t_n = 4,7 \text{ год.} - 1 \text{ год.} = 3,7 \text{ год.}$$

**Відповідь.**  $\Delta t = 3,7 \text{ год.}$

За результатами контролю радіаційного стану при аваріях на АС розробляються також заходи щодо захисту населення на підставі НРБУ-97/Д-2000 та Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого опромінення».

На початковій фазі аварії з викидом радіоактивних речовин згідно з Нормами радіаційної безпеки України НРБУ-97/Д-2000 можуть виконуватися такі заходи, направлені на зменшення еквівалентної дози радіаційного опромінення населення:

- заходи пилоподавлення;
- часте миття доріг з твердим покриттям;
- запобігання запиленню узбіччя доріг та спеціальні обмеження для автотранспорту щодо з'їзду на узбіччя;
- спеціальний режим роботи шкіл, дитячих садків, ясел;
- зміна режиму роботи лікувально-оздоровчих закладів;

- переведення великої рогатої худоби з пасовищного на стійлове утримання;
- обмеження лісокористування, заборона полювання та рибної ловлі у місцевих водоймах;
- інші заходи.

Однак основними та найбільш ефективними невідкладними заходами на початковій фазі аварії є: укриття, евакуація, йодна профілактика та обмеження перебування осіб з населення на відкритому повітрі.

**Укриття населення в будинках чи спеціальних спорудах** (в основному, цегляних, бетонних, товстостінних) має за мету запобігання перш за все дозам зовнішнього опромінення, а при відповідній герметизації – і внутрішнього опромінення, пов'язаного з інгаляційним надходженням радіо-йоду, а також випадінням газоаерозолів на відкриті ділянки шкіри. При цьому, якщо відвернута при такій акції доза на все тіло виявиться меншою за 5 мЗв, та особа, яка відповідає за прийняття рішення про проведення укриття населення, має всі підстави відмовитися від введення цього досить дискомфортного заходу.

Тому згідно Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» заходи щодо укриття людей застосовуються, якщо протягом перших двох тижнів після аварії очікувана сукупна ефективна доза опромінення може перевищити 5 мЗв.

Евакуація пов'язана з терміновим переміщенням населення із зони аварії на, зазвичай, обмежений строк і є однією з найдорожчих, дискомфортних та організаційно важких акцій. Для введення цього контрзаходу необхідно виключно серйозне та коректне дозиметричне обґрунтування.

**Тимчасова евакуація** людей здійснюється у разі, якщо протягом перших двох тижнів після аварії ефективна доза опромінення може досягти рівня 50 мілізівертів.

Запобігання дозі внутрішнього опромінення щитовидної залози шляхом масового вживання препаратів стабільного

йоду (йодна профілактика) виключно ефективний, організаційно не дуже складний і відносно дешевий захисний захід.

Проте слід брати до уваги, що ефективність йодної профілактики різко спадає, якщо прийом стабільного йоду затримано на декілька годин після початку надходження радіоізотопів Йоду інгаляційно чи з продуктами харчування.

**Йодна профілактика** застосовується у разі, якщо очікувана поглинута доза опромінення щитовидної залози від накопиченого в ній радіоактивного Йоду може перевищити 50 мілігрей\* для дітей або 200 мілігрей для дорослих.

#### ПРИКЛАД.

Які заходи реагування слід провести для захисту населення в разі виникнення аварійного радіоактивного забруднення території, якщо потужність експозиційної дози випромінювання на 1 годину після аварії становила  $P_1=120$  мР/год?

#### Розв'язання:

1. Прогнозованим періодом для вирішення питання щодо можливих заходів реагування, згідно Закону, є два тижні після аварії. Це становить  $t_k = 2 \cdot 7 \cdot 24 = 336$  годин. Початковий час опромінення людей приймаємо  $t_n = 1$  год.
2. Припускаючи, що весь цей час людина перебуватиме без засобів захисту ( $K_{осл} = 1$ ) і вся радіація буде поглинута її організмом і піде виключно на біологічний ефект ( $1P=1\text{бер}$ ), визначаємо ефективну еквіваленту дозу опромінення, враховуючи безперервний спад рівня радіації:

$$D = \frac{1,7P_1(t_k^{0,6} - t_n^{0,6})}{K_{осл}} = \frac{1,7 \cdot 0,12(336^{0,6} - 1^{0,6})}{1} = 6,5\text{бер} = 0,065\text{Зв} = 65\text{мЗв}.$$

3. Оскільки прогнозована доза опромінення перевищує 50 мЗв, згідно Закону України «Про захист людини від впливу іонізуючого випромінювання» слід провести *тимчасову евакуацію* населення із зони радіоактивного забруднення.

**Відповідь.** Слід провести *тимчасову евакуацію* населення.



### Питання для самоконтролю

1. Назвіть, які об'єкти відносяться до типових радіаційно небезпечних об'єктів.
2. Перерахуйте основні причини аварій на АС.
3. Поясніть основні складові Міжнародної шкали оцінки ядерних подій на АЕС.
4. Які особливості радіоактивного забруднення у випадку аварії на АЕС?
5. Що включає в себе спостереження та оцінка фактичного радіаційного стану?
6. До якої категорії за Нормами радіаційної безпеки України відносяться особи, які постійно чи тимчасово працюють безпосередньо з джерелами іонізуючих випромінювань?
7. Сформулюйте межі ефективної еквівалентної дози опромінення для населення за Нормами радіаційної безпеки України.
8. Наведіть перелік зон, що встановлюються на етапі прогнозування при визначення можливої уражаючої дії радіаційної аварії на персонал і населення.
9. Як визначається величина поглиненої дози опромінення, яку отримують люди на радіаційно забрудненій території?
10. Які заходи передбачені для захисту населення у випадку радіоактивного забруднення територій?

## ТЕМА 9. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 9.1. Оповіщення про загрозу або виникнення НС



Оповіщення про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій є одним із основних заходів захисту населення від надзвичайних ситуацій. Оповіщення полягає у своєчасному доведенні відповідної інформації до органів управління цивільного захисту, сил цивільного захисту, суб'єктів господарювання, та населення.

Оповіщення забезпечується шляхом:

- сталого функціонування загальнодержавної, територіальних, місцевих *автоматизованих систем централізованого оповіщення* про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій, *спеціальних, локальних та об'єктових систем оповіщення*;
- використання телекомунікаційної мережі загального користування, у тому числі мобільного (рухомого) зв'язку, відомчих телекомунікаційних мереж суб'єктів господарювання, а також мереж загальнонаціонального, регіонального та місцевого радіомовлення і телебачення;
- автоматизації процесу передачі сигналів і повідомлень про загрозу або виникнення надзвичайних ситуацій;
- функціонування на об'єктах підвищеної небезпеки автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення;
- функціонування в населених пунктах, а також в місцях масового перебування людей сигнально-гучномовних пристроїв та електронних інформаційних табло для передачі інформації з питань цивільного захисту;

- застосування пересувних сигнально-гучномовних пристроїв.

Для виконання завдань оповіщення в Україні функціонує автоматизована система централізованого оповіщення (АСЦО), до складу якої входять загальнодержавна, територіальні, місцеві АСЦО, що функціонують на державному, регіональному та місцевому рівнях відповідно, а також спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення. Системи оповіщення усіх рівнів забезпечують передачу інформації з використанням спеціальної апаратури оповіщення, мереж загальнонаціонального радіомовлення і телебачення, телефонного зв'язку.

Відповідальність за утримання у постійній готовності *загальнодержавної АСЦО* покладено на ДСНС України.

*Територіальні АСЦО* забезпечують прийом сигналів і повідомлень від загальнодержавної системи та здійснюють оповіщення районних державних адміністрацій, виконавчих органів міських рад, суб'єктів господарювання та сил цивільного захисту, що включені в територіальну схему оповіщення, а також, у разі необхідності, населення, що проживає на території регіону.

*Місцеві АСЦО* забезпечують прийом сигналів і повідомлень від територіальної системи та здійснюють оповіщення сільських та селищних рад, суб'єктів господарювання та населення району, міста.

*Спеціальні системи оповіщення* функціонують на гідротехнічних спорудах і територіях, які потрапляють у зону катастрофічного затоплення, уздовж аміакопроводів, магістральних і відвідних нафто-, газопроводів, на атомних електростанціях і територіях у 30-км зоні навколо атомної електростанції (50-км зоні для Запорізької АЕС) для оповіщення чергових служб з питань цивільного захисту, персоналу об'єктів та населення, яке знаходиться в зоні можливого ураження.

*Локальні системи оповіщення* функціонують на об'єктах, що за певних обставин можуть створити реальну загрозу ви-

никнення аварії, зона можливого ураження від яких може поширюватися на населені пункти або території інших підприємств, установ і організацій, для оповіщення керівництва і персоналу таких об'єктів, а також населення, яке проживає в зонах можливого ураження та інших підприємств, які розміщені в цих зонах.

*Об'єктові системи оповіщення* функціонують на об'єктах, які за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення аварії, зона можливого ураження від якої не виходить за їх територію, а також у місцях з масовим перебуванням людей (навчальних та лікувальних закладах, спортивних та торговельно-розважальних комплексах, вокзалах, пляжах, зонах масового відпочинку тощо) для оповіщення керівництва і персоналу таких об'єктів та людей, які перебувають у таких місцях.

Спеціальні, локальні та об'єктові системи оповіщення повинні функціонувати у комплексі з автоматизованими системами раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення. Організаційно та технічно вони включені до територіальних та місцевих автоматизованих систем централізованого оповіщення.

В Полтавській області локальними системами оповіщення (ЛСО) охоплено 90% ХНО і 46% гідротехнічних споруд. На інших ОПН цей показник становить лише 14%.

Системами централізованого оповіщення (СЦО) в області охоплено 90% населення міст і 70% сільського населення.

В місцях масового зосередження громадян – на автовокзалах, залізничних вокзалах, стадіоні «Ворскла», території центрального колгоспного ринку, мототреку – повідомлення щодо можливої загрози виникнення НС проводиться за допомогою електросирен та гучномовців, встановлених на цих об'єктах.

Загалом в Україні середня площа покриття територіальними та місцевими системами централізованого оповіщення становить 81% від площі населених пунктів.



Загальнодержавна та територіальні АСЦО працездатні, але не забезпечують виконання покладених функцій у повному обсязі та не відповідають сучасним вимогам, а саме [35]:

- а) зросла кількість відмов апаратури та телекомунікаційного обладнання, на базі яких створені ці системи, ресурс їх експлуатації вичерпано, елементна база морально та фізично застаріла, а виробництво взагалі припинено;
- б) апаратура та обладнання систем АСЦО є енергоємними, потребують значних фінансових витрат на експлуатаційно-технічного обслуговування та не сумісні із сучасними засобами, які забезпечує передачу інформації у цифровому форматі.

## 9.2. Способи захисту населення в надзвичайних ситуаціях

Захист населення в надзвичайних ситуаціях (НС) організовується і здійснюється відповідно до вимог Конституції України, Кодексу цивільного захисту, законів України та інших чинних нормативно-правових актів.

Реалізація державної політики у сфері захисту населення у НС покладається, як відомо, на Єдину державну систему цивільного захисту України (ЄДСЦЗ).

Захист населення в надзвичайних ситуаціях здійснюється з урахуванням двох видів можливих загроз:

- *зовнішніх* (викликаних війною, локальними збройними конфліктами або глобальними екологічними чи техногенними катастрофами за межами країни);
- *внутрішніх* (викликаних стихійними лихами і техногенними катастрофами або спровокованих терористичними діями на території держави).

Основними напрямками цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру є:

- 1) здійснення комплексу заходів щодо *запобігання* виникненню надзвичайної ситуації;

- 2) забезпечення готовності системи цивільного захисту до *реагування* на надзвичайну ситуацію.

Під терміном «запобігання» розуміють підготовку і реалізацію комплексу правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання техногенної та природної безпеки.

Під терміном «реагування» розуміють скоординовані дії суб'єктів забезпечення цивільного захисту, направлені на локалізацію та ліквідацію аварії (катастрофи), уточнених в умовах конкретного виду та рівня надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру, а також надання невідкладної допомоги потерпілим, усунення загрози життю та здоров'ю людей.

Захист населення в НС (цивільний захист) ґрунтується на таких основних принципах:

- 1) *гарантування* та забезпечення державою конституційних прав громадян на захист життя, здоров'я та власності;
- 2) *комплексного підходу* до вирішення завдань цивільного захисту;
- 3) *пріоритетності завдань*, спрямованих на рятування життя та збереження здоров'я громадян;
- 4) максимально можливого, економічно обґрунтованого *зменшення ризику* виникнення надзвичайних ситуацій;
- 5) *централізації управління*, єдиноначальності, підпорядкованості, статутної дисципліни Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, аварійно-рятувальних служб;
- 6) *гласності, прозорості*, вільного отримання та поширення публічної інформації про стан цивільного захисту, крім обмежень, встановлених законом;
- 7) *добровільності* – у разі залучення громадян до здійснення заходів цивільного захисту, пов'язаних з ризиком для їхнього життя і здоров'я;
- 8) *відповідальності* посадових осіб органів державної влади та органів місцевого самоврядування за дотримання вимог законодавства з питань цивільного захисту;

9) *виправданого ризику* та відповідальності керівників сил цивільного захисту за забезпечення безпеки під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт.

Громадяни України у сфері захисту від надзвичайних ситуацій мають право на:

- 1) *отримання інформації* про надзвичайні ситуації або небезпечні події, що виникли або можуть виникнути, у тому числі в доступній для осіб з вадами зору та слуху формі;
- 2) *забезпечення засобами* колективного та індивідуального захисту та їх використання;
- 3) *звернення* до органів державної влади та органів місцевого самоврядування з питань захисту від надзвичайних ситуацій;
- 4) *участь у роботах* із запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій у складі добровільних формувань цивільного захисту;
- 5) *отримання заробітної плати* за роботу з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації у разі залучення до таких робіт згідно з трудовими договорами;
- 6) *соціальний захист та відшкодування* відповідно до законодавства шкоди, заподіяної їхньому життю, здоров'ю та майну внаслідок надзвичайних ситуацій або проведення робіт із запобігання та ліквідації наслідків;
- 7) *медичну допомогу*, соціально-психологічну підтримку та медико-психологічну *реабілітацію* у разі отримання фізичних і психологічних травм.

Громадяни України у сфері цивільного захисту мають такі обов'язки:

- 1) *дотримуватися правил поведінки*, безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях;
- 2) *дотримуватися заходів безпеки* у побуті та повсякденній трудовій діяльності, не допускати порушень виробничої і технологічної дисципліни, вимог екологічної без-

пеки, охорони праці, що можуть призвести до надзвичайної ситуації;

- 3) *вивчати способи захисту* від надзвичайних ситуацій та дій у разі їх виникнення, надання домедичної допомоги постраждалим, правила користування засобами захисту;
- 4) *повідомляти* службі екстреної допомоги населенню про виникнення надзвичайних ситуацій;
- 5) у разі виникнення надзвичайної ситуації до прибуття аварійно-рятувальних підрозділів *вживати заходів* для рятування населення і майна;
- 6) *дотримуватися* протиепідемічного, протиепізоотичного та протиепіфітотичного *режимів*, режимів радіаційного захисту;
- 7) *виконувати правила пожежної безпеки*, забезпечувати будівлі, які їм належать на праві приватної власності, первинними засобами пожежогасіння, навчати дітей обережному поводженню з вогнем.

Кодексом цивільного захисту передбачені такі способи захисту населення в надзвичайних ситуаціях: *оповіщення та інформування; укриття в захисних спорудах; евакуаційні заходи; інженерний, радіаційний і хімічний захисти, медичний, біологічний, психологічний захисти, навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях.*

**Інформацію** з питань цивільного захисту, яку передають через системи оповіщення, становлять відомості про надзвичайні ситуації, що прогножуються або виникли, з повідомленням їх меж поширення і наслідків, а також про способи та методи захисту від них. Органи управління цивільного захисту зобов'язані надавати населенню через засоби масової інформації оперативну та достовірну інформацію, а також про свою діяльність з питань цивільного захисту, у тому числі в доступній для осіб з вадами зору та слуху формі. Керівники суб'єктів господарювання, що експлуатують потенційно небезпечні об'єкти та об'єкти підвищеної небезпеки, зобов'язані систематично та оперативно оприлюднювати інформацію про такі об'єкти в офіційних друкованих видан-

нях, на офіційних веб-сайтах, інформаційних стендах та в будь-який інший прийнятний спосіб.

В якості **захисних споруд** для укриття населення можуть використовуватися сховища, протирадіаційні укриття, швидко споруджувані захисні споруди. Для захисту людей від деяких факторів небезпеки, що виникають внаслідок надзвичайних ситуацій у мирний час, та дії засобів ураження в особливий період також використовуються споруди подвійного призначення та найпростіші укриття.

Укриттю у **сховищах** підлягають:

- а) *працівники найбільшої працюючої зміни* суб'єктів господарювання, віднесених до відповідних категорій цивільного захисту та розташованих у *зонах можливих значних руйнувань* населених пунктів, які продовжують свою діяльність в особливий період;
- б) *персонал атомних електростанцій*, інших ядерних установок і працівники суб'єктів господарювання, які забезпечують функціонування таких станцій (установок);
- в) *працівники найбільшої працюючої зміни* суб'єктів господарювання, віднесених до категорії особливої важливості цивільного захисту та розташованих *за межами зон можливих значних руйнувань* населених пунктів, а також працівники чергового персоналу суб'єктів господарювання, які забезпечують життєдіяльність міст, віднесених до відповідних груп цивільного захисту;
- г) *хворі, медичний та обслуговуючий персонал* закладів охорони здоров'я, які не підлягають евакуації або не можуть бути евакуйовані у безпечне місце.

Укриттю у **протирадіаційних укриттях** підлягають:

- а) *працівники суб'єктів господарювання*, віднесених до першої та другої категорій цивільного захисту та розташованих *за межами зон можливих значних руйнувань* населених пунктів, які продовжують свою діяльність у воєнний час;
- б) *працівники суб'єктів господарювання*, розташованих у *зонах можливих руйнувань*, небезпечного і значного

радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій;

- в) *населення міст*, не віднесених до груп цивільного захисту, та інших населених пунктів, а також населення, евакуйоване з міст, віднесених до груп цивільного захисту і зон можливих значних руйнувань;
- г) *хворі, медичний та обслуговуючий персонал* закладів охорони здоров'я, розташованих *за межами зон можливих значних руйнувань* міст, віднесених до груп цивільного захисту, і суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту, а також закладів охорони здоров'я, які продовжують свою діяльність у воєнний час.

Укриттю у **швидкоспоруджуваних захисних спорудах, найпростіших укриттях та спорудах подвійного призначення** підлягає населення міст, віднесених до груп цивільного захисту, яке не підлягає евакуації у безпечне місце, а також інших населених пунктів.

Евакуація на випадок надзвичайної ситуації передбачає не лише вивезення (виведення) населення із зон можливого ураження, а й розміщення населення в районах придатних для проживання. Такими районами вважається заміська зона з розвинутою інфраструктурою: з будинками відпочинку, санаторіями-профілакторіями, оздоровчими і спортивними базами, дитячими таборами тощо.

**Евакуація** – це організоване вивезення (виведення) робітників і службовців підприємств, організацій та установ, які припиняють чи переносять свою діяльність за межі зон можливого ураження, а також вивезення непрацездатного і незайнятого у сфері виробництва і обслуговування населення із зон можливого ураження. Її проводять на державному, регіональному, місцевому або об'єктовому рівні. Залежно від особливостей надзвичайної ситуації встановлюються такі види евакуації: обов'язкова; загальна або часткова; тимчасова або безповоротна.

Рішення про проведення евакуації приймають: на *державному рівні* – Кабінет Міністрів України; на *регіональ-*

ному рівні – Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські державні адміністрації; на *місцевому рівні* – районні, районні у містах Києві чи Севастополі державні адміністрації, відповідні органи місцевого самоврядування; на *об'єктовому рівні* – керівники суб'єктів господарювання.

**Обов'язкова евакуація** населення проводиться у разі виникнення загрози:

- аварій з викидом радіоактивних та небезпечних хімічних речовин;
- катастрофічного затоплення місцевості;
- масових лісових і торф'яних пожеж, землетрусів, зсувів, інших геологічних та гідрогеологічних явищ і процесів;
- збройних конфліктів.

**Загальна евакуація** проводиться для всіх категорій населення із зон:

- можливого радіоактивного та хімічного забруднення;
- катастрофічного затоплення місцевості з чотиригодинним добіганням проривної хвилі при руйнуванні гідротехнічних споруд.

**Часткова евакуація** проводиться для вивезення категорій населення, які за віком чи станом здоров'я у разі виникнення надзвичайної ситуації не здатні самостійно вжити заходів щодо збереження свого життя або здоров'я, а також осіб, які відповідно до законодавства доглядають (обслуговують) таких осіб.

Проведення евакуації забезпечується шляхом: утворення регіональних, місцевих та об'єктових органів з евакуації; планування евакуації; визначення безпечних районів, придатних для розміщення евакуйованого населення та майна; організації оповіщення керівників суб'єктів господарювання і населення про початок евакуації; організації управління евакуацією; життєзабезпечення евакуйованого населення в місцях їх безпечного розміщення; навчання населення діям під час проведення евакуації.

Для виведення чи вивезення основної частини населення із зони надзвичайної ситуації залучаються *транспортні засоби суб'єктів господарювання*, а в разі безпосередньої загрози життю або здоров'ю населення – усі наявні *транспортні засоби суб'єктів господарювання та громадян*. При цьому суб'єкту господарювання та громадянину, транспортні засоби яких залучені, *компенсуються вартість* надання послуг і розмір фактичних (понесених) витрат за рахунок коштів, що виділяються з відповідного бюджету на ліквідацію наслідків надзвичайної ситуації. Працівник суб'єкта господарювання, власник, користувач або водій транспортного засобу, які відмовилися від надання послуг із перевезення населення у зв'язку з надзвичайною ситуацією, *несуть відповідальність* відповідно до закону.

**Інженерний захист** територій включає:

- проведення районування територій за наявністю потенційно небезпечних об'єктів і небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів, а також ризику виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з ними;
- віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту та віднесення суб'єктів господарювання до відповідних категорій цивільного захисту;
- розроблення та включення вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту до відповідних видів містобудівної і проектної документації та реалізація їх під час будівництва і експлуатації;
- урахування можливих проявів небезпечних геологічних, гідрогеологічних та метеорологічних явищ і процесів та негативних наслідків аварій під час розроблення генеральних планів населених пунктів і ведення містобудування;
- розміщення об'єктів підвищеної небезпеки з урахуванням наслідків аварій, що можуть статися на таких об'єктах;

- розроблення і здійснення заходів щодо безаварійного функціонування об'єктів підвищеної небезпеки;
- будівництво споруд, будівель, інженерних мереж і транспортних комунікацій із заданими рівнями безпеки та надійності;
- будівництво протизсувних, протиповеневих, протиселевих, протилавинних, протиерозійних та інших інженерних споруд спеціального призначення, їх утримання у функціональному стані;
- обстеження будівель, споруд, інженерних мереж і транспортних комунікацій, розроблення та здійснення заходів щодо їх безпечної експлуатації;
- інші заходи інженерного захисту територій залежно від ситуації, що склалася.

**Радіаційний і хімічний захист** населення і територій включає:

- виявлення та оцінку радіаційної і хімічної обстановки;
- організацію та здійснення дозиметричного і хімічного контролю;
- розроблення та впровадження типових режимів радіаційного захисту;
- використання засобів колективного захисту;
- використання засобів індивідуального захисту, приладів радіаційної та хімічної розвідки, дозиметричного і хімічного контролю формуваннями і службами цивільного захисту та населенням, яке проживає в зонах можливого забруднення;
- проведення йодної профілактики рятувальників, які залучаються до ліквідації радіаційної аварії, персоналу радіаційно небезпечних об'єктів та населення, яке проживає в зонах можливого забруднення;
- надання населенню можливості придбання в особисте користування засобів індивідуального захисту, приладів дозиметричного та хімічного контролю;
- проведення санітарної обробки населення та спеціальної обробки одягу, майна і транспорту;

- розроблення загальних критеріїв, методів та методик спостережень щодо оцінки радіаційної і хімічної обстановки;
- інші заходи радіаційного і хімічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

**Медичний захист** передбачає:

- надання службою медицини катастроф медичної допомоги постраждалим внаслідок надзвичайних ситуацій, проведення їх медико-психологічної реабілітації;
- планування і використання сил та засобів закладів охорони здоров'я незалежно від форми власності;
- своєчасне застосування профілактичних медичних препаратів та своєчасне проведення санітарно-протиепідемічних заходів;
- контроль за якістю та безпекою харчових продуктів і продовольчої сировини, питної води та джерелами водопостачання;
- завчасне створення і підготовку спеціальних медичних формувань;
- утворення в умовах надзвичайних ситуацій необхідної кількості додаткових тимчасових мобільних медичних підрозділів або залучення додаткових закладів охорони здоров'я;
- накопичення медичного та спеціального майна і техніки;
- підготовку та перепідготовку медичних працівників з надання екстреної медичної допомоги;
- навчання населення способам надання домедичної допомоги та правилам дотримання особистої гігієни;
- здійснення заходів з метою недопущення негативного впливу на здоров'я населення шкідливих факторів навколишнього природного середовища та наслідків надзвичайних ситуацій, а також умов для виникнення і поширення інфекційних захворювань;



- проведення моніторингу стану навколишнього природного середовища, санітарно-гігієнічної та епідемічної ситуації;
- санітарну охорону територій та суб'єктів господарювання в зоні надзвичайної ситуації;
- здійснення інших заходів, пов'язаних із медичним захистом населення, залежно від ситуації, що склалася.

**Біологічний захист** населення, тварин і рослин включає:

- своєчасне виявлення чинників та осередку біологічного зараження, його локалізацію і ліквідацію;
- прогнозування масштабів і наслідків біологічного зараження, розроблення та запровадження своєчасних проти епідемічних, профілактичних, протиепізоотичних, протиепіфітотичних і лікувальних заходів;
- проведення екстреної неспецифічної та специфічної профілактики біологічного зараження населення;
- своєчасне застосування засобів індивідуального та колективного захисту;
- запровадження обмежувальних протиепідемічних заходів, обсервації та карантину;

### ***NON MULTA, SED MULTUM***

**Карантин** (від фр. *quarantaine*) – адміністративно-санітарний захід для попередження поширення заразних хвороб, що полягає в ізоляції на певний термін хворих і осіб, котрі контактували з ними, припиненні пересування людей, тварин, товарів із заражених територій.

**Обсервація** (від лат. *observatio*) – медична ізоляція у спеціально пристосованих приміщеннях здорових осіб, що виїжджають із населеного пункту, де мали місце випадки захворювання на інфекційні хвороби, для медичного спостереження за цими особами і проведення необхідних заходів профілактики.

- здійснення дезінфекційних заходів в осередку зараження, знезараження суб'єктів господарювання, тварин та санітарної обробки населення;

- надання екстреної медичної допомоги ураженим біологічними патогенними агентами;
- інші заходи біологічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

Здійснення заходів інженерного, радіаційного і хімічного, медичного і біологічного захисту покладається на суб'єктів забезпечення цивільного захисту.

**Психологічний захист** проводиться з метою запобігання або зменшення ступеня негативного психологічного впливу на населення наслідків надзвичайних ситуацій. Він передбачає:

- планування діяльності, пов'язаної з психологічним захистом;
- своєчасне застосування ліцензованих та дозволених до застосування в Україні інформаційних, психопрофілактичних і психокорекційних методів впливу на особистість;
- виявлення за допомогою психологічних методів чинників, які сприяють виникненню соціально-психологічної напруженості;
- використання сучасних психологічних технологій для нейтралізації негативного впливу чинників надзвичайних ситуацій на населення;
- здійснення інших заходів психологічного захисту залежно від ситуації, що склалася.

Організація та здійснення заходів психологічного захисту населення покладається на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, тобто на Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС).

**Навчання населення** діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється: за місцем роботи – працюючого населення; за місцем навчання – дітей дошкільного віку, учнів та студентів; за місцем проживання – непрацюючого населення.

Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

- для працюючого та непрацюючого населення – на Державну службу України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;
  - для дітей дошкільного віку, учнів та студентів – на Міністерство освіти і науки України (МОНУ), яке розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС).
- Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається Державною службою України з надзвичайних ситуацій. Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання на кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять **інструктаж з питань цивільного захисту**, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях. Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних

нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється. Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях.

### **9.3. Особливості здійснення евакуації населення в надзвичайних ситуаціях**

Евакуація є наймасштабнішим способом захисту населення у надзвичайних ситуаціях.

При евакуації здійснюється організоване вивезення (виведення) населення на територію, що знаходиться за межами зони можливого катастрофічного затоплення, радіаційного чи хімічного ураження, прогнозованого виникнення локальних збройних конфліктів, районів виникнення стихійного лиха або великомасштабних аварій і катастроф.

Іноді замість евакуації застосовують розосередження – організований вихід з міст і розміщення в замиській зоні робітників та службовців об'єктів господарювання, що продовжують роботу в містах при НС, коли одна зміна працює на підприємствах, а інша відпочиває в замиській зоні.

Безпечне віддалення районів розміщення евакуйованого населення становить:

- для міст особливої групи – 40...50 км;
- для міст першої групи – 30..40 км;
- для міст другої групи – 25...30 км;
- для міст третьої групи – 20...25 км;
- для об'єктів особливої важливості (позакатегорійними містами) – 15...20 км.

**Загальна евакуація** проводиться шляхом вивезення основної частини населення з міст і небезпечних районів усіма видами наявних транспортних засобів на відповідній адміністративній території та виведення найбільш витривалої його частини пішки.

**Часткова евакуація** проводиться з використанням транспортних засобів, що експлуатуються за діючим графіком. Для прискорення евакуації за рішенням керівника відповідного органу виконавчої влади залучаються додаткові транспортні засоби.

Безпечний район визначається рішенням органу виконавчої влади, як правило, на території своєї області.

За кожним підприємством, установою, організацією, об'єктом закріплюється район або пункт розміщення.

У разі, якщо евакуйоване населення неможливо розмістити у безпечному районі своєї області, частина його може розміщуватися у сусідній області з обов'язковим узгодженням цього питання з керівником виконавчої влади відповідної області.

Для евакуації населення із зон радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій визначається не менш ніж два райони для розміщення евакуйованого населення у протилежних напрямках, з урахуванням переважаючого для цієї місцевості напрямку вітру.

Органи виконавчої влади, на території яких планується розміщувати евакуйоване населення із зон радіоактивного забруднення навколо атомних електростанцій, зон катастрофічного затоплення та землетрусу, видають ордери, що дозволяють займати громадські будівлі та приміщення.

У разі хімічного зараження, виникнення повені, катастрофічного затоплення, масових пожеж евакуація здійснюється до безпечних районів поблизу місць виникнення надзвичайної ситуації.

Евакуаційні заходи плануються з метою:

- 1) зменшення ймовірних втрат населення;
- 2) збереження кваліфікованих кадрів спеціалістів;

- 3) забезпечення стійкого функціонування важливих об'єктів господарювання;
- 4) створення угруповання сил і засобів цивільного захисту для їх подальшого застосування в осередках надзвичайних ситуацій.

Першорядне значення при евакуації приділяється термінам евакуації людей з небезпечної зони. Найшвидший спосіб евакуації населення – *комбінований*, коли масове виведення населення з міст пішки поєднується з вивезенням певних категорій населення усіма наявними видами транспорту.

Евакуація населення, як правило, здійснюється за *територіально-функціональним принципом*. Це означає, що виведення у замську зону більшої частини населення організується через підприємства, установи і навчальні заклади, а решта населення евакуюється через ГЖЕДи і домоуправління за місцем проживання.

Збір та реєстрація евакуйованих проводиться через *збірні евакуаційні пункти* (ЗЕП), які розташовуються у громадських будівлях (школах, клубах тощо) поблизу залізничних станцій, платформ, пристаней – тобто поблизу місць посадки на відповідний транспорт, а також на підприємствах, звідки можливе вивезення людей.

Кожному ЗЕП присвоюється порядковий номер і до нього приписують найближчі об'єкти господарювання, а також ГЖЕДи, населення яких буде евакуйовуватися через цей ЗЕП. Організація роботи ЗЕП покладається на його начальника, групу оповіщення, групу реєстрації й обліку, групу охорони громадського порядку, медичну службу, комендант і чергових.

Для населення, що евакуюється пішки, евакуація планується на відстань добового переходу (30...40 км). Маршрути, за якими евакуйовані рухаються пішки, як правило, прокладаються по дорогах, що не використовуються для руху автотранспорту.

Рух евакуйованого населення здійснюється у складі колон чисельністю від 500 до 1000 осіб. *Швидкість руху* колон на маршруті планується у межах 4...5 км/год., *дистанція* між колонами – до 500 м. Під час проходження маршруту через кожні 1...1,5 год. роблять *невеликі привали* тривалістю 10...15 хвилин, а на початку другої половини добового переходу влаштовують *великий привал* на 1...2 години.

Для кожної колони має бути розроблена схема маршруту, на якій вказано: 1) склад колони; 2) вихідний пункт; 3) пункти регулювання руху і час їх проходження; 4) місця і тривалість привалів; 5) медичні пункти та пункти обігрівання; 6) сигнали управління та оповіщення.

Для забезпечення безперервного руху на шляхах евакуації на кожен маршрут призначається начальник маршруту з групою управління, до якої включаються як представники підприємств та організацій, що евакуюються цим шляхом, так і представники тих сільських районів, територією яких проходить маршрут.

При евакуації у віддалені райони створюються *проміжні пункти евакуації* (ППЕ), які знаходяться за межами можливих руйнувань (затоплення тощо). На ППЕ прибулі тимчасово розміщуються, забезпечуються їжею, водою, після чого відправляються (транспорт) до районів постійного розміщення.

У місцях прийому та розміщення евакуйованих створюються *приймальні евакуаційні пункти* (ПЕП), які розташовують поблизу станцій (пунктів) висадки прибулого населення. На ПЕП організують зустріч евакуйованих, їх облік і відправку на кінцеві пункти розміщення (транспорт) або пішки).

До складу працівників ПЕП, як правило, входять: начальник ПЕП, група зустрічі й прийому, група обліку й реєстрації, група комплектування і відправки до місця розселення, група харчування і постачання, комендант. На ПЕП організують роботу стола довідок, кімнати матері і дитини, медпункту, посту охорони громадського порядку.

ПЕП координує свою роботу із *приймальною евакуаційною комісією* (ПЕК), яку очолює заступник голови місцевої адміністрації, а до складу входять відповідальні працівники місцевих організацій і служб.

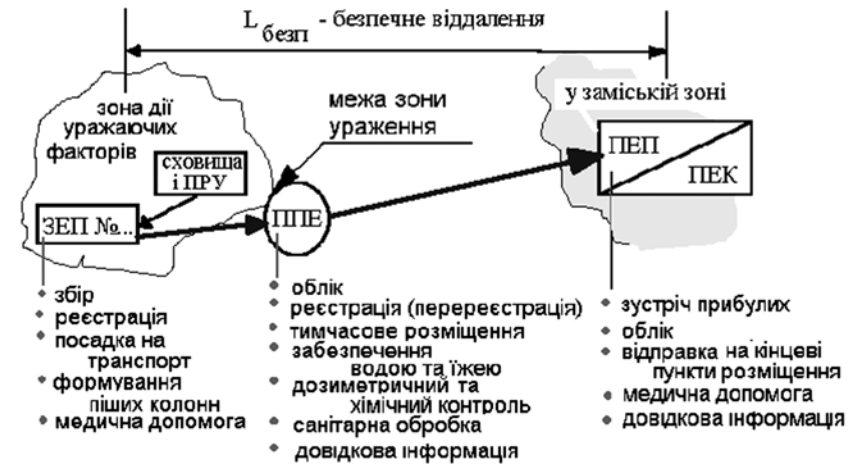


Рис. 9.1. Схема здійснення евакуації населення

Про початок евакуації населення оповіщається через підприємства, організації, навчальні заклади, ГЖЕД і органи міліції. Ідучи на ЗЕП, кожен евакуйований повинен узяти із собою: паспорт, військовий квиток, документи про освіту, трудову книжку чи пенсійне посвідчення, свідоцтва про народження дітей, запас продуктів на 2...3 дні, білизну, постіль та інші необхідні речі для тривалого перебування в заміській зоні.

Дітям дошкільного віку слід покласти у кишені, а краще – пришити до одягу – записки із зазначенням прізвища, імені, по батькові і місця проживання чи роботи батьків.

Залишаючи квартиру (будинок) при евакуації, слід вимкнути електроживлення, закрити вікна й кватирки, перекрити вентилі в системі опалення й водопостачання, відключити газ і зачинити квартиру.

#### **9.4. Превентивні заходи захисту на випадок надзвичайних ситуацій**

В основу заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій і зменшення можливих втрат та збитків від них покладено конкретні превентивні заходи наукового інженерно-технічного і технологічного характеру, які здійснюються за видами природних і техногенних небезпек та загроз. Значна частина цих заходів здійснюється у рамках інженерного, радіаційного, хімічного, медичного, медикобіологічного і протипожежного захисту населення і територій від НС.

У техногенній сфері робота щодо попередження аварій ведеться на конкретних об'єктах і виробництвах. Для цього використовуються загальні наукові, інженерно-конструкторські, технологічні заходи, які є методичною базою для відвернення аварій.

До таких заходів належать: удосконалення технологічних процесів, підвищення надійності технологічного обладнання та експлуатаційної надійності систем, своєчасне оновлення виробничих фондів, застосування якісної конструкторської документації, високоякісної сировини, матеріалів, комплектуючих виробів, використання кваліфікованого персоналу, створення і використання ефективних систем контролю та технічної діагностики, безаварійної зупинки виробництва, локалізації і ліквідації аварійних ситуацій тощо. Роботу щодо запобігання аварій ведуть відповідні технологічні служби підприємств, їх підрозділи з техніки безпеки.

Превентивні заходи щодо зниження можливих втрат та збитків, зменшення масштабів НС також є багаточисельними та багатоплановими і здійснюються за багатьма напрямками.

Одним із напрямків зниження масштабів НС є будівництво та використання захисних споруд різного призначення. До них слід віднести гідротехнічні захисні споруди, які захищають водоймища та водотоки від поширення радіаційного і хімічного забруднення, а також споруди, які захищають

сушу і гідросферу від інших поверхневих забруднень. Гідротехнічні споруди (греблі, шлюзи, дамби тощо) використовуються для захисту від повені. До цих заходів слід віднести також і берегоукріплювальні роботи. Для зменшення збитків від зсувів, селів, обвалів, лавин застосовуються захисні інженерні споруди на комунікаціях і в населених пунктах гірської місцевості.

Іншим напрямом зменшення масштабів НС – заходи щодо підвищення фізичної стійкості об'єктів до впливу уражаючих чинників у разі аварій, природних і техногенних катастроф.

Зазначені напрямки превентивних заходів можуть об'єднуватися в один – інженерний захист територій і населення від уражуючого впливу стихійного лиха, аварій, природних і техногенних катастроф.

Важливим напрямком превентивних заходів, які сприяють зменшенню масштабів НС (особливо в частині втрат), є створення і використання систем своєчасного оповіщення населення, персоналу об'єктів та органів управління, яке дозволяє вжити своєчасних заходів щодо захисту населення.

До організаційних заходів цього спрямування слід віднести: охорону праці і дотримання правил безпеки, утримання в готовності сховищ і укриттів, санітарно-епідемічні і ветеринарно-протиєпізоотичні заходи, завчасне відселення або евакуація населення з небезпечних зон, навчання населення, утримання в готовності органів управління і сил до ліквідації наслідків НС.

Планування запобіжних заходів здійснюється в рамках планів дій щодо запобігання і ліквідації НС, які розробляються на всіх рівнях системи цивільного захисту. До цих планів включаються заходи інженерно-технічного, технологічного характеру, організаційні та економічні заходи. Практичні заходи, що вимагають значних фінансових і матеріальних витрат, вирішуються в рамках національних, державних і територіальних цільових програм щодо запобігання НС.



### **NON MULTA, SED MULTUM**

З метою диференційованого підходу до планування запобіжних заходів здійснюється зонування територій країни, регіонів, міст і населення пунктів за територіями природного і техногенного ризиків.

Територія міста, з урахуванням переважного функціонального призначення, поділяється на селітебну, виробничу і ландшафтно-рекреаційну.

**Селітебна територія** має таке призначення: розміщення житлового фонду, громадських будівель і споруд, у тому числі науково-дослідних комплексів, а також окремих комунальних і промислових об'єктів, які не вимагають утворення санітарно-захисних зон; будівництво шляхів міського сполучення, вулиць, площ, парків, садів, бульварів та інших місць загального користування.

**Виробничу територію** призначено для розміщення промислових підприємств і пов'язаних із ними об'єктів, комплексів наукових установ з дослідними виробництвами, комунально-складських об'єктів, споруд зовнішнього та приміського транспорту, споруд зовнішнього транспорту.

**Ландшафтно-рекреаційна територія** включає міські ліси, лісопарки, лісозахисні зони, водоймища, сільськогосподарські та інші угіддя, які спільно з парками, садами, скверами і бульварами, розміщеними на селітебній території, формують систему відкритого простору.

У межах зазначених територій виділяються різноманітні зони функціонального призначення: житлової забудови, громадських центрів, промислові, наукові і науково-виробничі, комунально-складські, зовнішнього транспорту, масового відпочинку, курортні (у містах і селищах, які мають лікувальні ресурси), охоронюваних ландшафтів.

Крім того, виділяються зони можливого небезпечного землетрусу, можливого катастрофічного затоплення, можливих небезпечних геологічних явищ, радіоактивного забруднення, хімічного зараження, прикордонна зона, зона можливих руйнувань внаслідок збройного конфлікту, можливого утворення завалів, позаміська зона, для яких також розробляються і проводяться заходи щодо запобігання НС.

**Зона можливого небезпечного землетрусу** – територія, у межах якої інтенсивність сейсмічного впливу становить 7 і більше балів. Розмір і місцезнаходження цієї зони визначається за картами сейсмічного районування відповідно до вимог Державних будівельних норм.

**Зона вірогідного затоплення** – територія, межі якої можуть бути вкриті водою внаслідок стихійного лиха або руйнування гідротехнічних споруд.

**Зона вірогідного катастрофічного затоплення** – територія, на якій передбачається загибель людей, сільськогосподарських тварин і рослин, пошкодження або знищення матеріальних цінностей, у першу чергу будівель і споруд, а також збитки навколишньому середовищу.

**Зона можливих небезпечних геологічних явищ** – територія, у межах якої передбачається виникнення небезпечних геологічних явищ, що складають загрозу життю і здоров'ю людей, завдають збитків в економіці.

**Зона можливого радіоактивного забруднення** – територія або акваторія, на якій є можливим забруднення поверхні ґрунту, будівель і споруд, атмосфери, води, продовольства, харчової сировини радіоактивними речовинами, яке може викликати перевищення нижнього критичного значення доз опромінення населення.

**Зона можливого хімічного зараження** – територія, в межах якої внаслідок пошкодження або руйнування емностей з хімічно небезпечними речовинами можливе розповсюдження цих речовин у концентраціях або кількості, які становлять загрозу для людей, сільськогосподарських тварин і рослин упродовж певного періоду.

**Зона можливих руйнувань** – територія міст, інших населених пунктів і об'єктів економіки, на якій можливе виникнення надмірного тиску у фронті повітряної ударної хвилі, який дорівнює 0,3 кгс/см<sup>2</sup> і більше, а також сейсмічний вплив, що спричиняє руйнування будівель, споруд і комунікацій.

**Зона можливого утворення завалів** – частина зони можливих руйнувань, яка включає ділянки розташування будівель і споруд з прилеглою до них місцевістю, де слід чекати утворення завалів, обрушення конструкцій цих будівель і споруд.

**Позаміська зона** – територія, розташована за межами зон можливих руйнувань, можливого радіоактивного забруднення, хімічного ураження, вірогідного катастрофічного затоплення і підготовлена для розміщення евакуйованого населення.

Можливе часткове або повне накладання двох і більше зон можливої небезпеки. На такій території запобіжні заходи проводяться від усіх видів небезпек відповідно до накладених зон.

Слід відзначити, що з метою забезпечення безпеки виробництва і населення особлива увага приділяється розміщенню потенційно небезпечних об'єктів і селітебних територій. Проблеми розміщення зазначених об'єктів і територій знаходять своє вирішення під час прогнозування соціально-економічного розвитку країни, розробки генеральної схеми розміщення виробничих сил, схем розвитку галузей економіки, економічних районів і територій.

**На об'єктовому рівні** основними превентивними заходами щодо запобігання надзвичайних ситуацій і зменшення їх масштабів у разі виникнення є:

- прогнозування можливих НС, їх масштабу і характеру;
- забезпечення захисту робітників і службовців від можливих уражаючих факторів, у тому числі вторинних;
- підвищення міцності і стійкості найважливіших елементів об'єктів, удосконалення технологічних процесів;
- підвищення стабільності матеріально-технічного постачання;
- розробка і здійснення заходів щодо зменшення ризику виникнення аварій і катастроф, а також вторинних факторів ураження;
- створення страхового фонду конструкторської, технологічної і експлуатаційної документації, забезпечення її зберігання;
- підготовка до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, відновлення порушеного виробництва і систем життєзабезпечення.

### **NON MULTA, SED MULTUM**

Для успішної роботи з раціонального розміщення об'єктів економіки вироблені і перевірені досвідом **правила**, урахування яких дозволяє значно знизити ризик виникнення надзвичайних ситуацій. Ось деякі з них.

Перш за все, об'єкти економіки розміщуються таким чином, щоб вони не потрапили до зони високої природної і техногенної небезпеки. Вони мають бути віднесеними від житлових зон і один від одного на відстань, яка забезпечує безпеку населення і сусідніх об'єктів.

Вибухо- і пожежонебезпечні об'єкти та їх елементи розміщуються з урахуванням захисних та інших особливостей місцевості.

Між потенційно небезпечними об'єктами встановлюється оптимальна відстань, передбачається ізоляція реакторних блоків атомних електростанцій один від одного.

Хімічно небезпечні об'єкти будуються на безпечній відстані від водойм, морського узбережжя, підземних водоносних шарів з урахуванням рози вітрів.

Біологічно небезпечні об'єкти та їх елементи розміщуються також з урахуванням рози вітрів для даної місцевості.

Навколо радіаційно, хімічно і біологічно небезпечних об'єктів передбачаються санітарно-захисні зони і зони спостереження.

Гідротехнічні споруди мають будуватися таким чином, щоб до зони можливого катастрофічного затоплення потрапила мінімальна кількість об'єктів соціального і господарчого призначення. Розміщення населених пунктів, у тому числі садівничих товариств і важливих промислових об'єктів, у районах можливого катастрофічного затоплення є недопустимим.

Не повинно допускатися розміщення будівель і споруд на земельних ділянках, забруднених органічними і радіаційними відходами, в небезпечних зонах відвалів породи шахт, збагачувальних фабрик, зсувів, селевих потоків і снігових лавин, у зонах можливого катастрофічного затоплення, в сейсмічних районах і зонах, які є безпосередньо прилеглими до активних розколів земної кори.

У проектах планування необхідно передбачати обмеження розвитку в великих містах потенційно небезпечних об'єктів еко-

номіки, їх поступовий вивід з міст, перепрофілювання і модернізацію, які забезпечують зменшення до прийняттого ризику ураження населення і середовища його буття та об'єктів економіки.

Під час планування населених пунктів необхідно забезпечити зниження пожежної небезпеки забудови і покращення санітарно-гігієнічних умов проживання населення.

Під час планування будівництва і реконструкції міських і сільських поселень має бути передбаченою єдина система транспорту, яка б забезпечувала зручні, швидкі і безпечні транспортні зв'язки.

Спорудження морських і річкових портів розміщуються за межами населених територій. Залізниця відділяється від житлової забудови санітарно-захисною зоною з урахуванням пожежо- і вибухонебезпечних вантажів, а також допустимих рівнів шумів і вібрації.

Житлові райони необхідно розміщувати з навітряної сторони відносно до виробничих підприємств, які є джерелами забруднення атмосферного повітря, а також мають підвищену пожежну небезпеку. Склади, на яких зберігаються отрухохімікати, боеприпаси, добрива, вибухо- і пожежонебезпечні склади та виробництва, очисні споруди розміщуються з підвітряної сторони відносно населених територій.

Території міських і сільських поселень, курортні зони і місця масового відпочинку розміщуються вище за течією річок і водойм відносно випусків виробничих і господарчо-побутових вод.

Проекти поселень мають передбачати створення на берегах водосховищ водоохоронних зон. У водоохоронних зонах забороняється розміщення полігонів для твердих побутових та промислових відходів, складів нафтопродуктів і мінеральних добрив, а також житлових будинків і баз відпочинку.

Розміщення складів державних матеріальних резервів, складів і перевалочних баз нафти і нафтопродуктів, складів вибухових матеріалів і базисних складів хімічно небезпечних речовин здійснюється розосереджено за межами територій міст та їх земних зон у відокремлених складах районах приміської зони з дотриманням санітарних і протипожежних норм. Полігони для утилізації, знезаражування та захоронення твердих побутових і токсичних промислових відходів розміщуються на безпечній відстані від населених пунктів.

Велике значення для запобігання НС мають **інженерно-технічні заходи**. Вони плануються і здійснюються в районах геологічних процесів. Інженерний захист від одного або кількох небезпечних геологічних процесів планується і здійснюється незалежно від відомчої належності території, яка захищається, і об'єктів у рамках єдиної системи заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій.

Інженерно-технічні заходи на всіх рівнях системи цивільного захисту мають забезпечити:

- 1) відвернення або зниження до прийняттого рівня негативний вплив на території, будівлі і споруди, які захищаються, діючих і пов'язаних з ними можливих небезпечних процесів;
- 2) найбільш повне використання місцевих будівельних матеріалів;
- 3) переважне застосування активних методів захисту;
- 4) проведення робіт способами, які не призводять до появи нових та інтенсифікації діючих процесів;
- 5) поєднання запобіжних заходів із заходами щодо охорони навколишнього природного середовища;
- 6) за необхідності, моніторинг та систематичний контроль за станом територій, які захищаються і за роботою інженерних захисних споруд (дамби, греблі тощо).



### **Питання для самоконтролю**

1. Яким чином здійснюється оповіщення населення про загрозу або виникнення НС?
2. Назвіть головні характеристики та відмінності територіальних та місцевих АСЦО.
3. Перерахуйте, з урахуванням яких видів можливих загроз здійснюється захист населення в надзвичайних ситуаціях.
4. Назвіть основні принципи, на яких ґрунтується захист населення в НС.
5. Які права та обов'язки мають громадяни України у сфері цивільного захисту?

6. Перерахуйте, які робітники підлягають укриттю в сховищах та протирадіаційних укриттях.
7. Перерахуйте, чим забезпечується протиаварійна стійкість ПНО.
8. Що включає радіаційний і хімічний захист населення і територій?
9. Які відстані вважаються безпечним віддаленням районів розміщення евакуйованого населення?
10. Опишіть порядок евакуації населення за територіально-функціональним принципом.

## ТЕМА 10. УКРИТТЯ ПЕРСОНАЛУ І НАСЕЛЕННЯ В ЗАХИСНИХ СПОРУДАХ

### 10.1. Сучасний стан захисних споруд і загальні вимоги, що до них висуваються



Одним з основних заходів у сфері цивільного захисту є укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту. Відповідно до статті 32 Кодексу Цивільного захисту в Україні передбачено укриття населення у захисних спорудах цивільного захисту, до яких належать: сховища, протирадіаційні укриття та швидкоспоруджувані захисні споруди цивільного захисту.

У середньому по державі 40% захисних споруд цивільного захисту від загальної кількості оцінюється як «не готові» до використання за призначенням, 50% – як «обмежено готові» та тільки 10% – «готові».

Основною причиною такого технічного стану захисних споруд є відсутність фінансування заходів щодо їх утримання, а також зношеність обладнання сховищ. На теперішній час в Україні не виробляється фільтровентиляційне та інше обладнання для захисних споруд цивільного захисту (раніше це обладнання використовувалося виробництва Російської Федерації). Зазначене обладнання виробництва інших країн в Україні не використовується. Проте на цей час ДСНС України розпочало роботу за цим напрямом.

#### ***NON MULTA, SED MULTUM***

Починаючи з 2008 року органами виконавчої влади за участю територіальних органів ДСНС України проводилася робота щодо технічної інвентаризації захисних споруд цивільного захисту. Проте в зв'язку з об'єктивними та суб'єктивними обставинами технічна інвентаризація захисних споруд цивільного захисту у повному обсязі не завершена.

Всього інвентаризації підлягає близько 22000 захисних споруд (з них більше 5000 сховищ). Станом на 25 грудня 2014 року органами виконавчої влади проінвентаризовано майже 11000 захисних споруд різної форми власності (50 % їх загальної кількості). Із них 3600 (32,7%) перебувають у державній, 5600 (50,9%) – у комунальній, 1800 (16,4%) – у приватній власності.

Складними залишаються питання інвентаризації захисних споруд, що відносились до управління колишнього Міністерство промислової політики України, що на цей час ліквідовано. На теперішній час (більше 1000 захисних споруд) зазначені захисні споруди для подальшого утримання нікому не передано.

Органам виконавчої влади надано методичні рекомендації щодо підготовки списків захисних споруд (з наданням відповідних обґрунтованих документів), технічну інвентаризацію яких провести неможливо (перебувають на балансі ліквідованих гірничих підприємств, зруйновані, помилково обліковані тощо).

Основною причиною незадовільного технічного стану фонду захисних споруд, є практична відсутність фінансування в частині утримання захисних споруд з бюджетів усіх рівнів.

Захисні споруди ЦЗ призначені для укриття населення від засобів масового ураження в особливий період та в надзвичайних ситуаціях у мирний час і є основним видом колективного захисту населення. Термін «захисні споруди» об'єднує різні типи сховищ, протирадіаційних укриттів (ПРУ) та найпростіших укриттів, які призначені для захисту населення від ураження при надзвичайних ситуаціях.

Захисні споруди поділяють за:

- 1) місткістю:
  - малої місткості (150 ... 600 осіб);
  - середньої місткості (600 ... 2000 осіб);
  - великої місткості (більше 2000 осіб);
- 2) призначенням:
  - для захисту населення;
  - для розміщення органів управління (КП, ПУ) і медичних установ;
- 3) місцем розташування:
  - вбудовані;

- окремо розташовані;
  - у метрополітенах;
  - у гірських виробітках;
- 4) термінами будівництва:
    - збудовані завчасно;
    - швидкозведені;
  - 5) захисними властивостями:
    - сховища;
    - ПРУ;
    - найпростіші укриття.

Сховища забезпечують захист осіб, що в них укриваються, від негативного впливу сучасних засобів ураження, бактеріальних (біологічних) засобів, бойових отруйних речовин, а також, за необхідності, захищають від катастрофічного затоплення, небезпечних хімічних речовин, радіоактивних продуктів при руйнуванні ядерних енергоустановок, високих температур і продуктів горіння при пожежах.

Надійність захисту людей у сховищі досягається відповідною міцністю його конструкцій, входів, повітропроводів, а також наявністю внутрішнього обладнання, що дозволяє створити необхідні санітарно-гігієнічні умови для тривалого і безпечного перебування людей у сховищі.

ПРУ мають менші захисні властивості, ніж сховища, вони забезпечують захист людей головним чином від іонізуючого випромінювання, а також частково зменшують дію повітряної ударної хвилі, крапельнорідинних отруйних речовин, хімічних та біологічних аерозолів.

Проектування, зведення і облаштування захисних споруд здійснюється відповідно з вимогами ДБН В 2.2.5–97 «Захисні споруди цивільної оборони» та ДБН В.1.2–4:2006 «Інженерно-технічні заходи цивільного захисту (цивільної оборони)».

Сховища за своїми захисними властивостями поділяють на 4 класи в залежності від двох характеристик:

- надлишкового тиску  $\Delta P$ , кПа, який здатні витримувати огорожуючі конструкції сховища;



- коефіцієнту ослаблення радіоактивного випромінювання  $K_{осл}$  стінами та перекриттям сховища:

Клас сховища	$\Delta P$ , кПа	$K_{осл}$
1	500 та вище	5000 та вище
2	300	3000
3	200	2000
4	100	1000

ПРУ залежно від здатності їхніх огорожуючих конструкцій послабляти енергію радіоактивного випромінювання поділяються на 3 групи:

1 група –  $K_{осл} = 100 \dots 200$ ;

2 група –  $K_{осл} = 50 \dots 100$ ;

3 група –  $K_{осл} = 20 \dots 50$ .

До захисних споруд висуваються такі вимоги:

- захисні споруди повинні мати конструктивну міцність відповідно до свого класу і бути герметичними;
- захисні споруди повинні забезпечувати безперервне перебування в них людей упродовж не менше двох діб;
- захисні споруди повинні бути розташовані від місць знаходження людей, для захисту яких вони призначені, на відстані:
  - не далі ніж 500 м (для сховищ);
  - не далі ніж 1000 м (для ПРУ);
- захисні споруди повинні використовуватися за подвійним призначенням: у надзвичайних ситуаціях – для захисту персоналу, а в мирний час – для господарчих потреб (у якості складських приміщень, гардеробних, приміщень аварійних служб тощо).

Захисні споруди повинні приводитися у готовність до приймання громадян, які укриваються, в термін, що не перевищує 12 годин, а на АЕС, хімічно-небезпечних та пожежовибухонебезпечних об'єктах повинні утримуватися у постійній готовності до приймання персоналу, який буде укриватися.

Створення фонду захисних споруд здійснюється завчасно шляхом:

- комплексного освоєння підземного простору міст і населених пунктів шляхом:
  - пристосування під захисні споруди підвальних приміщень будівель та споруд, що будуються або вже існують;
  - пристосування під захисні споруди заглиблених споруд різного призначення, що будуються або вже існують;
  - пристосування під сховища станцій метрополітенів;
  - пристосування під захисні споруди підземних гірських виробок, печер та інших підземних порожнин;
- пристосування під захисні споруди приміщень в цокольних та наземних поверхах будівель та споруд;
- будівництва окремо розміщених захисних споруд ЦЗ.

## 10.2. Об'ємно-планувальні рішення сховищ

Сховища – підземні споруди, тож їх слід розташовувати в підвальних або цокольних поверхах будівель і споруд. Протирадіаційні укриття (ПРУ) можливо розташовувати не лише в підвальних або цокольних поверхах, але й на перших поверхах виробничих і допоміжних будівель підприємств, лікувальних закладів, громадських і житлових будівель. На поверхах вище першого, влаштовувати ПРУ не доцільно через складність у забезпеченні необхідного ступеню радіоактивного захисту.

У сховищах слід передбачати такі *основні* приміщення:

- приміщення для укриття людей, що переховуються;
  - пункт управління (може бути відсутній);
  - медичний пункт (може бути відсутній).
- У сховищах слід передбачати також *допоміжні* приміщення:
- фільтровентиляційне приміщення (ФВП);
  - приміщення для захищеної дизель-електростанції (ДЕС);
  - санітарні вузли;

- приміщення для зберігання продовольства;
- станція перекачки фекальних вод (може бути відсутня);
- тамбури-шлюзи;
- тамбури.

В захисних спорудах перебування людей передбачається на одно-, двох- або трьохярусних лавах (нарах). Місткість захисних споруд визначається сумою місць для сидіння (на першому ярусі) і лежання (на другому і третьому ярусах) і приймається для сховищ, як правило, не менше 150 осіб.

При проектуванні приміщень, пристосованих під захисні споруди, необхідно передбачати більш економічні об'ємно-планувальні та конструктивні рішення. Габарити приміщень слід призначати мінімальними, які забезпечують додержання вимог щодо ефективного використання вказаних приміщень у мирний час для господарчих потреб.

### 10.2.1. Основні приміщення сховищ

**Приміщення для укриття людей.** *Норму площі підлоги* основного приміщення захисних споруд на одну людину приймають 0,6 м<sup>2</sup> при одноярусному, 0,5 м<sup>2</sup> при двоярусному і 0,4 м<sup>2</sup> при трьохярусному розташуванні лав. При цьому для сховищ *внутрішній об'єм приміщення* має бути не менше ніж 1,5 м<sup>3</sup> на одну людину.

При облаштуванні основного приміщення для захисту людей на випадок НС беруть до уваги такі *вимоги*:

- висота приміщення має відповідати вимогам використання його у мирний час і бути в межах від 3,5 м до 1,85 м;
- розмір місця для сидіння має бути 0,45×0,45 м на одну людину, а місця для лежання – 0,55×1,8 м;
- висота лав першого ярусу повинна бути 0,45 м, лав другого ярусу – 1,4 м. При цьому відстань від лав верхнього ярусу до стелі має бути не менше 0,75 м;
- кількість місць для лежання має бути 20% від місткості споруди при двоярусному розміщенні лав і 30% від місткості споруди при трьохярусному розміщенні лав.

**Пункт управління.** На підприємствах з кількістю працюючих у найбільшій зміні не менше 600 осіб в одному зі сховищ слід передбачати приміщення для пункту управління підприємством. Загальну кількість працівників у пункті управління слід приймати до 10 осіб, при цьому норма площі на одного працюючого становить 2 м<sup>2</sup>.

**Медичний пункт.** В захисних спорудах на кожні 500 осіб необхідно передбачати один санітарний пост площею 2 м<sup>2</sup>, але не менше одного поста на споруду. В сховищах місткістю 900...1200 осіб окрім санітарних постів слід передбачати медичний пункт площею 9 м<sup>2</sup>, при цьому на кожні 100 осіб понад 1200 площа медичного пункту повинна бути додатково збільшена на 1 м<sup>2</sup>.

Площа *допоміжних приміщень* у сховищі, де відсутні автономні джерела водопостачання, визначається із розрахунку 0,19 м<sup>2</sup> на 1 укриту людину у сховищах місткістю 450...600 осіб, 0,15 м<sup>2</sup> на 1 укриту людину у сховищах місткістю 900 осіб і 0,14 м<sup>2</sup> на 1 укриту людину у сховищах місткістю 1200 і більше осіб.

#### ПРИКЛАД 1.

Виходячи з норм проектування захисних споруд цивільного захисту розрахуйте основні об'ємно-планувальні характеристики сховища на N=600 осіб, із розташуванням у ньому нар у два яруси (m=2), визначивши при цьому: а) площу основних приміщень; б) площу допоміжних приміщень; в) загальний об'єм сховища.

#### Розв'язання.

- 1) Площа *основних* приміщень сховища при розташуванні лав для лежання (нар) у два (m=2) яруси згідно із нормами становить:

$$S_{осн} = (0,5 м^2) \times 600 = 300 м^2.$$

- 2) Площа *допоміжних* приміщень сховища при визначеній нормами мінімальній площі 0,19 м<sup>2</sup> на 1 переховану людину становить:

$$S_{дон} = (0,19 м^2) \times 600 = 114 м^2.$$

- 3) Об'єм *основних* приміщень сховища при визначеній мінімальній нормі  $1,5 \text{ м}^3$  на 1 переховану людину становить:  

$$W_{осн} = (1,5 \text{ м}^3) \times 600 = 900 \text{ м}^3.$$
- 4) Об'єм *допоміжних* приміщень сховища при визначеній мінімальній нормі  $0,1 \text{ м}^3$  на 1 переховану людину становить:  

$$W_{дон} = (0,1 \text{ м}^3) \times 600 = 60 \text{ м}^3.$$
- 5) Загальний об'єм сховища (*основні* приміщення плюс *допоміжні* приміщення) становить:  

$$W = W_{дон} + W_{осн} = 900 \text{ м}^3 + 60 \text{ м}^3 = 960 \text{ м}^3.$$

**Відповідь:**  $S_{осн} = 300 \text{ м}^2$ ;  $S_{дон} = 114 \text{ м}^2$ ;  $W = 960 \text{ м}^3$ .

### ПРИКЛАД 2.

Розрахуйте у сховищі на  $N=1800$  осіб кількість санітарних постів, а також площу санітарних постів і медичного пункту (за його наявності).

#### Розв'язання.

1. Згідно із чинними нормами кількість санітарних постів у сховищі на  $N$  осіб становить

$$\frac{N}{500} = \frac{1800}{500} = 3,6 > 3 = 4 \text{ (пости).}$$

Площа, зайнята цими санітарними постами, становить

$$S_{сан} = 2 \text{ м}^2 \times 4 = 8 \text{ м}^2.$$

2. Медичний пункт є, оскільки кількість укритих у сховищі осіб  
 $N \geq 900$ .
3. Площа медичного пункту становить

$$S_{мед} = 9 \text{ м}^2 + \frac{1800 - 1200}{100} \times 1 \text{ м}^2 = 9 \text{ м}^2 + 6 \times 1 \text{ м}^2 = 15 \text{ м}^2.$$

**Відповідь:** санітарних постів 4 (площа  $8 \text{ м}^2$ ), медичний пункт 1 (площа  $15 \text{ м}^2$ ).

### 10.2.2. Допоміжні приміщення сховищ

**Санітарні вузли.** В захисних спорудах мають бути передбачені санітарні вузли – окремо для чоловіків і жінок.

Кількість санітарних приладів у них приймається із розрахунку: 1 унітаз на 75 жінок і 1 унітаз плюс пісуар на 150 чоловіків. Санітарні вузли відокремлюються від основного приміщення тамбурами-умивальниками із розрахунку 1 раковина на 200 осіб.

Загальну площу чоловічого і жіночого санітарних вузлів можна визначити із співвідношення:

$$S_{CB} = \frac{N_{жс}}{75} \cdot 3 + \frac{N_{чол}}{150} \cdot 3, \text{ м}^2, \quad (10.1)$$

де  $N_{жс}$  і  $N_{чол}$  – відповідно кількість жінок і чоловіків у сховищі.

При водопостачанні сховищ від *зовнішньої мережі* кожна укрита особа забезпечується водою в об'ємі 2 літра води на годину (на 1 особу), але не більше 25 літрів води на добу.

Каналізація у сховищах є або *самотічною*, або забезпечується перекачуванням рідких відходів у *зовнішню каналізаційну мережу*.

При виході з ладу водопроводу санітарні прилади у сховищі вимикаються. У такому випадку для збору фекалій використовуються резервуари з розрахунку 2 л на добу (на 1 особу), а для сухих відходів – з розрахунку 1 л на добу (на 1 особу).

### ПРИКЛАД 3.

Розрахуйте кількість необхідних санітарних приладів у сховищі на  $N = 600$  осіб, розрахувавши при цьому площу санітарно-технічних вузлів (за умови знаходження у сховищі рівної кількості осіб чоловічої та жіночої статі). Визначте місткість резервуарів для збору у сховищі рідких і сухих відходів.

#### Розв'язання.

1. Згідно із чинними нормами проектування у сховищі на  $N = 600$  осіб передбачається встановлення унітазів:

$$\text{для жінок: } N_{жін} = \frac{300}{75} = 4;$$

$$\text{для чоловіків: } N_{чол} = \frac{300}{150} = 2.$$

Кількість встановлених пісуарів для чоловіків становить  $\frac{300}{150} = 2$ .

У тамбурах-умивальниках, що відокремлюють санітарно-технічні вузли від основного приміщення, встановлено  $\frac{600}{200} = 3$  раковин-умивальників.

2. Загальна площа *санітарно-технічних вузлів* (за умови, що чисельність осіб чоловічої і жіночої статі серед укритих у сховищі людей рівна – 50% на 50%) становить:

$$S_{СТВ} = S_{жін} + S_{чол} = \frac{N_{жін}}{75} \cdot 3 м^2 + \frac{N_{чол}}{150} \cdot 3 м^2 = \frac{300}{75} \cdot 3 м^2 + \frac{300}{150} \cdot 3 м^2 = 12 м^2 + 6 м^2 = 18 м^2.$$

3. Місткість резервуарів для збору відходів на випадок виходу з ладу або відключення водопроводу (із урахуванням 2-добового терміну укриття людей) становить:  
для рідких відходів  $2 л \times 2 \times 600 = 2400 л = 2,4 м^3$ ;  
для сухих відходів  $1 л \times 2 \times 600 = 1200 л = 1,2 м^3$ .

**Відповідь:** унітазів для жінок – 4, для чоловіків – 2 плюс 2 пісуари; раковин-умивальників – 3; ; місткість резервуарів для збору відходів: 2,4 м<sup>3</sup> (для рідких), 1,2 м<sup>3</sup> (для сухих).

**Приміщення для зберігання продовольства.** У сховищах мають бути приміщення для зберігання продовольства. При місткості сховища до 150 осіб приміщення для зберігання продовольства має площу 5 м<sup>2</sup>. На кожні 150 осіб понад 150 площа приміщення збільшується на 3 м<sup>2</sup>. Кількість приміщень для зберігання продовольства слід приймати із розрахунку: одне приміщення на 600 осіб. Не допускається розташовувати указані приміщення поряд із санітарними вузлами і медичними пунктами.

Загальну площу приміщень для зберігання продовольства можна визначити за формулою:

$$S_{ПР} = 5 + \frac{N - 150}{150} \cdot 3, м^2. \quad (10.2)$$

Запас продуктів харчування у сховищах створюється у передбаченні, що люди укриватимуться у сховищі протягом 2 діб і здійснюється з розрахунку (на 1 переховану особу на добу):

- сухарі – 300 г;
- консерви м'ясні – 170 г (або рибні – 250 г);
- цукор – 50 г.

У сховищах, як правило, передбачається централізоване водопостачання від зовнішньої мережі. Норма водопостачання при діючій зовнішній мережі становить 2 літра води на годину (на 1 особу), але не більше 25 літрів води на добу. За відсутності зовнішнього водопостачання створюють запас питної води на 3 доби у кількості 3 літра на 1 добу на кожну укриту особу. Аварійний запас води на випадок аварійного відключення зовнішнього водопостачання створюється також і у сховищах, підключених до водопроводу. Для його зберігання використовують проточні напірні резервуари або безнапірні баки, обладнані знімними кришками, клапанами і покажчиками рівня води. Мінімальний запас води для пиття при цьому становить 6 літрів (на 2 доби) на кожну укриту особу, а для санітарно-гігієнічних потреб – 4 л (на увесь розрахунковий термін перебування людей у сховищі – на 2 доби).

#### ПРИКЛАД 4.

Розрахуйте площу і кількість приміщень для зберігання продовольства у сховищі на N=600 осіб, визначивши запас у сховищі: а) сухарів; б) м'ясних консервів; в) цукру-рафінаду; г) питної води (за відсутності водопроводу).

#### Розв'язання.

1. Розраховуємо площу приміщень для зберігання продовольства

$$S_{ПРод} = 5 м^2 + \frac{600 - 150}{150} \times 3 м^2 = 14 м^2.$$

Зазначаємо, що згідно з чинними нормами у цьому сховищі слід передбачити виділення однієї окремої кімнати для зберігання продовольства, розташованої якомога далі від санітарно-технічних вузлів і медичної кімнати.

2. Розраховуємо запас сухарів у сховищі:  
 $M_{\text{сухарі}} = (300\text{г}) \times 600 = 180\text{кг}$
3. Розраховуємо запас м'ясних консервів у сховищі:  
 $M_{\text{конс}} = (170\text{г}) \times 600 = 102\text{кг}$
4. Розраховуємо запас цукру-рафінаду у сховищі:  
 $M_{\text{цукор}} = (50\text{г}) \times 600 = 30\text{кг}$
5. Розраховуємо аварійний запас питної води за відсутності централізованого водопостачання (водопроводу):  
 $V_{\text{вода}} = (3\text{л}) \times 3 \times 600 = 5400\text{л} = 5,4\text{ м}^3$

**Відповідь:**  $S_{\text{прод}} = 14\text{ м}^2$ , одна кімната;  $M_{\text{сухарі}} = 180\text{кг}$ ,  $M_{\text{конс}} = 102\text{кг}$ ,  
 $M_{\text{цукор}} = 30\text{кг}$ ,  $V_{\text{вода}} = 5,4\text{ м}^3$ .

**Фільтровентиляційне приміщення (ФВП).** Розміри ФВП слід визначати залежно від габаритів обладнання і площі, яка необхідна для його обслуговування.

Площу ФВП слід визначати із співвідношення:

$$S_{\text{ФВП}} = \frac{N}{150} \cdot 10, \text{м}^2, \quad (10.3)$$

де  $n$  – загальна кількість людей у сховищі;

150 м<sup>3</sup>/год. – кількість повітря, яке подається в сховище одним комплектом фільтровентиляційного обладнання (ФВО);

10 м<sup>2</sup> – установочні розміри одного комплекту ФВО.

**Приміщення для дизельної електростанції (ДЕС).**

Його слід розташовувати біля зовнішньої стіни будівлі, відокремлюючи від інших незгораючою герметичною стіною (перегородкою) з межею вогнестійкості 1 год. Входи в приміщення ДЕС із сховища повинні бути обладнані тамбуром з двома герметичними дверима, які відкриваються в бік сховища.

Площа приміщення для ДЕС складає:

- а) 30 м<sup>2</sup> – при місткості сховища до 900 осіб;
- б)  $30 + 0,04(N - 900)\text{ м}^2$  – при місткості сховища понад 900 осіб.

**Дренажні станції перекачки.** Їх слід розташовувати за лінією герметизації сховищ. На вході в станцію повинен

бути передбачений тамбур із двома герметичними дверима, які відкриваються всередину приміщення станції.

**Тамбури-шлюзи.** Тамбури-шлюзи забезпечують захист людей у сховищі від ураження ударною хвилею в момент, коли зовнішні двері в сховище відкриті.

У сховищах місткістю 300 осіб і більше слід передбачати улаштування при одному із входів тамбур-шлюз. Для сховищ місткістю від 300 до 600 осіб включно передбачається однокамерний, а в сховищах більшої місткості – двокамерний тамбур-шлюз.

Для сховищ місткістю понад 600 осіб замість двокамерного тамбура-шлюза допускається улаштування при двох входах однокамерних тамбурів-шлюзів.

Площу кожної камери тамбура-шлюза при ширині дверного прорізу 0,8 м слід приймати 8 м<sup>2</sup>, а при ширині 1,2 м – 10 м<sup>2</sup>.

У зовнішній і внутрішній стінах тамбура-шлюза слід передбачати захисно-герметичні двері, які відповідають класу захисту сховища і які повинні відчинятися назовні, по ходу евакуації людей.

**Тамбури.** Вони влаштовуються при тих входах, де не передбачені тамбури-шлюзи, з метою відокремлення приміщення, в якому знаходяться люди, від зовнішнього середовища.

Ширина і довжина тамбура повинні мінімум на 0,6 м перевищувати ширину дверей.

**Захищені входи й аварійні виходи.** Входи в сховище можуть передбачатися як із приміщень будівлі, в якій розташоване сховище, так і з вулиці. Кількість входів у сховище повинна бути не менше двох і розташовуватися з протилежних сторін сховища. Кількість входів залежить також від пропускної спроможності дверей. У розрахунках приймається, що при нормативному часі заповнення сховища 8 хвилин стандартні двері шириною 0,8 м пропускають 200 осіб, а двері шириною 1,2 м – 300 осіб.

До входів у сховище, як правило, ведуть сходовий марш або похила площадка (пантус). Ширина сходових маршів і



коридорів повинна бути в 1,5 рази більше ширини дверного прорізу.

Для того, щоб вийти (евакууватися) із заваленого сховища, передбачається аварійний вихід.

У сховищах місткістю 600 осіб і більше один із входів слід обладнати як аварійний вихід у вигляді тунелю внутрішніми розмірами 1,2×2,0 м. При цьому вихід із сховища в тунель необхідно здійснювати через тамбур, обладнаний захисно-герметичними і герметичними дверима, розміром 0,8×1,8 м.

У сховищах місткістю до 600 осіб допускається передбачати аварійний вихід у вигляді вертикальної шахти із захисним оголовком. При цьому аварійний вихід повинен з'єднуватися зі сховищем тунелем. Внутрішні розміри тунелю і шахти повинні бути 0,9×1,3 м. Вихід зі сховища в тунель повинен бути обладнаний захисно-герметичними і герметичними ставнями, які встановлюються відповідно на зовнішній і внутрішній стороні стіни.

Аварійні шахтні виходи слід обладнати захисними оголовками висотою 1,2 м, які мають знаходитися від будинку на відстані

$$L = \frac{H_{\text{буд}}}{2} + 3, \text{ м.} \quad (10.4)$$

При багатоповерхових будівлях аварійний вихід повинен бути на відстані не менше, ніж висота будівлі.

### 10.3. Об'ємно-планувальні рішення ПРУ

На відміну від сховищ до складу ПРУ входять лише приміщення для розміщення людей (*основні*), а також санітарні вузли, вентиляційна і кімната для зберігання верхнього забрудненого одягу (*допоміжні приміщення*).

В ПРУ допускається влаштовувати санітарний вузол із розрахунку забезпечення ним 50% людей. Для решти людей користування санітарними приладами слід передбачати в сусідніх із укриттям приміщеннях.

Якщо кількість людей, що переховуються у ПРУ, становить менше 20 осіб, санітарні вузли можуть бути взагалі відсутні. Натомість передбачається спеціальне вентилязоване приміщення для виносної тари площею не більше 1 м<sup>2</sup>.

При використанні існуючих будівель і споруд в якості ПРУ постає питання підвищення захисних властивостей огорожуючих конструкцій цих будівель з метою досягнення необхідного ступеня протирадіаційного захисту.

Захисні властивості стін будівель, приміщення яких пристосовані під ПРУ, можна підвищити шляхом обсіпки їх ґрунтом або укладанням вздовж стіни впритул до неї на висоту перекриття мішків, наповнених ґрунтом.

Захисні властивості перекриттів над приміщеннями, пристосованими під ПРУ, підвищують шляхом насипання на перекриття шару ґрунту, заздалегідь укріпивши перекриття підпорками.

Прорізи в зовнішніх стінах, які не використовуються для входу і виходу із ПРУ, повинні закладатися цегляною кладкою насухо. При цьому маса 1 м<sup>2</sup> закладки повинна відповідати аналогічній масі зовнішньої стіни.

Вікна надземних приміщень, що використовуються в якості ПРУ, слід закладати на висоту не менше 1,7 м від рівня підлоги. В верхній частині вікна допускається залишати світловий отвір висотою 0,3 м, який повинен бути розташований вище верхнього ярусу лав (нар) не менше ніж на 0,2 м. Для попередження зараження радіоактивними опадами основних приміщень ПРУ необхідно на незакладених частинах вікон передбачати ущільнення.

Заходи щодо підвищення захисних властивостей будівлі, пристосованої під ПРУ, повинні проводитися в період переведення приміщень на режим укриття у термін, не більше ніж 12 годин.

### 10.4. Санітарно-технічні системи сховищ

Санітарно-технічні системи сховищ повинні забезпечувати безперервне перебування в них людей не менше двох

діб. До них відносяться: вентиляція, опалення, водопостачання, водовідведення, енергозабезпечення і зв'язок.

**Система вентиляції.** Вона повинна забезпечити:

- ✓ підтримку температурно-вологісного і газового складу повітря в допустимих межах;
- ✓ створення в сховищі підпору (надлишкового тиску) для попередження проникнення в сховище отруйних речовин і продуктів горіння при пожежах через нещільності в огорожуючих конструкціях;
- ✓ очищення повітря, яке подається в сховище, від пилу, отруйних речовин і бактеріальних засобів;
- ✓ рівномірне розподілення по приміщеннях сховища свіжого повітря і видалення повітря, яке містить вуглекислий газ, тепло і вологу.

Система вентиляції сховищ, як правило, проектується на два режими: чистої вентиляції (режим I) і фільтровентиляції (режим II).

При режимі чистої вентиляції зовнішнє повітря очищається від пилу і забезпечує потрібний обмін повітря та видалення з приміщень надлишків тепла і вологи. При фільтровентиляції зовнішнє повітря, що подається у сховище, має очищатися від газоподібних отруйних речовин, аерозолів та пилу.

У місяцях можливих пожеж, катастрофічного затоплення і великої концентрації СДЯР, у захисних спорудах передбачається режим ізоляції з регенерацією повітря (режим III).

Для забезпечення роботи системи вентиляції в зазначених режимах у сховищах передбачені фільтровентиляційні комплекти ФВУ-1 і ФВУ-2.

ФВУ-1 забезпечує очищення зовнішнього повітря від пилу, радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів.

ФВУ-2 крім того забезпечує регенерацію повітря в сховищі і очищення від оксиду вуглецю.

Кількість повітря, яку необхідно подавати в сховище, слід приймати:

- ✓ в режимі чистої вентиляції від 8 до 13 м<sup>3</sup>/год. на одну людину залежно від температури цього повітря відповідно до таблиці:

Кліматична зона	Середньомісячна температура найтеплішого місяця, °С	Кількість повітря, яке подається в сховище, м <sup>3</sup> /люд.год.
1	до 20	8
2	20...25	10
3	25...30	11
4	Більше 30	13

- ✓ в режимі фільтровентиляції – із розрахунку 2 м<sup>3</sup> на 1 людину, яка знаходиться в сховищі, 5 м<sup>3</sup>/год. на одного працюючого в приміщенні пункту управління і 10 м<sup>3</sup>/год. на одного працюючого у фільтровентиляційній камері.

При тепловологісному розрахунку сховищ параметри зовнішнього повітря приймаються відповідно до середньомісячної температури і вологості найспекотнішого місяця.

Для очищення повітря від радіоактивного пилу використовуються протипилові фільтри різної конструкції, наприклад, масляний сітчатий фільтр, змочений веретенним маслом. При проходженні повітря крізь фільтр пил прилипає до масляної плівки на сітці.

Протипилові фільтри розташовуються в спеціальному приміщенні (розширювальній камері), яка відокремлена від основних приміщень сховища.

Очищення повітря від отруйних речовин і бактеріальних засобів здійснюється за допомогою фільтрів-поглиначів (ФП-200, ФП-300), які працюють за принципом фільтруючого протигазу. В режимі чистої вентиляції повітря в сховище надходить крізь аварійний вихід, а в режимі фільтровентиляції – крізь передтамбури.

Для захисту повітропроводів від надлишкового тиску ударної хвилі на них передбачаються противибухові пристрої. Для постачання зовнішнього повітря в сховище використовують вентилятори з електричним або електроручним

приводом. Для переключення режимів роботи системи використовуються герметичні клапани з ручним або електро-ручним приводом.

Видалення повітря із сховищ здійснюється за допомогою вентиляторів. Кратність повітрообміну  $K$  у сховищі розраховується як частка від ділення кількості  $Q$  поданого у сховище повітря до загального об'єму  $W$  сховища:

$$K = \frac{Q}{W}. \quad (10.5)$$

Для подачі зовнішнього повітря у сховище використовуються вентилятори різних систем – з ручним або з електричним приводом. При цьому у сховищі обов'язково створюється деякий надлишок тиску повітря – підпір повітря  $D_p$ , який за числовим значенням має бути не меншим 50 Па (0,05 кПа = 5 мм вод.ст).

Підпір повітря у приміщеннях сховища розраховується (у кПа) за формулою

$$D_p = 0,1 \times K^{1,6}. \quad (10.6)$$

Відпрацьоване повітря (у режимах *чистої вентиляції* і *фільтровентиляції*) видалається зі сховища через витяжні канали, у яких крім противибухових пристроїв встановлюються ще й клапани надлишкового тиску.

#### ПРИКЛАД 5.

Розрахуйте загальний об'єм сховища на  $N = 600$  осіб і визначте коефіцієнт повітрообміну  $K$  у режимі «чиста вентиляція». Оцініть, чи забезпечена належна герметичність сховища, визначивши для цього надлишковий тиск (підпір) повітря  $D_p$  у сховищі.

#### Розв'язання.

1. Розраховуємо об'єм основних приміщень сховища при встановленій мінімальній нормі  $1,5 \text{ м}^3$  на 1 переховану людину:

$$W_{осн} = (1,5 \text{ м}^3) \times 600 = 900 \text{ м}^3.$$

2. Розраховуємо об'єм допоміжних приміщень сховища (у межах зони герметизації), беручи як мінімальну норму  $0,1 \text{ м}^3$  на 1 людину, що переховується:  $W_{дон} = (0,1 \text{ м}^3) \times 600 = 60 \text{ м}^3$ .

3. Розраховуємо загальний об'єм сховища (основні приміщення плюс допоміжні приміщення):

$$W = W_{дон} + W_{осн} = 900 \text{ м}^3 + 60 \text{ м}^3 = 960 \text{ м}^3.$$

4. Розраховуємо кількість повітря, яке подається у сховище за Режимом I (*чиста вентиляція*); в залежності від температури зовнішнього повітря може набувати значень у межах:

$$Q = (8 \dots 13 \text{ м}^3 / \text{год}) \times 600 = (4800 \dots 7800) \text{ м}^3 / \text{год}.$$

5. Кратність повітрообміну у сховищі за Режимом I (*чиста вентиляція*) при цьому становить:

$$K = \frac{Q}{W} = \frac{4800 \dots 7800}{960} = 5,0 \dots 8,1.$$

6. Підпір повітря у сховищі при постачанні повітря за Режимом I (*чиста вентиляція*) дорівнює:

$$D_p = 0,1 \times K^{1,6} = 0,1 \times (5,0 \dots 8,1)^{1,6} = 0,1 \times (13 \dots 28) = 1,3 \dots 2,8 \text{ кПа}.$$

Оскільки отримане значення підпору повітря  $D_p > 0,05$  кПа (або  $D_p > 5$  кгс/м<sup>2</sup>), доходимо висновку, що герметичність сховища забезпечена належним чином.

**Відповідь:**  $W = 960 \text{ м}^3$ ;  $K = 5,0 \dots 8,1$ ;  $D_p = 1,3 \dots 2,8$  кПа: герметичність сховища забезпечена належними чином.

У режимі ізоляції з регенерацією повітря газовий склад повітря в сховищі в допустимих межах здійснюється за допомогою фільтровентиляційного комплексу ФВУ-2.

Регенерація внутрішнього повітря здійснюється установками РУ-150/6, а очищення від оксиду вуглецю  $\text{CO}$  – у фільтрах ФГ-70.

Потужність засобів регенерації визначається із розрахунку постачання кисню  $\text{O}_2$  – 25 л/год. на одну людину і поглинення вуглекислого газу  $\text{CO}_2$  – 20 л/год. протягом 6 годин.

**Система опалення.** Система опалення передбачається для використання її в звичайних умовах. При заповненні сховища людьми система опалення за допомогою спеціальних пристроїв відключається.

**Система водопостачання.** Водопостачання сховища передбачається від зовнішньої мережі. Крім того в спеціальних резервуарах створюється дводобовий запас води з розрахунку: 3 л питної води і 4 л води для технічних потреб на одну людину на добу.

**Система водовідведення.** Розраховується на водовідведення 50 літрів на одну людину за розрахунковий термін перебування. Для відведення стічних вод у зовнішню мережу передбачаються станції перекачки.

На випадок виходу з ладу зовнішньої мережі водовідведення передбачається аварійний резервуар для накопичення фекалій із можливістю його очищення.

**Електрозабезпечення і зв'язок.** Електрозабезпечення здійснюється від зовнішньої електричної мережі, а інколи – від захищеної ДЕС. У випадках порушення електрозабезпечення передбачається аварійне освітлення (акумулятори, електроліхтарі тощо).

У сховищах передбачаються також телефони і радіотрансляційні точки для отримання й передачі інформації.

## 10.5. Оцінка протирадіаційного захисту споруд

### 10.5.1. Розрахунок протирадіаційного захисту сховищ

Згідно з п. 1.12 ДБН В2.25-97 сховища проектується заглибленими в ґрунт, тому розрахунок протирадіаційного захисту проводиться для покриття і стін, які виступають над поверхнею землі і повинні забезпечити ослаблення радіаційного впливу до допустимого рівня.

Ступінь ослаблення радіаційного впливу стінами і покриттям сховища визначається за формулою (10.7) (формулою 38 ДБН):

$$A \leq \frac{2K_{\gamma}K_{ni}}{K_{\gamma}K_{ni}} \cdot K_p, \quad (10.7)$$

де  $A$  – потрібний ступінь ослаблення, який приймається:

- $\geq 5000$  – для сховищ 1-го класу;
- $\geq 3000$  – для сховищ 2-го класу;
- $\geq 2000$  – для сховищ 3-го класу;
- $\geq 1000$  – для сховищ 4-го класу.

$K_{\gamma}$  – коефіцієнт ослаблення дози гамма-випромінювання перешкодою із  $i$ -шарів матеріалу, який дорівнює добутку значень  $K_{\gamma 1} \cdot K_{\gamma 2}$  для кожного шару (приймається за табл. 26 ДБН);

$K_{ni}$  – коефіцієнт ослаблення дози нейтронів перешкодою із  $i$ -шарів матеріалу, який дорівнює добутку значень  $K_n$  для кожного матеріалу (приймається за табл. 10.1 (табл. 26 ДБН));

$K_p$  – коефіцієнт умов розміщення сховищ, який розраховується за формулою:

$$K_p = \frac{K_{заб.}}{K_{буд.}}, \quad (10.8)$$

де  $K_{заб.}$  – коефіцієнт, який ураховує зниження дози проникаючої радіації в забудові (приймається за табл. 10.2 (табл. 27 ДБН));

$K_{буд.}$  – коефіцієнт, який ураховує ослаблення радіації в житлових і виробничих будівлях при розміщенні в них сховищ (приймається за табл. 10.2 (табл. 27 ДБН)).

Таблиця 10.1 (таблиця 26 ДБН)

Товщина шару матеріалу, см	Коефіцієнт ослаблення дози $\gamma$ – випромінювання і нейтронів							
	Бетон – 2,4 г/см <sup>3</sup>		Цегла – 1,84 г/см <sup>3</sup>		Ґрунт – 1,95 г/см <sup>3</sup>		Дерево – 0,7 г/см <sup>3</sup>	
	$K_n$	$K_g$	$K_n$	$K_g$	$K_n$	$K_g$	$K_n$	$K_g$
10	6,2	2,0	3,7	1,7	6,5	1,7	12	1,0
15	12	3,5	5,5	3,5	13	2,5	30	1,2

продовження Таблиця 10.1

20	23	5,3	8,2	3,7	26	3,8	59	1,3
30	74	13	17	7,2	100	8,2	200	1,8
40	230	30	34	14	280	17	550	2,5
50	680	66	66	24	780	35	1500	3,5
60	2100	140	130	41	2200	68	4100	4,8
70	6300	280	250	66	6000	130	11000	6,7
80	18000	560	490	100	17000	240	30000	9,0
90	53000	1100	960	160	49000	430	82000	12,0

Таблиця 10.2 (таблиця 27 ДБН)

Характер забудови	Кількість будівель	Висота будівель, м	Щільність забудови, %	Коефіцієнт $K_{\text{заб}}$
Промислова	4...6	10...20	40	1,8
			30	1,5
			20	1,2
			10	1,0
	1...2	8...12	40	1,5
			30	1,3
			20	1,2
			10	1,0
Житлова й адміністративна	9	30...32	50	2,5
			30	2,0
			20	1,3
			10	1,0
	5	12...20	50	2,0
			30	1,8
			20	1,3
			10	1,0
	2	8...10	50	1,6
			30	1,4
			20	1,2
			10	1,0

Примітка: При щільності забудови менше 10% коефіцієнт приймається за одиницю.

Таблиця 10.3 (таблиця 27а ДБН)

Матеріал стін	Товщина стін, см	Виробничі будівлі				Житлові будівлі			
		Площа прорізів в огорожуючих конструкціях, %							
		20	30	40	50	20	30	40	50
Цегляна кладка	38	0,27	0,38	0,50	0,52	0,26	0,28	0,32	0,41
	51	0,26	0,37	0,47	0,50	0,20	0,23	0,27	0,38
	64	0,25	0,36	0,45	0,47	0,18	0,21	0,25	0,35
Легкий бетон	20	0,28	0,38	0,47	0,58	0,55	0,62	0,71	0,83
	30	0,27	0,37	0,45	0,58	0,41	0,45	0,50	0,55
	40	0,26	0,36	0,43	0,52	0,32	0,36	0,38	0,43

Для розрахунку протирадіаційного захисту сховища необхідно мати такі вихідні дані:

- тип сховища (вбудоване, окремо розташоване);
- місце знаходження сховища (в районі промислової, житлової або адміністративної забудови);
- кількість будівель у районі забудови і їх висота;
- щільність забудови;
- характеристики будівлі, під якою знаходиться сховище (матеріал стін і їх товщина, площа прорізів в огорожуючих конструкціях);
- товщина бетонного покриття сховища;
- товщина ґрунтової обсіпки по покриттю сховища.

#### ПРИКЛАД 6.

Визначте ступінь ослаблення радіаційного впливу А сховища та його клас, якщо відомо, що перекриття над сховищем складається з 2-х шарів матеріалу: бетон – 25 см і ґрунт – 70 см. Коефіцієнт умов розміщення сховища  $K_p$  приміть рівним 5.

#### Розв'язання.

1. За таблицею табл. 26\* ДБН послідовно визначаємо коефіцієнти ослаблення дози гамма-випромінювання для бетону завтовшки 25 см і шару ґрунту на ньому завтовшки 70 см:

для бетону:  $K_{\gamma}^{\text{б}} = 8,3$ ;

для ґрунту:  $K_{\gamma}^{\text{ґр}} = 130$ .



2. Аналогічно, за табл. 26\* ДБН послідовно визначаємо коефіцієнти ослаблення дози нейтронного випромінювання для бетону і ґрунту відповідної товщини:

$$\text{для бетону: } K_n^{\beta} = 43$$

$$\text{для ґрунту: } K_n^{cp} = 6000.$$

3. Коефіцієнт ослаблення дози гамма-випромінювання перешкодою із  $i = 2$  шарів матеріалу становитиме

$$K_{\gamma 2} = K_{\gamma}^{\beta} \cdot K_{\gamma}^{cp} = 8,3 \cdot 130 = 1079.$$

4. Коефіцієнт ослаблення дози випромінювання нейтронів перешкодою із  $i = 2$  шарів матеріалу становитиме

$$K_{n2} = K_n^{\beta} \cdot K_n^{cp} = 43 \cdot 6000 = 258000.$$

5. Для розрахунку ступеню ослаблення радіаційного впливу скористаємося формулою (10.7):

$$A = \frac{2K_{\gamma 2} \cdot K_{n2}}{K_{\gamma 2} + K_{n2}} K_p = \frac{2 \cdot 1079 \cdot 258000}{1079 + 258000} 5 = 10743.$$

**Висновок:** Оскільки ступінь ослаблення радіаційного впливу сховища перевищує 5000, це сховище належить до 1 класу.

### 10.5.2. Розрахунок протирадіаційного захисту ПРУ

Необхідний коефіцієнт захисту ПРУ залежно від їх призначення і місця розташування, а також характеру виробничої діяльності населення, яке планується переховувати в ПРУ, визначається типом даного ПРУ.

Найменший нормативний коефіцієнт ослаблення радіаційного впливу коливається залежно від типу ПРУ від 10 до 200, а для ПРУ, зведених у зоні АЕС – від 500 до 1000.

Визначення  $K_3$  ПРУ проводиться, виходячи із таких передумов:

- ефективний спектр гамма-випромінювання з часом не змінюється, якщо не враховувати природний спад, отже не змінюються і кратність ослаблення випромінювання захисними товщами;

- при наявності в захисних товщах порожнин, прорізів, важких елементів (балок, колон тощо) приймають, що матеріал розподіляється рівномірно;
- розрахункова точка розташована в ПРУ в геометричному центрі приміщення на висоті 1 м від підлоги;
- приймається, що радіоактивні опади рівномірно розподілені на горизонтальних поверхнях.

Коефіцієнт захисту  $K_3$  для приміщень ПРУ в одноповерхових будівлях визначається за формулою (10.9) (формулою 37 ДБН):

$$K_3 = \frac{0,65 K_1 K_{cm} K_{nep}}{V_1 K_{cm} K_1 + (1 - K_{uu}) (K_0 K_{cm} + 1) K_{nep} K_m}, \quad (10.9)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, який ураховує частку радіації, що проникає через зовнішні і внутрішні стіни і визначається за формулою:

$$K_1 = \frac{360^\circ}{36^\circ + \sum \alpha_i}, \quad (10.10)$$

де  $\alpha_i$  – плоский кут із вершиною в центрі приміщення, проти якого розташована  $i$ -стіна укриття, град. При цьому враховуються зовнішні і внутрішні стіни будівлі, сумарна вага 1 м<sup>2</sup> яких в одному напрямку менше 1000 кгс;

$K_{cm}$  – кратність ослаблення стінами первинного випромінювання залежно від сумарної ваги огорожуючих конструкцій, визначається за табл. 10.4 (табл. 28 ДБН);

$K_{nep}$  – кратність ослаблення первинного випромінювання перекриттям, визначається за табл. 10.4 (табл. 28 ДБН);

$V_1$  – коефіцієнт, який залежить від висоти і ширини приміщення, приймається за табл. 10.5 (табл. 29 ДБН);

$K_0$  – коефіцієнт, який ураховує проникнення в приміщення вторинного випромінювання. Коефіцієнт слід приймати при висоті віконного прорізу (світлового отвору) в зовнішніх стінах від підлоги укриття 0,8 м –  $0,8\alpha$ , при висоті 1,5 м –  $0,15\alpha$ , при 2 м і більше –  $0,09\alpha$ . Коефіцієнт  $\alpha$  визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{S_0}{S_n}, \quad (10.11)$$

де  $S_0$  – площа віконних і дверних прорізів (площа незакладених прорізів і отворів);

$S_n$  – площа підлоги укриття;

$K_m$  – коефіцієнт, який ураховує зниження дози радіації в будівлях, що розташовані в районі забудови, від екрануючої дії будівель, які знаходяться поряд (приймається за табл. 30);

$K_{ш}$  – коефіцієнт, який залежить від ширини будівлі (табл. 10.5 (за поз. 1 табл. 29)).

**Таблиця 10.4 (таблиця 28 ДБН)**

Вага 1 м <sup>2</sup> огорожуючих конструкцій, кгс	Кратність ослаблення $\gamma$ -випромінювання на радіоактивно забрудненій місцевості		
	стіною $K_{cm}$ первинного випромінювання	перекриттям $K_{пер}$ первинного випромінювання	перекриттям підвалу $K_n$ вторинного випромінювання
150	2	2	7
200	4	3,4	10
250	5,5	4,5	15
300	8	6	30
350	12	8,5	48
400	16	10	70
450	22	15	100
500	32	20	160
550	45	26	220
600	65	38	350
650	90	50	500
700	120	70	800
800	250	120	2000
900	500	220	4500
1000	1000	400	10 000
1100	2000	700	> 10 <sup>4</sup>
1200	4000	1100	> 10 <sup>4</sup>
1300	8000	2800	> 10 <sup>4</sup>
1500	> 10 <sup>4</sup>	4500	> 10 <sup>4</sup>

**Таблиця 10.5 (таблиця 29 ДБН)**

№№ п/п	Висота приміщень, м	Коефіцієнт $V_i$ при ширині приміщення (будівлі), м					
		3	6	12	18	24	48
1	2	0,06	0,16	0,24	0,38	0,38	0,5
2	3	0,04	0,09	0,19	0,27	0,32	0,47
3	6	0,02	0,03	0,09	0,16	0,2	0,34
4	4	0,01	0,02	0,05	0,06	0,09	0,15

**Таблиця 10.6 (таблиця 30 ДБН)**

Місце розташування укриття	Коефіцієнт $K_m$ при ширині забрудненої ділянки, яка прилягає до будівлі, м:						
	5	10	20	30	40	60	100
На першому або підвальному поверсі	0,45	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85	0,9
На висоті другого поверху	0,2	0,25	0,35	0,4	0,45	0,5	0,55

Коефіцієнт захисту  $K_z$  для укриттів, які розташовані в не повністю заглиблених підвальних і цокольних поверхах, визначається за формулою:

$$K_z = \frac{0,77 K_{cm} K_1 K_n}{(1 - K_{ш}) [(K'_0 K_{cm} + 1) + K_n (K_0 K_{cm} + 1)] K_m}, \quad (10.12)$$

де  $K_1$ ,  $K_{cm}$ ,  $K_{ш}$ ,  $K'_0$ ,  $K_m$  – позначення ті ж, що й у формулі (10.9) для частин стін укриття, які знаходяться над землею;

$K_n$  – кратність ослаблення переkritтям підвалу (цокольного поверху) вторинного випромінювання, яке розсіяне в приміщенні першого поверху, визначається за табл. 10.4;

$K'_0$  – коефіцієнт, який приймається при розміщенні низу віконного і дверного прорізу в стінах на висоті від підлоги першого поверху 0,5 м і нижче –  $0,15\alpha$ ; при 1 м і більше –  $0,09\alpha$ , де  $\alpha$  має таке ж значення, як і в формулі (39) ДБН.

#### ПРИКЛАД 7.

Приміщення в центральній частині цокольного поверху п'ятиповерхової громадської будівлі планується використати в якості ПРУ. Схема приміщення зображена на рис. 10.1. Сумарна вага квадратного метра усіх стін в одному напрямку, що знаходяться напроти геометричного центру приміщення, становить

більше 1000 кгс. Вага 1 м<sup>2</sup> зовнішньої стіни  $G_{ст} = 1100$  кгс. Висота вікон – 1,2 м, висота стін приміщення – 3,0 м. Яка частка радіації, обчислювана коефіцієнтом  $K_1$ , проникає через зовнішні і внутрішні стіни цього приміщення?

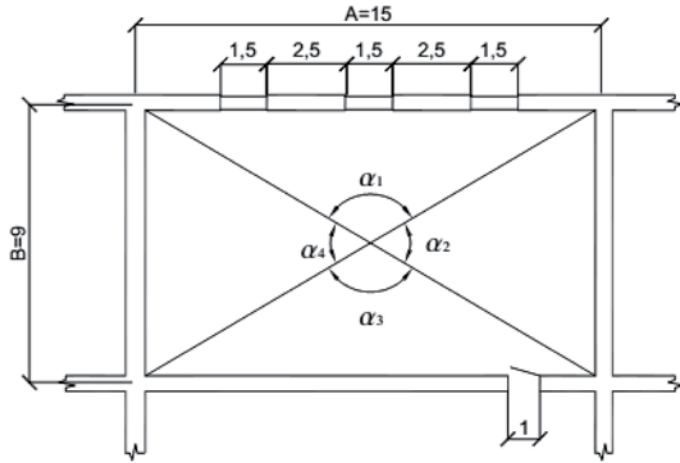


Рис. 10.1. Схема приміщення

#### Розв'язання.

1. Частка радіації, що проникає в розрахункову точку – геометричний центр приміщення, позначається коефіцієнтом  $K_1$  і визначається за формулою (10.10). При цьому, згідно з умовою задачі, напроти кутів  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  знаходяться стіни, сумарна вага квадратного метра яких в одному напрямку становить більше 1000 кгс. Тому з цих боків радіація затримується стінами і в середину приміщення не потрапляє, при використанні формули (10.10) кути  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  не враховуємо.
2. За умовами задачі напроти кута  $\alpha_1$  знаходиться зовнішня стіна, квадратний метр ваги якої теж більший за 1000 кгс. Але в цій стіні розташовані вікна, які послабляють захист від радіації. З урахуванням послаблюючої дії вікон приведена вага квадратного метра зовнішньої стіни може виявитися меншою за 1000 кгс.
3. Визначимо коефіцієнт прорізності  $\alpha_{см}$  зовнішньої стіни як відношення площі вікон до площі стіни:

$$\alpha_{см} = \frac{S_{вік}}{S_{ст}} = \frac{1,5 \times 1,2 \times 3}{15 \times 3} = 0,12.$$

4. Визначимо приведену вагу квадратного метра зовнішньої стіни з урахуванням прорізності:

$$G_{прив} = G_{ст}(1 - \alpha_{см}) = 1100 \times (1 - 0,12) = 968 \text{ кгс} / \text{м}^2.$$

5. Оскільки приведена вага квадратного метра зовнішньої стіни виявилася менше за 1000 кгс, згідно з формулою (10.10), необхідно обчислити кут  $\alpha_1$ , котрий лежить напроти цієї стіни.
6. Обчислюємо величину кута  $\alpha_1$ :

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \frac{15}{9} = 0,029; \text{ звідки } \alpha = 2 \times \operatorname{arctg}(0,029) = 119^\circ.$$

7. Користуючись формулою (10.10), знаходимо коефіцієнт  $K_1$ :

$$K_1 = \frac{360^\circ}{36^\circ + \sum \alpha_i} = \frac{360}{36 + 119} = 2,32.$$

Відповідь:  $K_1 = 2,32$ .



#### Питання для самоконтролю

1. Дайте характеристику сучасному стану захисних споруд в Україні.
2. Наведіть класифікацію захисних споруд за місткістю, призначенням та захисними властивостями.
3. Опишіть призначення сховищ та протирадіаційних укриттів.
4. Наведіть перелік основних та допоміжних приміщень, що розташовані у сховищах.
5. Сформулюйте, як визначають норму площі підлоги основного приміщення для укриття людей.
6. Як визначають площу фільтровентиляційного приміщення сховищ?
7. Які приміщення входять до складу протирадіаційних укриттів?
8. Дайте характеристику системі вентиляції сховищ. На які типові режими її розраховують?
9. Які вихідні дані необхідно мати для розрахунку протирадіаційного захисту сховища?
10. Поясніть на прикладі розрахунку протирадіаційного захисту ПРУ визначення плоского кута  $\alpha_i$  із вершиною в центрі приміщення.

## ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

### А

аварійна ситуація  
 аварійне опромінювання  
 аварія з НХР  
 аварія на об'єкті підвищеної небезпеки  
 аварія проектна  
 аварія позапроектна  
 аварія радіаційна  
 антропосфера

### Б

безпека  
 безпека пожежна  
 безпека у надзвичайних ситуаціях

### В

вибух  
 вибухові речовини  
 високотоксичні речовини  
 відповідальні особи ПНО

### Г

глобалізація  
 горіння  
 горюча речовина  
 горючі (займисті) гази  
 горючі рідини  
 гранично допустима концентрація (ГДК)

### Д

Декларація безпеки  
 Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів  
 джерело запалювання  
 дифузійне горіння  
 доза  
 доза еквівалентна  
 доза експозиційна  
 доза ефективна  
 доза поглинена  
 доза смертельна середня ( $LD_{50}$ )

### Е

евакуація  
 епідемія  
 епізоотія

епіфітотія  
 Єдина державна система цивільного захисту (ЄДСЦЗ)

### З

забруднююча речовина  
 завдання ЄДСЦЗ  
 загоряння  
 займання  
 запобігання виникненню надзвичайних ситуацій  
 засіб індивідуального захисту  
 засіб колективного захисту  
 засоби цивільного захисту  
 захисні споруди цивільного захисту  
 захист населення у надзвичайних ситуаціях  
 зона можливого ураження  
 зона надзвичайної ситуації  
 зона хімічного забруднення

### І

ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки  
 ідентифікація потенційно небезпечного об'єкта  
 ізотоп радіоактивний  
 інженерний захист територій

### К

катастрофа  
 категорія А  
 категорія Б  
 категорія В  
 категорія за вибухопожежною небезпекою (будинку, приміщення)  
 класифікація НС

### Л

легкозаймиста рідина (ЛЗР)  
 ліквідація наслідків надзвичайної ситуації

### М

масова швидкість вигорання  
 Міжнародна шкала ядерних подій

### Н

надзвичайна ситуація  
 небезпека  
 небезпека у надзвичайних ситуаціях  
 небезпечна зона  
 небезпечна подія  
 небезпечна речовина  
 небезпечна хімічна речовина (НХР)  
 небезпечні речовини  
 небезпечний фактор

**О**  
об'єкт підвищеної небезпеки  
оповіщення  
опромінення

**П**  
пожежа  
пожежна безпека  
потенційна небезпека  
потенційно небезпечний об'єкт

**Р**  
радіація  
радіоактивне забруднення  
реагування на надзвичайні ситуації

**С**  
санітарно-захисна зона  
сили цивільного захисту  
система Л–М–С  
спалахування  
стихийне лихо  
сховище

**Т**  
теплота згоряння масова  
техногенна безпека  
техносфера  
токсичність  
токсичні речовини  
токсодоза  
транскордонний вплив аварії

**У**  
уражаючі чинники НС

**Х**  
хімічна небезпека  
хімічні речовини  
хімічно небезпечний об'єкт (ХНО)

**Ц**  
цивільний захист (ЦЗ)

**Ш**  
шкода  
шлях надходження речовини

**Я**  
ядерний реактор

## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001 р. № 2245-III [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/Laws/show/2245-14/ed20121118>
2. ДБН 360-92\*\*. Містобудування. Планування та забудова міських і сільських поселень [Текст]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2002. – 6 с.
3. ДБН В.2.2.5-97 «Захисні споруди цивільної оборони». – К.: Держмістобудування, 1997.
4. ДБН В.1.1-7-2002 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003. – 42 с.
5. ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги.
6. ДСТУ 3855-99. Пожежна безпека. Визначення пожежної небезпеки матеріалів та конструкцій. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України, 2000 – 24 с.
7. ДСТУ 2272:2006 ССБП. Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять. – К.: УкрНДІПБ МНС України, 2007.
8. ДСТУ 7134:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів. Основні положення / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010.
9. ДСТУ 7097:2009. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Джерела техногенних надзвичайних ситуацій. Класифікація й номенклатура параметрів уражальних чинників / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010 – 4 с.
10. ДСТУ 7095:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Захист населення у надзвичайних ситуаціях. Основні положення / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010 – 10 с.
11. ДСТУ 7098:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Ліквідування надзвичайних ситуацій та їх наслідків. Загальні положення / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010 – 14 с.
12. ДСТУ 7136:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг потенційно небезпечних об'єктів. Порядок проведення / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010.
13. ДСТУ 7135:2009 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Паспорт потенційно небезпечного об'єкта. Загальні вимоги / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2010.
14. ДСТУ 7117:2009 Вибухи промислові. Метод визначання тиску у фронті ударної повітряної хвилі та границі безпечної зони – К.: Держстандарт України, 2010 – 14 с.



15. ДСТУ ISO 13571:2012 (ISO 13571:2007, IDT) Небезпечні для життя чинники пожежі. Настанови щодо оцінювання часу, необхідного для евакуації, за даними про пожежі (ISO 13571:2007, IDT)
16. ДСТУ 7295:2013 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг. Терміни та визначення основних понять / Національний стандарт України – К.: Держспоживстандарт України, 2014.
17. ДСТУ 3891:2013. Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять / Національний стандарт України БЗ № 9–10–2013/232. – К.: Мінекономрозвитку України, 2014. – 17 с.
18. НПАОП 0.00-3.08-02. Нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки [Електронний ресурс] / Затв. Постановою КМУ від 11.07.02 № 956. – Режим доступу: [http://www.dnaop.com/html/1247/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F\\_0.00-3.08-02/](http://www.dnaop.com/html/1247/doc-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%9F_0.00-3.08-02/)
19. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). – К.: МОЗ України, 1997.
20. Національний класифікатор України. Класифікатор надзвичайних ситуацій ДК 019:2010.
21. ГОСТ 12.1.007-76 (1999) ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – М., 1999.
22. ГОСТ 12.1.041-83 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность горючих пылей. Общие требования. – Введ. : 01.07.89. – М.: Изд-во стандартов, 1983 – 15 с.
23. ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
24. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1991.
25. ГОСТ 19433-88. Грузы опасные. Классификация и маркировка. – М., 1990. – 40 с.
26. СНиП 2.09.02-85\* Производственные здания. – М.: Госстрой СССР, 1991 – 15 с.
27. СНиП 2.09.03-85 Сооружения промышленных предприятий – М.: Стройиздат, 1987.
28. СНиП 2.11.01-85\* Складские здания – М.: Госстрой СССР, 1996.
29. СОУ МНС 75.2-00013528-004:2010 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Засоби очищення повітря захисних споруд цивільного захисту (цивільної оборони). Класифікація й загальні технічні вимоги – К.: МНС України, 2011.
30. СТ СЭВ 446-77 Противопожарные нормы строительного проектирования. Методика определения расчетной пожарной нагрузки – М.: Госстрой СССР, 1978 – 10 с.
31. Кодекс Цивільного захисту України: чинне законодавство із змінами та допов. на 25 липня 2013 року [Електронний ресурс]: (Відповідає

- офіц. текстові) – К.: Алерта, 2013. – 102 с. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403%D0%B0-17>
32. Інструкція щодо утримання захисних споруд цивільної оборони у мирний час [Електронний ресурс] / Наказ МНС України від 9 жовтня 2006 р. № 653. – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z1180-06>
33. Коментар до ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
34. Методика прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/z0326-01>
35. Національна доповідь про стан техногенної і природної безпеки в Україні 2014. – Режим доступу: [http://www.mns.gov.ua/content/national\\_lecture.html](http://www.mns.gov.ua/content/national_lecture.html)
36. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы: оценка и предупреждение [Електронний ресурс] / М.В. Бесчастнов. – М.: изд. «Химия», 1991. – Режим доступа: <http://dony.ru/book/172376-promyshlennye-vzryvy-ocenka-i-preduprezhdenie.html>
37. Смирнов В.А. Безпека життєдіяльності. Університетський курс: навч. посіб. для студ. вищ. нав. закл. / В.А. Смирнов, С.А. Дикань. – Вид. 2-ге, перероб. і доп. – Полтава.: ТОВ «АСМІ», – 2014. – 349 с.
38. Смирнов В.А. Цивільний захист: навч. посібник / В.А. Смирнов, С.А. Дикань. – К.: Кафедра, 2013. – 300 с.
39. Шевчук В.Г. Фізичні основи пожежовибухонебезпеки: навчальний посібник для вузів / В. Г. Шевчук, Д. Д. Поліщук. – Одеса: Астропринт, 2010 . – 243 с.: рис. – Бібліогр.: с. 236-243.

Навчальне видання

ДИКАНЬ Сергій Антонович  
ЗИМА Олександр Євгенович

---

# **БЕЗПЕКА В ГАЛУЗІ ТА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

---

*УНІВЕРСИТЕТСЬКИЙ КУРС*

*Підручник для студентів інженерних спеціальностей  
вищих навчальних закладів*

Коректура – О.Г. Макаренко  
Комп'ютерне складання та верстання – О.С. Діляновська  
Дизайн обкладинки – О.Г. Макаренко

Підписано до друку 23.11.2015 р.  
Формат паперу 60×84/16.  
Папір офсетний. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 16,0. Тираж 300 пр. Зам. № 10365.

Видавець і виготовлювач ТОВ «АСМІ».  
36011, м. Полтава, вул. В. Міщенко, 2.  
Тел./факс: (0532) 56-55-29.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК №4420 від 16.10.2012 р.