

В.О. Михайлюк,  
Б.Д. Халмурадов

# ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

Навчальний посібник  
для студентів вищих навчальних закладів

*Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів*

Київ  
«Центр учбової літератури»  
2008

ББК Ц69я73  
М 69  
УДК 614:57.022(075.8)

*Гриф надано  
Міністерством освіти і науки України  
(Лист № 14/18-Г-144 від 21.01.2008 р.)*

Рецензенти:

*Запорожець А.І.*, - завідувач кафедри безпеки життєдіяльності Національного авіаційного університету, доктор технічних наук, професор;

*Селіванов С.Є.*, професор кафедри безпеки життєдіяльності Харківського Національного автодорожнього університету доктор технічних наук, професор.

**В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов**

М 69 Цивільна безпека: Навч. пос. – К.: Центр учбової літератури, 2008. – 158 с.

ISBN 978-966-364-684-8

Навчальний посібник призначено для студентів вищих навчальних закладів, котрі вивчають дисципліни “Безпека життєдіяльності” та “Цивільна оборона” за всіма фахами, а також для викладачів цих дисциплін.

У навчальному посібнику наведено загально прийняті підходи, що застосовуються при розробці управлінських рішень щодо забезпечення стійкості території держави, її регіонів, адміністративно територіальних одиниць та об'єктів економіки у надзвичайних ситуаціях, і містяться типові методики виконання студентами практичних та розрахунково-графічних робіт під час опанування дисциплін напрямку “Безпека життєдіяльності”.

Він може бути корисним також студентам при виконанні розділу з безпеки життєдіяльності та цивільної оборони в дипломних роботах (проектах) і керівному та командно-начальницького складу аварійно-рятувальних служб об'єктів економіки при підготовці та проведенні відповідних занять з підлеглими.

Табл. 55, додатків 4, рисунків 15.

**ISBN 978-966-364-684-8**

© В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов, 2008

© Центр учбової літератури, 2008



## **ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ СКОРОЧЕНЬ**

АВНВ — аналіз видів і наслідків відмовлень  
АВНКВ — аналіз видів, наслідків і критичності відмовлень  
АКСЛ — аварії, катастрофи, стихійні лиха  
АРІНР — аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи  
АТО — адміністративна територіальна одиниця  
АЕС — атомна електростанція  
АРР — аварійно-рятувальні роботи  
АРС — аварійно-рятувальні служби  
ВВЕР — водо-водяний енергетичний реактор  
ВВП — валовий внутрішній продукт  
ВКМ — верхня концентраційна межа  
ВР — вибухова речовина  
ГДК (ГДР) — гранично допустима концентрація (рівень)  
ГПС — газоповітряна суміш  
ДОП — довгострокове (оперативне) прогнозування  
ЄСКД — єдина система конструкторської документації  
ЄСЦЗ — єдина державна система цивільного захисту  
ЗІЗ — засоби індивідуального захисту  
ЗМХЗ — зона можливого хімічного забруднення  
ІВ — іонізуюче випромінювання  
КТЕБ — комісія з техногенної екологічної безпеки  
ЛЗР — легкозаймисті речовини  
Л-Т-С — людина — техніка — середовище  
МНС — міністерство з надзвичайних ситуацій  
НМД — неоподатковуваний рівень доходів громадян  
НКМ — нижня концентраційна межа  
НП — нещаслива подія  
НРБУ — норми радіаційної безпеки України  
НС — надзвичайна ситуація  
НХР — небезпечні хімічні речовини  
ОЕ — об'єкт економіки  
ПА — підводний апарат  
ПАН — попередній аналіз небезпек

ПЗХЗ — прогнозована зона хімічного забруднення

ПМР — паливо-мастильні речовини

ППС — паливо-повітряна суміш

ПР — проникна радіація

РВР — ремонтні та відбудовні роботи

РЗ — радіоактивне забруднення

РНО — радіаційне небезпечний об'єкт

РО — радіаційна обстановка

РОП — ризикорієнтовний підхід

РР — радіоактивні речовини

СВ — світлове випромінювання

СВСП — ступінь вертикальної стійкості повітря

СЕЗ — соціально-економічний збиток

СТЖ — скорочення тривалості життя

ТЕЦ — теплоелектроцентрально

УХ — ударна хвиля

ХЗ — хімічне зараження

ХНО — хімічно небезпечний об'єкт

ЦБ — цивільна безпека

ЦЗ — цивільний захист

ЦО — цивільна оборона

ЯВ — ядерний вибух



**П**ріоритетним завданням проголошеної в Україні стратегії гарантування безпеки людини, суспільства та держави є запобігання виникненню надзвичайних ситуацій (НС) і забезпечення стійкості території, адміністративно територіальних одиниць (АТО) та об'єктів економіки (ОЕ), якщо вони трапляються. Виконання цього завдання вимагає прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень при плануванні заходів щодо зниження ризиків виникнення надзвичайних ситуацій та мінімізації можливих наслідків. Необхідність науково-методологічного забезпечення реалізації превентивної політики щодо забезпечення прийнятого рівня безпеки надскладної системи «людина-техніка-середовище» (Л-Т-С) на підґрунті ризик-орієнтовного підходу (РОП), спричинила інтенсивний розвиток досліджень проблем безпеки, управління і оцінки ризику виникнення надзвичайних ситуацій, моделювання та прогнозування їхнього розвитку. У зв'язку з цим запровадження комплексної оцінки техногенної та природної безпеки держави, окремих її регіонів, адміністративно територіальних одиниць на підставі оцінки безпеки окремих об'єктів економіки набуло важливого значення. До того ж, досить часто керівники і персонал об'єктів економіки бувають не готові до оперативного прийняття рішень щодо дій стосовно забезпечення захисту працівників потенційно небезпечних об'єктів (ПНО) та населення, котре мешкає поблизу, від вражаючих чинників НС, які створюються на них, і чекають розпоряджень представників МНС марно втрачаючи час, хоча при цьому добре розуміють, що дії на початковій стадії розвитку надзвичайної ситуації зазвичай є визначальними у подальшому.

Однією з кількісних характеристик небезпек є ризик, тобто ступень можливості впливу їхніх небезпечних вражаючих чинників на систему Л-Т-С. Ризик появи надзвичайних ситуацій звичайно розглядається як ймовірність або частота виникнення її джерела. У той же час оцінка ризику характеризується невизначеністю, яка свідчить, що фахівці, котрі визначають ризик, не

мають змоги точно його описати. Під час прогнозування швидше вказуються межі можливості виникнення останнього, визначені в процесі відповідного дослідження. Пов'язано це в першу чергу з тим, що навіть висококваліфіковані спеціалісти не можуть знати всіх тонкощів реалізації процесів, що відбуваються у системі Л-Т-С, особливостей функціонування обладнання виробництв, які існують на сьогодні.

Необхідно також зауважити, що прогностичні оцінки небезпеки територій, адміністративно територіальних одиниць чи об'єктів економіки для людини, на яких базується цивільна безпека (ЦБ) безпосередньо не стосуються визначення кількісних характеристик ризику. Оскільки апіорі вважається, що при наявності існування ризику надзвичайних ситуацій, вона може виникнути в будь-якому випадку. Однак розрахункові показники небезпеки необхідні як підґрунтя превентивних заходів попередження надзвичайних ситуацій. Результати дослідження підходів до оцінки небезпеки територій, адміністративно територіальних одиниць чи об'єктів економіки дають підстави стверджувати, що чим більше цілеспрямованих вихідних показників береться для цього, тим точніше оцінка. Так при наявності 10 показників розрахунки, що виконуються за діючими методиками, надають похибку в 6...8 %, при 5 показниках похибка складає 30...50 %, а при 3—75...80 %. Таким чином, для максимального зменшення похибки у визначенні небезпеки територій, адміністративно територіальних одиниць чи об'єктів економіки необхідно ідентифікувати як можна більше постійно діючих показників, котрі впливають на їхню безпеку.

Найбільш масштабними за наслідками є надзвичайні ситуації, які спричиняють радіоактивне та хімічне зараження навколишнього середовища. У зв'язку з цим безсумнівно необхідність постійного моніторингу радіаційного та хімічного забруднень (заражень) територій, адміністративно територіальних одиниць та потенційно небезпечних об'єктів. Більш того, саме моніторинг є обов'язковим елементом для визначення необхідних заходів керівниками цивільного захисту (ЦЗ), вживання найбільш доцільних дій персоналом підприємств та населенням, що опинилися на забрудненій (зараженій) місцевості. Особливе місце у нейтралізації таких надзвичайних ситуацій посідає фактор часу. Тому оперативне визначення даних для прийняття адекватних управлінських рішень є важливою складовою всього процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, особливо у воєнний час, коли обстановка може досить швидко змінюватися.



## РОЗДІЛ I

### **УМОВИ СТІЙКОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ, АДМІНІСТРАТИВНО- ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ОДИНИЦЬ ТА ОБ'ЄКТІВ ЕКОНОМІКИ У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

Найбільші стихійні лиха і промислові катастрофи ХХ століття заподіяли шкоду здоров'ю більш мільярду людей населення Землі. З них на виробництві загинуло п'ять мільйонів і травмовано майже двісті мільйонів. Руйнівні наслідки окремих техногенних аварій часом порівнянні з наслідками сильних землетрусів та застосуванням сучасних засобів ураження. Свідчення тому — трагедія на підприємстві концерну «Юніон карбайд» (м. Бхопал, Індія, 1984 р.), яка привела до отруєння двохсот тисяч людей, що в два рази перевищує кількість потерпілих від атомного бомбардування м. Нагасакі Японія (8 серпня 1945 р.). Глобальна ядерна катастрофа, котра відбулася 26.04.1986 р. в Україні, на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС), змусила вилучити зі всілякого вжитку 6,5 тисяч км<sup>2</sup> землі (території) і завдала значних збитків державі та населенню.

Визначальним фактором у підтриманні цивільної безпеки населення на необхідному рівні, що суттєво впливає на підвищення добробуту країни, це її економічний стан. Головною складовою економічного потенціалу держави є стійке функціонування її території, АТО та ОЕ в НС мирного та воєнного часу. Порушення цієї умови може привести до значних руйнувань, великих втрат населення, виробничого персоналу, скорочення випуску сільськогосподарської та промислової продукції, занепаду економіки в цілому. Звідси необхідність завчасного запровадження відповідних заходів з забезпечення і підвищення стійкості території держави, роботи ОЕ, захисту їх виробничого персоналу і населення АТО у НС.

Під стійкістю території держави, її регіонів та АТО розуміють їхню здатність в умовах НС підтримувати нормальні умови життєдіяльності населення. Стосовно стійкості роботи ОЕ, її можна визначити як здатність останніх у НС виробляти продукцію в запланованих обсязі та номенклатурі, а при одержанні слабких та

середніх руйнувань або порушенні зв'язків з кооперації та постачання відновлювати своє виробництво в максимально стислий термін. Якщо ж об'єкти безпосередньо не виробляють матеріальні цінності, то це їхня здатність виконувати притаманні функції в умовах НС. На сьогодні питання стійкості територій, АТО та ОЕ в НС набули особливо актуального значення, що пов'язано з низкою об'єктивних причин, серед яких можна визначити наступні:

- ослаблення механізмів державного регулювання і безпеки у природній та виробничій сферах, зниження протиаварійної стійкості ОЕ, що сталося в наслідок довготривалої структурної перебудови економіки України;

- високе прогресуюче зношення основних виробничих фондів, особливо на підприємствах хімічного комплексу, нафтогазової, металургійної та гірничодобувної промисловостей з одночасним зниженням темпів їх поновлення;

- підвищення технологічних потужностей виробництв, зростання обсягів транспортування, збереження і використання небезпечних речовин, матеріалів та виробів, а також накопичення відходів виробництва, що є загрозою населенню та довкіллю;

- відсутність в Україні відповідних законодавчої і нормативно-правової баз, які повинні забезпечити у нових економічних умовах стійке та безаварійне функціонування потенційно небезпечних виробництв, що стимулює заходи зі зниження ризику НС та пом'якшенню їх наслідків, а також підвищує відповідальність власників ПНО;

- відставання вітчизняної практики від закордонної у галузі використання наукових основ аналізу проблемного ризику в управлінні ЦБ та попередженням НС;

- підвищення вірогідності терористичних актів та виникнення воєнних конфліктів у світі.

Життя підвело нас до такої риси, коли взаємодія людини і довкілля, надійність функціонування АТО і ОЕ стають головними складовими людської діяльності, а відносно останніх необхідно визначатися на більшості об'єктів. Тривалий термін проблеми стійкості територій, АТО та роботи ОЕ складали предмет підвищеної уваги міністерств і відомств, органів самоврядування, цивільної оборони (ЦО) і керівництва об'єктів. В той час було накопичено значну кількість позитивного досвіду. Пізніше багато чого з нього знехтували, почали безпідставно заощаджувати кошти, а також відповідні засоби, хоча вимоги закону «Про Цивільну оборону України» ніхто не скасовував. Але життя змусило все ж таки не тільки думати і говорити про стійкість територій,



АТО, ОЕ, а й реально вирішувати цю проблему, вкладати гроші і матеріальні ресурси в систему необхідних для її підтримання заходів.

Забезпечення стійкості функціонування територій, АТО та роботи ОЕ у НС здійснюється через: розвиток господарчої діяльності в цілому та її окремих складових; підвищення ступеня розосередженості виробничих сил по районах країни; здатність інженерно-технічного комплексу, енергосистем та інших комунікацій протистояти в певній мірі впливу вражаючих чинників НС; підвищення надійності захисту виробничого населення АТО, персоналу ОЕ; системи постачання; стійкість та безперервність управління ЦЗ територій, АТО та ОЕ; підготовленість аварійно-рятувальних служб (АРС) до ведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт (АРіНР).

Стійкість функціонування територій, АТО та роботи ОЕ у НС залежить перш за все від:

- надійності управління в умовах НС;
- забезпеченості людей індивідуальними та колективними засобами захисту;
- міцності та опірності будівель і споруд АТО та ОЕ;
- стійкості устаткування, застосованих на ОЕ технологічних процесів до дії вражаючих чинників НС;
- безперервного енергопостачання і матеріально-технічного забезпечення;
- створення умов, що виключають або ослаблюють вплив вторинних чинників ураження;
- надійності виробничих зв'язків з кооперації та наявності запасних варіантів на випадок їхнього порушення;
- підготовки інженерно-технічних і матеріальних засобів до відновлення функціонування.

Логічно уявляти взаємостосунки людини з життєвим середовищем, як взаємодію елементів у системі «Л-Т-С», оскільки така система містить у собі і джерела небезпеки, і потенційні жертви. Її функціонування є забезпечення нормальних умов життєдіяльності населення, безаварійна експлуатація персоналом ОЕ відповідного устаткування. В такій системі існує наявність носіїв всіх типів помилок людини, відмовлень техніки і несприятливих впливів на них життєвого та виробничого середовища.

Забезпечення стійкості системи «Л-Т-С», повинно відбуватися через сукупність взаємозалежних нормативних актів, організаційно-технічних та інших заходів, відповідних їм сил і засобів, призначених для зниження збитку від техногенно-виробничих,

природно-екологічних і воєнних небезпек та наявність ресурсів, які необхідні для практичного здійснення заходів щодо підтримки стійкості функціонування об'єктів та життєзабезпечення людей у НС. Головними завданнями при цьому будуть:

- попередження загибелі та нещасливих випадків з людьми;
- виключення НС на територіях, АТО та ОЕ;
- мінімізація шкідливих викидів у навколишнє середовище;
- завчасна підготовка аварійно-рятувальних служб (АРС);
- ефективне використання всіх наявних сил і засобів для забезпечення стійкості територій, АТО та роботи ОЕ у НС.

У повсякденному житті в рамках системи повинний запроваджуватися постійний контроль за:

- недопущенням випадкових шкідливих викидів енергії та речовин у довкілля і зменшення безупинних викидів ПНО;
- відмовленням або максимально можливим скороченням енергоємності і токсичності застосованих на ОЕ технологічних процесів.

Причому дії першого напрямку ведуть до усунення або зменшення техногенного ризику. Їхня реалізація сприяє одночасному задоволенню трьох умов: запобіганню помилкових дій персоналу ОЕ; недопущенню відмовлень устаткування, яке там використовується; запобіганню несприятливих зовнішніх впливів на людей, техніку і навколишнє середовище.

Другий напрям зберігає техногенний ризик, але забезпечує зменшення забруднення довкілля шкідливими викидами. Необхідно не тільки прагнути виключати окремі передумови НС, але і вживати заходів на випадок їхньої появи. Для цього доцільно вибирати такі технології, котрі враховували б й ймовірність появи зазначених передумов і передбачали заходи для зниження збитку від можливих небезпечних подій.

В цілому ж за рахунок стійкого функціонування територій, АТО та роботи ОЕ досягається як зниження техногенного ризику шкідливих матеріальних і енергетичних викидів, так і ретельне використання природних ресурсів. От чому економія енергоносіїв, перехід до маловідходних технологій і замкнутих циклів, дбайливе відтворення навколишньої флори і фауни можуть ослабити навантаження на біосферу і знизити гостроту антропогенно-природних небезпек. Основним методом забезпечення стійкості є програмно-цільове планування та управління. Під управлінням розуміють втілення сукупності взаємозалежних заходів, що здійснюються з метою встановлення, забезпечення, контролю і підтримки оптимальних показників стійкості. При цьому ефективне управління стійкістю досягається:

а) стратегічним плануванням (обґрунтуванням вимог до її рівня і розробкою відповідних цільових програм);

б) своєчасним контролем за його виконанням і підтримкою заданих показників у допустимих межах.

Особливе місце при забезпеченні стійкості посідає моніторинг НС та превентивні заходи щодо запобігання їхнього виникнення. На превеликий жаль наслідки не всіх видів НС поки що можна адекватно прогнозувати, але навіть і те, що можливо, робиться не завжди якісно і коректно — керівникам бракує відповідних знань та вмінь.

### ***Питання до самоконтролю:***

- 1. Назвіть головну складову економічного потенціалу держави.*
- 2. Надайте характеристику стійкості території держави та адміністративно-територіальної одиниці.*
- 3. Надайте характеристику стійкості об'єкту економіки.*
- 4. У чому полягає забезпечення стійкості функціонування територій та роботи об'єкту економіки?*
- 5. Від чого залежить стійкість функціонування територій та об'єктів економіки у надзвичайних ситуаціях?*
- 6. З чого складається постійний контроль в системі «людина — техніка — середовище»?*
- 7. Яким чином відбувається забезпечення стійкості системи «людина — техніка — середовище»?*
- 8. Розкрийте основний метод забезпечення стійкості територій та об'єкту економіки.*



## РОЗДІЛ II

### УПРАВЛІННЯ ЦИВІЛЬНОЮ БЕЗПЕКОЮ, АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА РИЗИКУ

#### 2.1. Зміст концепції прийнятого ризику

Не тільки в Україні, а й в усьому світі зростає стурбованість у зв'язку з відчутним збільшенням кількості НС природного і техногенного характеру, котрі виникають щорічно, зростанням їхніх масштабів і величини негативного впливу на населення та навколишнє природне середовище. Це вимагає вжиття відповідних заходів щодо удосконалення управління безпекою. Одним з таких заходів є перехід до методів управління на підставі аналізу й оцінки ризику як кількісної характеристики небезпеки для людей і довкілля від того чи іншого об'єкта підвищеної небезпеки, до управління ризиками НС. При цьому ризик має оцінюватися не тільки за нормальних умов життя, безаварійної експлуатації технічних засобів і застосування сучасних технологій, але й у разі реалізації аварій, катастроф, стихійних лих (АКСЛ) із впливом на людей та життєве середовище.

Управління цивільною безпекою відбувається шляхом регулювання рівня ризику, з яким на відповідному етапі розвитку погоджується суспільство. Вимога абсолютної безпеки, хоча і приваблює своєю гуманністю, може обернутися на трагедію для людей через те, що на практиці досягти нульового рівня ризику неможливо, а загальні декларації про прагнення до неї приховують неврахований і неконтрольований при такому підході ступінь ризику. Науково-обґрунтована же система обліку і контролю за ним дозволяє своєчасно запровадити заходи для того, щоб останній не перевищував заздалегідь встановлених меж, тобто якогось допустимого (прийнятого) рівня ризику. Знехтуваний ризик людство поки що також забезпечити не в змозі, враховуючи відсутність технічних та економічних передумов для цього. Отже, сучасна концепція цивільної безпеки і базується саме на досягненні прийнятого (допустимого) ризику. Тому, створюючи будь-які нові об'єкти (прилади, системи), технології, варто при-

ймати до уваги не тільки очікувану користь, а й породжувану ними шкоду. Звідси умовами прийняття нових технологій, устаткування та інше повинні бути не тільки їхні технічна здійснюємість і економічна доцільність, але й безпека для системи «Л-Т-С», яка визначається відповідним ступенем ризику. Таким чином, останній постає у якості критерію безпеки техносфери. Прийнятний ризик поєднує в собі технічні, економічні, екологічні, соціальні та політичні аспекти і представляє деякий компроміс між рівнем безпеки та можливостями її досягнення. Передусім треба враховувати, що економічні можливості підвищення безпеки, наприклад, технічних систем, небезмежні. Витрачаючи надмірні кошти на підвищення безпеки останніх, можна нанести збитку соціальній сфері, наприклад, погіршити медичну допомогу. При збільшенні витрат рівень технічного ризику знижується, але зростає рівень соціального (рис. 2.1).

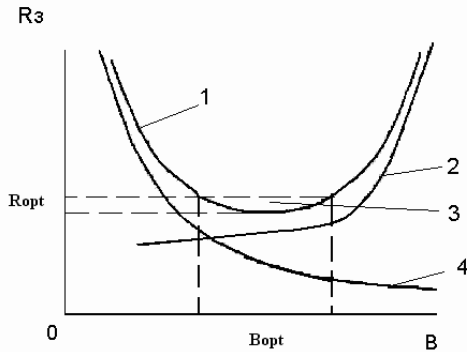


Рис. 2.1. Визначення прийнятного ризику

- 1 —  $R_c$  — величина сумарного ризику ( $R_c = R_T + R_{ce}$ ), %;
- 2 —  $R_{ce}$  — величина соціально-економічного ризику, %;
- 3 — прийнятний ризик; 4 —  $R_T$  — величина технічного ризику, %;
- $R_z$  — величина ризику загибелі людини за рік, %;  $B$  — витрати на безпеку, у. о.;  $R_{opt}$ ,  $B_{opt}$  — оптимальні величини прийнятного ризику та відповідно витрат на безпеку

Сумарний ризик має мінімум при певному співвідношенні між інвестиціями в технічну і соціальну сфери. Ці обставини і слід враховувати при виборі рівня ризику, який потрібно забезпечити у відповідному проекті, технології, об'єкті. Існують сталі уявлення про величини прийнятого (допустимого) та недопустимого ризику. Недопустимий ризик має вірогідність реалізації негативно-го впливу понад  $10^{-3}$ , допустимий — менш за  $10^{-6}$ . При

величинах ризику від  $10^{-3}$  до  $10^{-6}$  відокремлюють перехідну зону значень ризику. Для оцінки допустимих індивідуальних ризиків, пов'язаних з небезпечними видами діяльності людини, наприклад, у Великобританії використовуються так названі критерії ЕШБі.

Вони представляють собою імовірності одного фатального випадку (однієї смерті) за рік. Характеристики цих критеріїв наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**КРИТЕРІЇ ПРИЙНЯТНОСТІ РИЗИКУ (ЗА ЕШБІ)**

Ранг ризику	Ймовірність однієї смерті за рік	Ступінь прийнятності ризику
1	Не менш $1 \cdot 10^{-3}$	Ризик неприйнятний
2	$10^{-4}$	Ризик прийнятний лише в особливих обставинах
3	$10^{-5}$	Потрібне детальне обґрунтування прийнятності
4	$10^{-6}$	Ризик прийнятний без обмежень

З таблиці видно, що чотири ранги ризику перекривають більше трьох порядків імовірності однієї смерті за рік, причому необмежено прийнятний ризик має такий же порядок імовірності, як і ризик, котрий характеризує природні катастрофи ( $10^{-6}$ ). Допустимість ризику, пов'язаного з різними видами діяльності, визначається економічними, соціальними та психологічними факторами.

Коли йдеться про *економічні чинники* головним критерієм допустимості будь-якого виду діяльності для суспільства вважається його корисність. Однак, результат кожної справи поряд з корисним позитивним ефектом завжди супроводжується й негативними наслідками. Більшість рішень людини у відповідній сфері її праці заснована на співставленні користі й шкоди. Причому у переважній кількості випадків користь розуміють, як економічний показник, а шкоду, як прямі витрати, а також всі види опосередкованого економічного збитку.

*Соціальні чинники*: ступінь безпеки технології та рівень індивідуального ризику, кількість населення, що зазнає ураження та тривалий час знаходиться під впливом шкідливого фактору тощо.

*До психологічних чинників* належать добровільність або вимушеність ризику, новина технологій та виду діяльності, а також ступінь усвідомленості людини про безпеку. Вважається, що

хоча для добровільного ризику не може бути якоїсь фіксованої верхньої межі, ризик смерті при вимушених впливах небезпеки не повинен перевищувати звичайного його рівня від захворювань для всього населення, тобто не повинен перевищувати  $10^{-2}$  на людину на рік. По суті це є визнання особливо небезпечних професій, котрі пов'язані із ризиком понад  $10^{-2}$  на рік, соціально недопустимими для сучасної людини. Новітні технології, технічні засоби або вид діяльності людини, якщо у неї немає відповідної підготовки, а також, коли не розроблено нові норми та правила техніки безпеки, можуть призвести до небезпечних наслідків. Незнання небезпеки породжує повне нехтування нею. Неповні або помилкові знання часто призводять до перебільшення її рівня, і тільки точна інформація дозволяє людині прогнозувати небезпеку і порівнювати свої дії та вчинки з величиною загрози.

Крім ризику до критеріїв безпеки техносфери належать обмеження, що вводяться на концентрації речовин і потоки енергії у життєвому середовищі. Концентрації регламентують, виходячи з ГДК цих речовин у доквіллі:

$$C_i < \text{ГДК}_i \text{ або } \sum_i^n \frac{C_i}{\text{ГДК}_i} < 1,$$

де  $C_i$  — концентрація  $i$ -ї речовини у життєвому середовищі, мг/л;  
 ГДК — гранично допустима концентрація  $i$ -ї речовини у життєвому середовищі, мг/л;  $n$  — кількість речовин.

Для потоків енергії допустимі значення рівнів встановлюються наступними співвідношеннями:

$$I_i < \text{ГДР}_i \text{ або } \sum_i^n \frac{I_i}{\text{ГДР}_i} < 1,$$

де  $I_i$  — інтенсивність  $i$ -го рівня енергії;

ГДР — граничне допустимий рівень інтенсивності потоку енергії.

Конкретні значення ГДК та ГДР регламентують відповідні державні нормативні документи. Спираючись на значення ГДК та ГДР і за наявності інформації про фонові величини концентрацій речовин ( $C_{\phi}$ ) і рівні потоків енергії ( $I_{\phi}$ ) у конкретному миттєвому просторі визначають гранично допустимі викиди (скиди) домішок (енергії) для конкретних джерел забруднення життєвого середовища, які є критеріями екологічності відповідного джерела. Так, наприклад, при визначенні величини гранично допусти-

мого викиду небезпечних речовин в атмосферне повітря, джерело забруднення повинно забезпечувати наступні умови:

$$Z \leq \text{ГДК} - C_{\phi},$$

де  $Z$  — концентрація речовини у життєвому середовищі, яка може бути створена джерелом забруднення, мг/л.

За значенням концентрації « $Z$ » знаходять величину гранично допустимого викиду для відповідного об'єкту господарювання. Дотримання цих критеріїв гарантує безпеку людини у життєвому середовищі.

Концепція прийняттого ризику може бути ефективно застосована для будь-якої сфери діяльності, галузі виробництва, підприємств, організацій, установ. Відомості наскільки ризик є прийнятним чи неприйнятним будуть впливати на багато вхідних даних та міркувань, серед яких не останнє місце посідають вартісні характеристики ризику, оскільки головним завданням управління і є саме визначення вартості ризику.

## **2.2. Застосування ризик-орієнтованого підходу до попередження надзвичайних ситуацій**

### ***Критерії ймовірнісної оцінки ризиків***

Міжнародним суспільством під проводом Всесвітньої торгівельної організації (WTO) встановлено відповідні умови до застосування методів ймовірнісної оцінки ризиків для прийняття рішень про потенційну небезпеку для людини, об'єктів, технологій, процесів до виникнення надзвичайної (аварійної) ситуації. Вони базуються на конвенціях, стандартах і рекомендаціях, розроблених під керівництвом секретаріатів Міжнародної морської організації (ІМО), Міжнародної конвенції захисту рослин (ІРРС), Міжнародного бюро епізоотій (епідемій) (ОІЕ), Комісії «Кодекс Аліментаріус» (СООЕХ) тощо, при сприянні регіональних організацій, які діють під егідою зазначених структур. Відповідність вимогам WTO, ІМО, ІРРС, ОІЕ, СООЕХ при застосуванні методів ймовірнісної оцінки ризиків визначається за наступними критеріями.

По-перше, це наявність наукової обґрунтованості, тобто використання самих надійних і повних вихідних даних для проведення оцінок ризику та активне залучення науково-дослідницьких установ до цієї роботи; застосування комплексного підходу, який містить детальне вивчення предмета дослідження й оцінки, своєчасне виявлення невизначеності та пропусків у вихідних даних, здат-



ність до врахування нової інформації. По-друге, це логічність та доступність оцінки ризиків, які враховують її актуальність, раціональність, обґрунтованість та об'єктивність. По-третє, — її практична спрямованість, а саме — відповідність наявним ресурсам та сумісність з вимогами спеціалізованих установ, котрі є провідними у досліджуваній галузі. Наступний критерій — документальна обґрунтованість, за якою вся отримана при оцінці ризику інформація обробляється, оцінюється і подається в систематизованому та логічно структурованому вигляді з достатнім ступенем деталізації для того, щоб зацікавлені сторони мали можливість зрозуміти і підсумковий документ, і сам процес його створення (принцип прозорості). При чому обов'язково необхідно дотримуватися експліцитного (чітко і ясно відображеного) характеру прийнятих допущень і передумов та відкритості для необхідних змін. Фахівцям з оцінки ризиків слід усвідомлювати свою відповідальність за документальне оформлення, просування та результати проведеної експертизи і надавати зацікавленим сторонам можливість зробити до неї свій внесок у вигляді додаткової науково-практичної інформації і зауважень. Не менш важливим критерієм є гнучкість результатів оцінки ризику. Наприклад, відомості про поширення захворювань повинні бути гнучкими з точки зору їхньої корисності для широкого діапазону різноманітних ситуацій, а сам процес оцінки ризику, при його відповідності встановленим вимогам, — динамічним і здатним до оперативного сприйняття та урахування нових вихідних даних, технологій і методів оцінки. Слід також враховувати як критерій — повчальність, котра пропонує, наприклад, для оцінки ризику поширення захворювань, забезпечення широкого охоплення різних ситуацій з метою розповсюдження отриманих результатів на інші, аналогічні події.

**Процедура визначення рівня небезпеки (об'єктів та процесів).** Концепція прийнятого ризику містить дві складові, а саме оцінку ризику та керування ризиком.

*Оцінка ризику* — це аналіз походження (виникнення) і масштабів ризику в конкретній ситуації. Головне призначення її — це визначення пріоритетів серед спектра негативних впливів і в пов'язаному з цим порівнянням застосованих заходів (зіставлення позитивних та негативних чинників, вигод та шкоди). Оцінка ризику запроваджується, щоб визначити, причини існуючих проблем.

Процес розробки рішення про те, як усунути причини відповідних небезпек є *керування ризиком*. Зіставлення ризиків і встановлення «ризикових» пріоритетів означає їхнє ранжування для визначення прийнятності ризику. Він зіставляється з низкою

«ризикових» соціально-економічних та екологічних чинників: вигоди від використання конкретного устаткування, препарату, системи, технології в господарській діяльності; витрати, обумовлені використанням цього устаткування, системи, технології, препарату (повною або частковою заборонаю, заміною його іншими, тощо); наявності та можливості регулюючих заходів з метою зменшити потенційний негативний вплив на навколишнє середовище і здоров'я людини. У зіставленні «не ризикових» чинників із «ризиковими» виявляється сутність процесу керування ризиком. Можливі три варіанти прийнятих рішень: ризик приймається цілком, частково, або не приймається. Наступний етап — прийняття регулюючого рішення — визначення нормативних актів (законів, постанов, інструкцій) та їхніх положень відповідно реалізації того «типового» заходу, що було встановлено на попередній стадії. Даний елемент, одночасно об'єднує всі стадії керування ризиком, а також стадії оцінки ризику до єдиного процесу ухвалення рішення, до єдиної концепції ризику. Заключним етапом керування ризиком є контроль і коригування результатів реалізації обраної стратегії з урахуванням отриманої інформації. Контроль полягає в одержанні інформації від менеджерів про збитки, що відбулися, та вжиті заходи щодо їх мінімізації. Він може відбиватися у виявленні нових обставин, які змінюють рівень ризику, спостереженні за ефективністю роботи систем забезпечення безпеки тощо. Визначення пропорцій контролю полягає у виборі «типових» заходів, які сприяють зменшенню або усуненню відповідного рівня ризику. Такі заходи містять використання попереджувального маркування, обмеження кола користувачів та сфери використання, наприклад, територією (полігону, стенду та ін.), повну заборону використання в технологічних процесах за участю людини самого виробу або технології. Рішення двох основних проблем керування ризиками, тобто визначення і розмежування ризиків, з одного боку, і їхній розподіл — з іншого, у принципі залежить від культурних і етичних передумов, що склалися на підприємствах або в рамках більш великої системи. У першому випадку мова йде про те, щоб уникнути можливих позасистемних наслідків, а отже, і відповідальності по ризиках, у другому — виникає питання про справедливий розподіл ризиків. За можливістю повне охоплення ризиків та їхнє віднесення на рахунок окремих осіб або організацій необхідні як за економічними, так і етичними розуміннями. Однак будь-яка форма розподілу ризиків із залученням постраждалих індивідів, держави або підприємств не позбавлена специфічних помилок і

тому є, в принципі, незадовільною. Удосконалення процедури керування ризиком можливе за умови підсилення значення підприємства як вихідної інстанції, що створює систему оцінок і розподілу ризиків і використовує її у своїй діяльності. Саме воно має інформацію щодо якості такої системи і економічну вигоду від її експлуатації. Отже, в інформаційному суспільстві проблема розподілу ризиків повинна стати об'єктом широкої дискусії, її неможливо раціонально вирішити без наявності прямої, превентивної відповідальності підприємства, для чого необхідна наявність правових рамкових умов. Така правова конструкція, повинна: орієнтуватися на підприємство (тобто в центрі стоїть відповідальність підприємства); брати до уваги соціальну й етичну відповідальність підприємства, стимулюючи його поведінку так, щоб воно прагнуло до підвищення рівня загального добробуту; складати частину діючої економічної системи, щоб мати можливість використовувати економічно прийнятні санкції й інститути. Це дозволить підприємствам у сформованих рамкових умовах конкуренції залишатися на рівні пропонованих етичних вимог без втрати конкурентоспроможності.

Процедура керування ризиком складається з відповідних елементів або етапів. Основні з них подано на рис. 2.2.

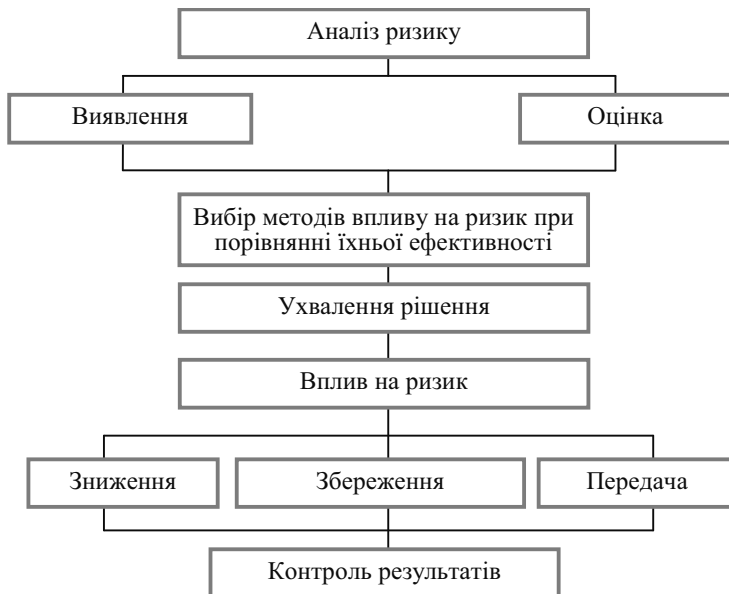


Рис. 2.2. Загальна схема процесу керування ризиком

Керування ризиком містить аналіз ризикової ситуації та розробку рішення (у вигляді правового акту), котрі спрямовані на зменшення (мінімізацію) його рівня. Аналіз ризику здійснюється за схемою: ідентифікація небезпеки, моніторинг навколишнього середовища — аналіз (оцінка і прогнозування) загрози — аналіз ураженості територій — аналіз ризику НС — аналіз індивідуального ризику для населення.

В подальшому порівняння його з прийнятним ризиком і прийняття рішення про доцільність проведення заходів щодо захисту — обґрунтування і реалізація раціональних заходів захисту, підготовка сил і засобів до проведення аварійно-рятувальних робіт (АРР), створення необхідних резервів для зменшення масштабів НС.

На даний час використовуються наступні концепції аналізу ризику:

— технічна (технократична) концепція ґрунтується на аналізі окремих випадків виникнення надзвичайних ситуацій, як спосіб визначення їх вірогідності. У разі її використання наявні статистичні дані усереднюються за масштабом, групами населення і часом;

— економічна концепція; у її рамках аналіз ризику розглядається як частина більш загального витратно-прибуткового дослідження, де ризики є очікувані втрати корисності внаслідок деяких подій або дій. Кінцева мета полягає в розподілі ресурсів таким чином, щоб максималізувати їх користь для суспільства;

— психологічна концепція концентрується навколо досліджень між індивідуальними перевагами відносно вірогідностей з метою пояснення, чому індивідууми не відпрацьовують власну думку про ризик на підставі середніх значень; чому люди реагують згідно з власним сприйняттям ризику, а не відповідно об'єктивного рівня ризику або наукової його оцінки;

— соціальна (культурологічна) концепція ґрунтується на соціальної інтерпретації небажаних наслідків з урахуванням групових цінностей та інтересів. Соціологічний аналіз ризику пов'язує судження в суспільстві відносно ризику з особистими або громадськими інтересами і цінностями. Культурологічний підхід передбачає, що існуючі культурні прототипи визначають образ думок окремих осіб і громадських організацій, примушуючи їх приймати одні цінності і відвертати інші.

В рамках технократичної концепції після ідентифікації небезпек (виявлення принципово можливих ризиків) оцінюється їх рівень і наслідки, до яких вони можуть призвести. Для цього використовують методи оцінки ризику, які у загальному випадку поділяються на феноменологічні, детерміністські і ймовірнісні.

**Феноменологічний метод** базується на визначенні можливості аварійних процесів, виходячи з результатів аналізу необхідних і достатніх умов, пов'язаних з реалізацією тих чи інших законів природи.

**Детерміністський метод** передбачає аналіз послідовності етапів розвитку аварій, починаючи від вихідної події через послідовність передбачуваних стадій відмов, деформацій і руйнування компонентів до кінцевого стану системи.

**Ймовірнісний метод** аналізу ризику передбачає як оцінку вірогідності виникнення аварії, так і розрахунок відносної вірогідності того чи іншого напрямку розвитку процесів. В даний час цей метод вважається одним з найбільш перспективних і прийнятних для застосування. Для аналізу ймовірності виникнення ризикових ситуацій часто використовується метод побудови «дерева відмов». Він є логічним інструментом локалізації найбільш небезпечних ланок будь-якої системи. Суть методу полягає у пошуку оптимального рішення, що знижує ймовірність можливості виникнення небезпечної події. Його може бути використано також для отримання, наприклад, інформації про те, як найбільш ефективно слід розподілити кошти, щоб отримати максимальний економічний ефект. Дослідження ризику для населення і територій від НС на підставі ймовірнісного методу дозволяє побудувати різні методики оцінки ризику. Залежно від наявної вихідної інформації можуть застосовуватися методики наступних видів:

— статистична, коли вірогідність визначається за певними статистичними даними;

— теоретико-ймовірнісна — використовується для оцінки ризиків від окремих подій, коли статистика практично відсутня;

— евристична, коли використовуються суб'єктивні вірогідності, одержані за допомогою експертного оцінювання.

Методи прогнозування масштабів НС найбільш розвинені стосовно до НС природного та техногенного характеру. Для своєчасного прогнозування і виявлення небезпечного природного явища чи техногенної аварії на стадії їхнього зародження необхідна налагоджена загальнодержавна система моніторингу за передвісниками стихійного лиха чи аварії. Методи прогнозування масштабів НС за часом проведення поділяються на дві групи:

— методи, які ґрунтуються на апріорних (передбачуваних) оцінках, що отримані за допомогою теоретичних моделей і аналогій;

— методи на основі апостеріорних оцінок (оцінка масштабів НС, яка вже виникла).

Слід відмітити, що враховуючи вплив на індивідуальний ризик різноманітних чинників: видів негативних подій, частоти виникнення, сили, взаємного розташування джерел безпеки і об'єктів впливу, захищеність і вразливість цих об'єктів відносно вражаючих чинників джерел безпеки, а також витрати на реалізацію заходів щодо зменшення впливу окремих чинників, обґрунтовуються раціональні заходи, які дозволяють знизити природні та техногенні ризики до мінімально можливого рівня. Окремі небезпечні явища, потенційно небезпечні об'єкти порівнюються між собою за величиною індивідуального ризику, виявляються критичні ризики. Раціональний обсяг заходів захисту здійснюється в межах ресурсних обмежень, які випливають з соціально-економічного становища країни.

Керування ризиком вимагає, що до розробки управлінського рішення повинна бути здійснена оцінка рівня ризику. Процедуру оцінки техногенного ризику для регіону можна подати наступними етапами:

1. Створення бази даних про регіон, котрий вивчається, до якої входить інформація про його географію, метеорологію, топологію, інфраструктуру, розподіл населення і демографію, розташування промислових та інших потенційно небезпечних об'єктів, основні транспортні потоки, сховища, промислові та побутові відходи тощо.

2. Ідентифікація та інвентаризація небезпечних видів господарчої діяльності, виділення пріоритетних об'єктів для подальшого аналізу. На цьому етапі виявляються і ранжуються за ступенем безпеки види господарчої діяльності в регіоні.

3. Кількісна оцінка ризику для навколишнього середовища і здоров'я населення, яка включає в себе: кількісний аналіз впливу небезпек у продовж всього терміну експлуатації підприємства з урахуванням ризику виникнення аварійних викидів небезпечних речовин; аналіз впливу небезпечних відходів; аналіз ризику під час транспортування небезпечних речовин.

4. Аналіз інфраструктури і організації систем забезпечення безпеки, який містить: аналіз і планування дій у разі виникнення НС з урахуванням взаємодії різних служб з органами державного управління і контролю, а також з представниками громадськості і населенням; аналіз систем і служб ЦЗ; у тому числі і пожежної безпеки з урахуванням пожежної безпеки підприємств, об'єктів підвищеної безпеки, систем транспортування енергії та енергоносіїв; аналіз структури контролю якості довкілля регіону; експертизу і аналіз законодавчих і нормативних документів.

5. Розробка і обґрунтування стратегій та оперативних планів дій, спрямованих ефективно реалізувати рішення у сфері безпеки і гарантування досягнення визначеної мети.

6. Формування інтегральних стратегій управління і розробка оперативних дій, які включають оптимізацію витрат на забезпечення промислової безпеки; певну черговість здійснення організаційних заходів щодо підвищення стійкості функціонування і зниження екологічного ризику під час нормальної експлуатації об'єктів регіону, а також у НС. Система управління повинна мати технічні, оперативні, організаційні і топографічні елементи.

На основі прогнозу масштабів можливої НС або, що виникла, вживаються заходи щодо захисту населення і територій в рамках єдиної системи ЦЗ за двома основними напрямками:

— превентивні заходи щодо зниження ризиків і зменшення масштабів НС, які здійснюються завчасно;

— заходи щодо локалізації (ліквідації) НС, які вже виникли (екстрене реагування, тобто запровадження АРiНР, відновних робіт, реабілітаційних заходів і відшкодування збитків). Приклад розгортання пересувного пункту управління при виникненні НС наведений на рис. 2.3.



Рис. 2.3. Схема обладнання пересувного пункту управління

Основна мета керування ризиком полягає у визначенні шляхів (заходів) його зменшення при заданих обмеженнях на ресурси і час. Таким чином, оцінка і керування ризиком — два аспекти, дві фази єдиного ухвалення рішення, заснованого на характеристичі ризику, яка є кінцевою ланкою його оцінки і початковою ланкою керування.

Наукова достовірність оцінки ризику на кожний конкретний момент відносна, і всі процедури її потребують систематичного коригування з урахуванням досягнень фундаментальних наук. До того ж вона представляє собою процес оцінки цифрових значень можливостей та наслідків відповідних подій і не містить ніякого соціального чи економічного елемента. Проте при використанні оцінок ризику необхідно враховувати також, яким чином населення реагує на реальні або уявні види ризику. Можна не сподіватися, що уряд і регулюючі органи країни будуть вживати потрібних для управління безпекою життєдіяльності заходів не тільки на підставі кількісної оцінки ризику — їм прийдеться також враховувати реакцію населення і його розуміння ризику. Сьогодні оцінка ризику є єдиним аналітичним інструментом, котрий дозволяє, наприклад, визначити чинники ризику для здоров'я людини (стану екосистеми), їхнє співвідношення і на цьому підґрунті окреслити пріоритети діяльності щодо зменшення рівня ризику (тобто пріоритети керування ризиком). Якщо проаналізувати цей вид ризику, з точки зору його зв'язку із забрудненням довкілля, можна побачити, що він виникає за умов існування джерела ризику, наявності його у визначеній, шкідливій для здоров'я людини (або екосистеми) дозі та завдання ним впливу відповідної дози токсичної речовини. Така структуризація самого ризику дозволяє виділити основні елементи процедури оцінки рівня ризику (етапу або фази), які складаються з виявлення потенційної небезпеки, кількісної оцінки реакції людини (екосистеми), оцінки реальної величини впливу на людину (екосистему), що містить визначення масштабу (рівня) впливу, його частоти і тривалості. Заключна фаза процедури оцінки ризику є результатом попередніх етапів і містить характеристику ризику, котра складається як з кількісних, так і якісних його оцінок.

### **2.3. Кількісна оцінка ризику**

Будь-яка оцінка ризику починається з розгляду інформації про попередні події та їхні наслідки і представляє собою, таким чином, процес передбачення, заснований на попередньому досвіді.



Оцінка є кількісним описом виявлених ризиків, у ході якого визначаються такі їхні характеристики, як ймовірність прояву та розмір можливих наслідків (збитку). Саме на етапі оцінки формуються сценарії розвитку несприятливих ситуацій і для різних величин ризиків можуть бути побудовані функції розподілу ймовірності прояви (настання збитку) в залежності від їхніх розмірів. Необхідно відзначити, що оцінку ризику тих чи інших подій можна зробити тільки при наявності достатньої кількості статистичних даних. У протилежному випадку дані, котрі аналізуються, будуть не коректні, оскільки для «рідкісних явищ» імовірнісний підхід не може бути застосованим. Так, до чорнобильської аварії ризик загибелі в результаті аварії на атомній електростанції вважався біля  $2 \times 10^{-10}$  на рік, що не відповідало дійсності.

Виявлення та кількісна оцінка ризику можуть виконуватися за схемою, що подано на рис. 2.4. Аналіз небезпек починають з дослідження, яке дозволяє в основному ідентифікувати джерела небезпек. Потім, за необхідністю, дослідження можуть бути поглиблені, для чого виконується детальний аналіз.

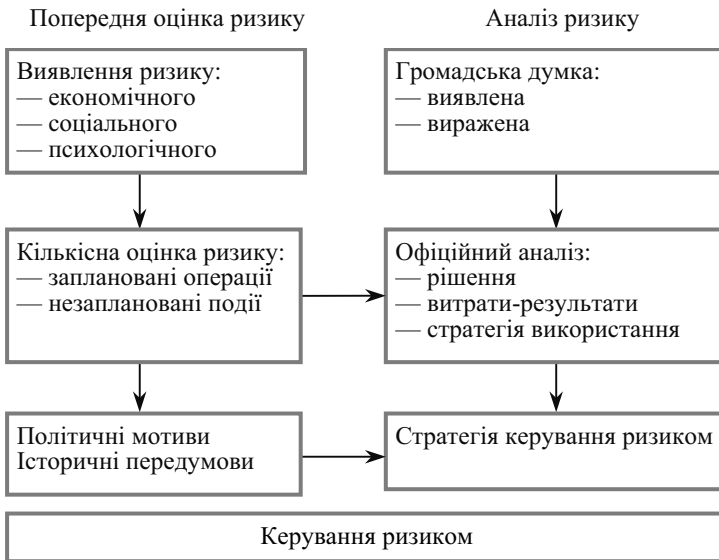


Рис. 2.4. Виявлення та кількісна оцінка ризику

Існує багато причин, які визначають відбудеться чи ні небезпечна подія. Їх можна розподілити на дві категорії: задалегідь відомі, тобто ті, на які орієнтовано системи захисту, та невідомі,

котрих не було враховано під час побудови існуючої системи безпеки. Саме остання категорія причин є найбільш небезпечною. Взагалі відомості фахівцям, котрі відповідають за безпеку конкретної ланки, надає система, контролююча ті чи інші процеси та вища. У подальшому ці відомості аналізуються. Для оцінки ризику і прийняття відповідного рішення, необхідно зібрати вихідну інформацію про об'єкт — носій ризику. Ця первинна стадія має назву «виявлення ризику» і містить два основних етапи: збір інформації про структуру об'єкта і виявлення небезпек чи інцидентів. Наявність достатньо повної і належним чином структурованої інформації про ризики є підґрунтям для розроблення ефективних заходів щодо керування ними. При оцінці промислових ризиків відповідні відомості повинні міститися у декларації промислової безпеки об'єкту.

Кількісні критерії ризику для життя людини (фатальності) знаходяться в широкому діапазоні числових значень, деякі важливі моменти можуть бути виділені, як зазначено нижче:

- Рівні ризику в щоденному житті є основним еталоном, на який широко посилаються фахівці з регулювання при введенні стандартів ризику;

- Події, внаслідок яких один нещасний випадок зі смертельним виходом відбувається з частотою  $10^{-6}$  (1 на млн. чол.), звичайно в суспільстві не помічається, а події з частотою летального виходу  $10^{-3}$  розцінюються як нещасні випадки.

- Ефективний декларований рівень індивідуального ризику, при якому приймається регулятивна дія по зменшенню суспільного ризику, може бути ідентифікований в діапазоні  $10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-5}$  за рік;

- Ефективний мінімальний рівень індивідуального ризику, при якому ніколи не приймається регулятивна дія по зменшенню суспільного ризику, може бути ідентифікований величиною  $10^{-7}$  (1 на 10 млн. чол. за рік);

- На ефективний декларований рівень може впливати кількість населення, що знаходиться під експозицією даної небезпеки, і ряд інших чинників, тому в деяких обставинах регулятивна дія може застосовуватися тоді, коли ризик нижчий, ніж  $10^{-4} \dots 5 \cdot 10^{-5}$  за рік;

- Прийнятний рівень ризику для працюючих звичайно трохи вищий, ніж, ризик для громадськості, він іноді може бути величиною до  $10^{-3}$  за рік;

- Стандарти (нормативи) для нової розробки і експлуатаційної практики звичайно встановлюються трохи вищими, ніж для існуючої.

нуючих ситуацій та втручань, беручи до уваги відносну здійсненність зниження ризику в цих різних обставинах.

Ризик завжди асоціювався з імовірністю нещасливих подій (НП) та їхніми наслідками. Його розрахункова залежність відбивається, як правило, в мультиплікативній формі, котра дозволяє оцінити величину очікуваного наслідку:

$$R = \{< s_i, p_i, x_i >\}, i = 1, 2, \dots, N \quad (2.1)$$

де  $R$  — ризик, що оцінюється;  $s_i$  — сценарій НП;  $p_i$  — ймовірність того, що НП станеться;  $x_i$  — можливі наслідки НП, якщо вона станеться за  $i$ -им сценарієм.

Для індивідуального ризику  $R_i$  умову (2.1) може бути подано як:

$$R_i = P_f P_{df} \quad (2.2)$$

де  $P_f$  — ймовірність нещасної події,  $P_{df}$  — ймовірність наслідку (наприклад, смертельного виходу) для індивідуума від даної НП, передбачаючи відсутність захисту індивідуума від небезпеки.

Таким чином  $R_i$  — це властивість зони, що досліджується, в межах якої існує ймовірність НП (ця ймовірність створюється потенційно небезпечними об'єктами, природним явищем тощо), тому індивідуальний ризик є зручною характеристикою для просторового планування. Для індивідуального ризику  $R_i$  верхня межа може бути визначена ґрунтуючись на статистичних обчисленнях. Різні види ризику обчислюються різними способами. Звичайний приклад — розбіжність між добровільним та недобровільним ризиками. Максимальний індивідуальний ризик загинути від небезпеки зазвичай коливається між  $10^{-2}$  за рік для добровільної ризикованої діяльності (як наприклад, стрибки з парашутом) до  $10^{-5}$  за рік для недобровільного ризику (як наприклад, аварії на атомних реакторах).

Якщо ризик є добровільним, для його визначення зручно використовувати чинник  $\beta$ :

$$R_i = \beta \cdot 10^{-4},$$

який враховує політику, котра супроводжує прийняття ризику;  $\beta = 10$  — для повної свободи вибору (тоді,  $R_i = 10^{-3}$  що відповідає максимальному ліміту прийняттого ризику),  $\beta = 0,01$  приймається для випадків ризику за відсутності прямої вигоди. Врахо-

вуючи визначення індивідуального ризику (2.2) для чинника поточної політики( $P_f$ ) можна записати:

$$P_f = \frac{\beta \cdot 10^{-4}}{P_{d/f}}.$$

Чинник поточної політики відбиває ставлення суспільства до діяльності, що аналізується, до вигод і збитків від її здійснення.

Найчастіше, об'єктом оцінювання імовірності виникнення небезпеки є система «Л-Т-С», де людина виступає головним елементом прогнозування і як суб'єкт, і як об'єкт ризику. Виходячи з цього, «базовими» групами чинників ризику є наступні:

- знання людини (загальні і професійні)  $Z = \{z_1, z_2, \dots, z_k\}$ ;
- психофізіологічні можливості людини (параметри його фізіологічних і психологічних функцій)  $P = \{p_1, p_2, \dots, p_l\}$ ;
- техногенне (виробниче і/або побутове) оточення  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ ;
- природні чинники навколишнього середовища (що слабо контролюються або що не контролюються)  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_m\}$ , суперпозиція яких зумовлює виникнення прихованих «недоліків» Л-Т-С.

Складність проблеми управління ризиком в такій системі полягає в тому, що кожна вихідна координата стану системи  $y_i$ , яка впливає на ризик функціонування всієї Л-Т-С, є функцією всіх впливів  $y_i = \Phi_i(P, V, E, Z)$ . До того ж  $P = P(t)$ ,  $E = E(t)$  і, як наслідок,  $y_i = \Phi_i(P(t), V, E(t), Z)$ . Характер дії цих чинників, а також їх взаємодія в загальному випадку не може бути ідентифікована, як не може бути визначений і остаточний вигляд функціонального зв'язку.

Дія цих чинників зумовлює джерела «невпевненості», які ведуть до вияву ризику. Для вияву ризику на загальному рівні досить появи ризику в одному з «джерел»:

- здоров'я людини ( $r_1$ ) або
- соціум ( $r_2$ ) або
- техногенне середовище ( $r_3$ ) або
- природне середовище ( $r_4$ ).

Таким чином, загальний ризик  $R = \sum r_i$ , де  $r$  — ймовірність виникнення відхилення подій від очікуваних умов. Якщо прийняти до уваги, що кожне з «джерел» ризику може, в свою чергу, мати досить складний характер, вхідні параметри, то типова модель набуває характеру суми ймовірностей відхилень у функціонуванні всієї системи Л-Т-С.

Наприклад, ризик нанесення збитку здоров'ю людини  $r_1$  має складові:

- фізіологічний ( $q_{1.1}$ ) або
- психологічний ( $q_{1.2}$ ) або
- соціально-економічний ( $q_{1.3}$ ), і

Таким чином,  $r_i = \sum q_{ij}$ , і тоді  $R = \sum \sum q_{ij}$ .

Відповідно, типова модель ризиків може бути подана як адитивна функція ймовірностей відхилення (функціонування) системи від очікуваних (бажаних) умов.

Як правило, аварії відбуваються за збігом випадкових або випадкових і невизначених подій, тому небезпеку виникнення аварії зазвичай оцінюють ймовірнісними показниками. Випадкові події і величини мають статистичну стійкість, однорідність, відповідні закони розподілу, тобто можуть повторюватися при однакових умовах багаторазово.

Для оцінки ризику застосовують відповідні моделі теорії надійності. Серед них моделі високонадійних систем, для яких аварійні ситуації — рідкі події, а також моделі старіючих систем, якість яких у процесі експлуатації погіршується внаслідок різних видів втоми, зношування тощо.

Прогнозування аварійних ситуацій можливе за умови використання елементарної статистики й дискретного розподілу Пуассона, часто застосовуваного до рідких подій і природних явищ, що підпорядковується наступній залежності:

$$P(t) = \exp\left[-\int_0^t \lambda(t) dt\right],$$

де величина  $\lambda(t) = -\frac{1}{P(t)} \cdot \frac{d}{dt} P(t)$  має назву інтенсивності відмов і дорівнює ймовірності, що за безвідмовної роботи протягом терміну  $t$  аварія відбудеться у подальшому короткотривалому інтервалі часу.

Практика показує, що після короткотривалого початкового періоду експлуатації функція  $\lambda(t)$  досить довго залишається стабільною, тобто  $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ . Параметр потоку аварій  $\lambda$  іноді називають «технічним ризиком» або ймовірністю аварії за одиницю часу. У багатьох випадках його використовують як самостійний оціночний показник небезпеки виникнення аварії і обчислюють за співвідношенням:

$$\lambda = \frac{n}{N \cdot \Delta\tau}, \quad (2.3)$$

Загрозу життю людини при аварії (небезпека летального кінця) оцінюють «індивідуальним ризиком»:

$$\lambda_{\text{інд}} = \frac{n}{N \cdot \Delta\tau} \cdot \frac{m_{\text{заг}}}{m_{\text{роб}}},$$

де  $n$  — кількість об'єктів, на яких сталася аварія за період  $\Delta\tau$ ;  $N$  — кількість експлуатованих об'єктів за той же період;  $m_{\text{заг}}$  — середня кількість загиблих на одному об'єкті при аварії;  $m_{\text{роб}}$  — середня кількість працюючих на одному об'єкті.

Вплив інтенсивного старіння, втоми та інших чинників мусить виключатися регламентуванням допустимого терміну експлуатації досліджуваного об'єкту. У період безвідмовного функціонування закон надійності підпадає експонентному розподілу:

$$P(t) = \exp(-\lambda t), \quad (2.4)$$

При вигляді функції надійності як  $P(t) = \exp(-\lambda t)$ , частота відмов у системі однотипних об'єктів (потік випадкових подій) відповідає дискретному розподілу Пуассона:

$$P(m, \lambda\tau) = \frac{(\lambda\tau)^m}{m!} \cdot \exp(-\lambda\tau), \quad m = 0, 1, 2, \dots, \lambda\tau > 0.$$

Аварії впродовж часового інтервалу  $\tau$  ( $t, t + \tau$ ) можливі  $m$  разів з імовірністю  $P(m, \lambda\tau)$ , а відсутність аварійних ситуацій (відсутність відмов) — з імовірністю:

$$P(0, \lambda\tau) = \exp(-\lambda\tau).$$

Ймовірність того, що аварії відбудуться  $n$  разів, якщо  $n < m$  (тобто менше ніж  $m$  разів), визначається функцією розподілу:

$$P_0(n < m) = \sum_{i=0}^{m-1} P(i, \lambda\tau) = 1 - \varphi(m, \lambda\tau),$$

$$\varphi(m, \lambda\tau) = P_0(n \geq m) = \sum_{i=m}^{\infty} P(i, \lambda\tau).$$

Ймовірність виникнення хоча б однієї аварії представляє оцінку ризику аварії на об'єкті за період  $\tau$ :

$$Q = 1 - P(0, \lambda\tau) = 1 - \exp(-\lambda\tau).$$

Оцінка ймовірності хоча б однієї аварії серед  $N$  об'єктів за час  $\tau$  здійснюється за залежністю:

$$Q = 1 - \exp(-N\lambda\tau), \quad (2.5)$$

Для прикладу наведено розрахунок аварійності атомних енергоблоків за багаторічною статистикою аварій. За станом на 1986 рік (рік аварії на Чорнобильській АЕС) у світі сталося 4 аварії (від 5-го до 7-го рівня тяжкості за шкалою МАГАТЕ): дві в Росії та по одній у США і Англії. Якщо прийняти, що на той час у світі функціонувало 370 ядерних енергоблоків із середньою тривалістю експлуатації (умовно) 11 років, то параметр потоку аварій складе з урахуванням 2.3:

$$\lambda = \frac{n}{N \cdot \Delta t} = \frac{4}{370 \cdot 11} = 0,98 \cdot 10^{-3} \cong 10^{-3} \text{ аварій/реакторо-років,}$$

тобто частота (повторюваність) аварії енергоблоку становить 1 раз на 1000 років.

Однак у країні в той час функціонувало 40 ядерних енергоблоків, тому ймовірність хоча б однієї аварії на цих блоках за термін 1 рік відповідно до 2.5 становить:

$$Q(n \geq 1) = 1 - \exp(-N \lambda t) = 1 - \exp(-40 \cdot 0,001 \cdot 1) = 0,04,$$

тобто 1 аварія на 25 років. Цю величину, незважаючи на її неприпустимо високе значення, можна вважати заниженою, тому що не всі енергоблоки у використаній статистиці були аналогічні Чорнобильським (найнебезпечнішим за конструкцією).

При значеннях  $\lambda t \geq 10$  розподіл Пуассона наближається до нормального закону, тому якщо переважають відмови, спричинені зношуванням, слід користуватися функцією помилок Гаусса. Це стосується тих випадків, коли поява того чи іншого значення випадкової величини залежить від великої кількості випадкових подій, кожна з яких на цю величину робить малий вплив, причому жодний з них не превалює, тобто ймовірність підпадає закону нормального розподілу.

Закон Пуассона широко використовують на практиці, застосовують у різних областях техніки і природних процесів, а також до подій (аварій), розкиданих на площях. У цьому випадку параметр  $\lambda$  має сенс середньої щільності, віднесеної не до тимчасового інтервалу, а до деякої площі.

### ***Кількісна оцінка соціального ризику***

Під соціальним ризиком сьогодні слід розуміти ймовірні події, які породжуються об'єктивними соціально-значимими причинами і призводять до втрати життя, здоров'я, необхідності в медичній допомозі та інших соціальних послугах.

Останнім часом поняття ризику, як кількісної оцінки небезпек, із сфери повсякденного життя та математичного аналізу теорії

ймовірності затвердилося і в науково-практичній діяльності. У більшості випадків впливу небезпек підпадає декілька осіб, а сума індивідуальних ризиків кожного утворює їхній соціальний ризик. Останній від специфічного виду небезпеки, як наприклад епідемічне захворювання тощо, дорівнює сумі очікуваних наслідків від усіх можливих сценаріїв реалізації даної небезпеки за рік. Крім того, він характеризує також наслідки можливих аварій на транспорті, промислових, енергетичних та інших об'єктах господарювання. Для його визначення застосовуються наступні системи оцінки: гігієнічного регламентування (система гранично допустимих концентрацій); метод оцінки ризику, розроблений Агентством по охороні навколишнього середовища США; методи оцінки ризику, засновані на вітчизняних принципах гігієнічного регламентування шкідливих факторів навколишнього середовища тощо. Звичайно соціальний ризик визначається кількістю втрат (наприклад, загиблих), що, обраховується статистично як функція наслідків. В дійсності, поодинокі події з тяжкими наслідками гостріше сприймаються загалом, ніж часті події з невеликими фатальними наслідками. Сприйняття людьми поодиноких подій з тяжкими наслідками є оберненою функцією до очікуваних втрат. Використання певного виду функції маси є частиною аналізу при прийнятті рішення. При розрахунках для оцінки ймовірності виникнення аварій, аналізу умов їхнього розвитку та можливих наслідків спочатку визначається величина територіального ризику. Після чого визначається соціальний ризик загибелі більше 10-ти людей. Він складається з: ймовірностей присутності людей у радіусі дії факторів аварії та ураження ними людей.

Соціальний ризик, обумовлений дією на людей шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі, воді або їжі, визначають іншим способом через поняття «ризик від дози  $i$  токсиканта  $j$ ». Наприклад, для питної води теоретичною основою пошуку граничних концентрацій за впливом на її запах і присмак є психофізичний закон Вебера — Фехнера.

Оцінку соціального ризику може бути здійснено за методологією оцінки ризику захворювань для населення, котре мешкає на територіях сучасних селітебно — промислових агломерацій, що дозволяє підвищити точність і вірогідність прогнозних оцінок, а також рівень прийнятих управлінських рішень щодо зниження ризику на конкретній території.

Соціальний ризик характеризує можливі аварії на промислових, енергетичних, воєнних та інших об'єктах, які спричиняють



тяжкі наслідки і, насамперед, загибель людей. Для оцінки ризику (ймовірності) виникнення аварій, аналізу умов і оцінки ймовірності розвитку аварій та ймовірності їхніх наслідків спочатку визначається територіальний за формулою:

$$R_{ijmf}^k = P_{Bij} \cdot P_{um} \cdot P_{af} \cdot P_{ck},$$

де  $P_{Bij}$  — ймовірність виникнення аварій на  $i$ -ому джерелі при реалізації  $j$ -тої ініціюючої події;  $P_{um}$  — умовна ймовірність одного з можливих наслідків аварій;  $P_{af}$  — умовна ймовірність реалізації одного з можливих видів аварій;  $P_{ck}$  — умовна ймовірність смертельного результату в  $k$ -ої точці простору.

Далі визначаються ймовірність виникнення аварій  $P_{Bij}$  та ймовірність реалізації одного з можливих видів аварій  $P_{af}$  (будується дерево відмов), рис. 2.4.

Формула для розрахунку визначена виходячи з Пуассоновської (рекурентної) залежності 2.4 низки випадкових подій:

$$P_{Bij} = P_1 = 1 - e^{-\lambda \mathfrak{Z}},$$

де  $\lambda$  — інтенсивність відмов (потік випадкових подій), 1/год;  $\mathfrak{Z}$  — загальний термін експлуатації функціонування об'єкта, устаткування, годин.

Величину індивідуального ризику розраховують за наступною залежністю:

$$R_i^K = R_{i\Sigma}^k \cdot P_n^k,$$

де  $P_n^k$  — ймовірність появи людини в  $k$ -й точці простору;  $R_i^K$  — сумарний територіальний ризик.

Ймовірність появи людини в  $k$ -й точці простору  $P_n^k(x, y)$  визначається за формулою:

$$P_n^k(x, y) = \frac{1}{2\pi\delta_k^2} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left[ \frac{(x-x_k)^2}{\delta_k^2} + \frac{(y-y_k)^2}{\delta_k^2} \right]},$$

де  $x_k, y_k$  — координати (точки) знаходження співробітників або знаходження робочих місць, (м);  $x, y$  — точки (координати) імовірної ураження людей при аварії (тобто координати джерела небезпеки) (м);  $\delta$  — параметр нормального розподілу подій аварій,  $\delta = 85$ .

Соціальний ризик загибелі більше 10-ти людей за межами потенційно небезпечного об'єкту визначається за формулою:

$$R_s = P_{Bij} \cdot P_{\text{ураж.люд.}} \cdot P_{ck(10)}$$

де  $P_{\text{прис}}$  — ймовірність присутності людей у радіусі дії чинників аварії;  $P_{\text{ураж. люд.}}$  — ймовірність ураження людей небезпечними факторами аварії;  $P_{ck(10)}$  — ймовірність загибелі 10-ти й більше людей в результаті впливу небезпечного фактора аварії.

$$P_{\text{ураж.люд.}} = 0,001, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 1, \text{ якщо } \Delta\phi \geq \phi^q,$$

де  $\Delta\phi$  — величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м<sup>2</sup>, мг/м<sup>3</sup> і т. д.);  $\phi^q$  — допустима величина небезпечного фактора (кПа, кВт/м<sup>2</sup>, мг/м<sup>3</sup> і т. д.).

$$P_{ck(10)} = 0, \text{ якщо } \Delta\phi < \phi^q \text{ та дорівнює } 0,001, \\ \text{якщо } \Delta\phi \geq \phi^q \text{ та } N < 10$$

або  $M - 1 / M$ ,

де  $N$  — кількість працюючих (що знаходяться) у зоні ураження людей, чол.;  $M$  — максимально можлива кількість загиблих у результаті небезпечних чинників аварії, чол. звичайно приймається: на виробничих об'єктах при 8-і годинному робочому дні (незалежно від ємності) — 0,3 від штатної чисельності; у житловому секторі від середньої щільності населеного місця — 0,45 (не залежно від часу доби); інші категорії 0,1.

Соціальний ризик, обумовлений дією на людей шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі, воді або їжі, визначають іншим способом. Для оцінки впливу токсиканта, котрий присутній у навколишньому середовищі, введено поняття «ризик від дози  $i$  токсиканта  $j$ », що позначається через  $[Pe(D)]_{ij}$ . Фактично величина  $[Pe(D)]_{ij}$  є ймовірністю, вона залежить від так названого фактора ризику даного токсиканта  $F_r$  і його дози  $D$ . Доза вимірюється в мг, а фактор ризику має розмірність (мг<sup>-1</sup>) і являє собою рівень ризику, що приходиться на одиницю дози. Величина фактора ризику встановлюється в результаті спеціальних досліджень. Якщо зв'язок між дозою і рівнем ризику лінійний, а вплив токсиканта не має поріг, то величина  $[Pe(D)]_{ij}$  визначається за формулою:

$$[Pe(D)]_{ij} = (F_r \cdot D)_{ij} = (F_r \cdot c \cdot v \cdot t)_{ij}$$

де  $c$  — концентрація токсиканта, мг/л;  $v$  — щоденне надходження його до організму, мг;  $t$  — час впливу токсиканта, год.;  $F_r$  — фактор ризику, мг<sup>-1</sup>.

Кількість важких наслідків (наприклад, ракових захворювань) дії токсикантів на людей визначається залежністю

$$q_e = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k [Pe(D)]_{ij} \cdot N_{ij}$$

де  $N_{ij}$  — кількість людей, що піддаються дії токсикантів, чол.;  $k$  — кількість токсикантів;  $n$  — кількість рівнів доз кожного токсиканта. Символ «*e*» показує, що йдеться про додаткові (*excess*) випадки захворювання, котрі викликані розглянутими токсикантами.

Формулу можна застосовувати для експресних кількісних оцінок соціального ризику

Існує значна кількість методологічних і методичних розробок для оцінки ризику. На наш погляд найбільш придатною і перевіреною практикою можна вважати методологію ідентифікації небезпечних подій, яка передбачає аналіз елементарних дій в ситуації, яка привела до виникнення ризику і відмови системи Л-Т-С.

Робота зі збору інформації і виявленню ризиків допомагає ідентифікувати більшість небезпек, але, як правило, через якийсь час виявляються нові. Це може бути пов'язане з накопиченням досвіду та статистичних даних, а також із реалізацією нових технологій і використанням перспективних матеріалів. Тому важливою складовою частиною організації такої діяльності є створення плану контролю та виявлення нових ризиків. Треба відзначити, що поставлена задача є досить трудомісткою і вимагає спеціальних знань. Оптимальним у такій ситуації є залучення для роботи незалежних фірм чи експертів в галузі оцінки ризиків і страхування.

*Основні методи отримання вихідної інформації* про виробничі об'єкти містять використання: стандартизованих опитувальних аркушів, складання й аналіз діаграм організаційної структури підприємств, складання й аналіз карт технологічних потоків виробничих процесів, розгляд і аналіз первинних документів управлінської і фінансової звітності, аналіз даних щоквартальних і річних фінансових звітів, інспекційні відвідування виробничих підрозділів, консультації фахівців у даній технічній галузі, експертизи документації спеціалізованими консалтинговими фірмами. Основна мета такої роботи — встановити взаємозв'язки між окремими даними, що містяться в різних джерелах. Низку особливостей має виявлення фінансових і комерційних ризиків підприємства. Основне значення в даному випадку здобуває аналіз фінансової документації підприємства. Для цього необхідно го-

тувати специфічні опитувальні аркуші, а також адаптувати і низку інших методів виявлення ризику.

Існують два типи опитувальних аркушів. Універсальний (стандартизований) опитувальний аркуш містить позиції загального характеру і придатний для більшості типів виробництв. В цьому полягає перевага, і недолік такої форми опитування. Перевага в тім, що пропонується деяка універсальна форма, яка охоплює більшість сторін діяльності підприємства. Однак ніякий універсальний запитальник не в змозі передбачити всі можливі види збитку для конкретної галузі чи підприємства. Спеціалізовані опитувальні аркуші розробляються звичайно для конкретних видів діяльності з урахуванням їх особливостей і деталізації окремих положень.

Метод структурних діаграм призначений для аналізу особливостей структури підприємства і ризиків, що впливають з цього. Дані, отримані таким шляхом, корисні для оцінки насамперед внутрішніх підприємницьких ризиків, пов'язаних з якістю менеджменту, організацією збуту і реклами і т. д., а також комерційних ризиків.

Карти потоків, чи поточкові діаграми, графічно відбивають окремі технологічні процеси виробництва та їхній взаємозв'язок. Ці карти корисні для виявлення основних елементів виробничого процесу, від яких залежить його надійність і стійкість. Такі елементи називають вузловими, оскільки порушення їхнього режиму функціонування та вихід з ладу припиняють весь виробничий процес або приводять до виникнення критичних з точки зору аварійності ситуацій. Процес, зафіксований у конкретній карті, може охоплювати якийсь один вид діяльності організації, усі внутрішні виробничі процеси чи окремі технологічний ланцюжок. Для отримання додаткової інформації і перевірки на місцях її вірогідності та повноти можуть організовуватися інспекційні поїздки на підприємства. Ефективність інспекції прямо залежить від кваліфікації співробітників, її здійснюючих. Якщо співробітники мають досить високу кваліфікацію і великий досвід роботи, то вони відзначають ті важливі нюанси, котрі можуть бути упущені респондентами опитувальних аркушів і інших фахівців, що працюють на відповідних об'єктах чи здійснюють визначені технологічні операції. Пряма інспекція дозволяє також виявити й уточнити окремі аспекти плану керування ризиком оцінити можливі витрати на керування на даному підприємстві і дати рекомендації з регулювання рівня ризику.

Робота з фінансовою й управлінською документацією підприємства має важливе значення для виявлення ризиків оскільки в

документах фіксуються всі інциденти, що відбулися, які призвели до збитків, а також події, котрі мають відношення до збільшення чи зменшення ризику. Збитки підприємства, що виникають внаслідок настання непередбачених подій, спочатку фіксуються в актах, а потім знаходять своє відображення в бухгалтерській звітності.

Відображення в документах аварій, які відбулися на ОЕ здійснюється наступним чином. Спочатку складається акт розслідування аварії. Потім підготовляється так називана дефекаційна відомість на відновлення об'єкта, на підставі якої розраховується величина збитку і визначається обсяг необхідних робіт. Далі, відповідно до обсягів робіт складається кошторис, де вказуються всі збитки від аварії (вартість втрачених основних і оборотних фондів, витрати матеріалів, запчастин, вартість робочої сили і т. д.). Ці дані потім фіксуються в різних формах бухгалтерської звітності. Завершивши етап виявлення ризику, переходять до етапу його оцінки.

Події, котрі не піддаються кількісній оцінці, складно контролювати як у рамках традиційних методів керування ризиками, спрямованих на їхню ідентифікацію, оцінку і розробку відповідних заходів, так і при використанні інструментарію страхування з метою повного віднесення ризиків на рахунок страхових компаній. У випадку необхідності оцінки ризиків, які важко визначити, зростає роль різного роду привхідних чинників. Так, на оцінку ризиків впливають спогади та уявлення експертів про колишні подібні події. Часто під впливом цих вражень статистичні дані ігноруються або помилково інтерпретуються, судження будуються не на об'єктивній основі, а на підґрунті сформованих аналогій. У кінцевому результаті оцінка стає залежною від вихідних цільових настанов. Подібні проблеми властиві як групі збитків відносно добре документованій (тобто насамперед матеріальних), так і групі з розмитим і неповним описом (наприклад, пов'язаних із здоров'ям людини або її моральними втратами). У категорії останніх ірраціональність оцінки відбивається, природно, різкіше. Тому селективний підхід до використання інформації виявляється тим сильніше, чим більш суперечливі дані і невизначені одержувані результати, а також чим складніше сама досліджувана система. Напевно, у силу цього урахування фактів збитку здоров'ю (моральних втрат) стає допоміжним у порівнянні з матеріальними ризиками. Дехто з фахівців пропонує залучити науку в якості легітимаційної бази для специфічних визначень в галузі дослідження ризиків, а оскільки помилки у визначенні ризиків

здатні викликати значні соціальні наслідки, то використання сучасних наукових досягнень є безумовно доцільним. Тоді процедура визначення ризиків не буде занадто жорсткою і збереже здатність до постійних змін. При цьому способи використання науки можуть бути самими різними, щоб у рамках пов'язаних з ризиками конфліктів сторони мали можливість відстоювати свої інтереси.

## **2.4. Методика якісного аналізу небезпек**

Методи такого типу аналізів і прийоми, що використовуються при їх здійсненні, багато чисельні та відомі під різними назвами, але всі вони реалізуються завдяки відповідним критеріям. Основні критерії, за якими здійснюється якісна оцінка потенційних наслідків для кожного небезпечного стану досліджуваного об'єкту, наступні:

— клас 1 — безпечний: не спричиняє незворотних наслідків, ушкодження обладнання та нещасних випадків з людьми (стан пов'язаний з помилками персоналу, недоробками конструкції або невідповідності проекту, а також позаштатною роботою досліджуваної системи);

— клас 2 — граничний: призводить до порушень в роботі, може бути компенсованим чи взятим під контроль без ушкодження обладнання або нещасних випадків з персоналом (стан пов'язаний з помилками персоналу, недостатками конструкції та позаштатною роботою досліджуваної системи);

— клас 3 — критичний: призводить до великих порушень у роботі, ушкодження обладнання та створення небезпечної ситуації, яка потребує негайних заходів для рятування персоналу та обладнання (стан пов'язаний з помилками персоналу та позаштатною роботою обладнання);

— клас 4 — катастрофічний: призводить до втрати обладнання та (чи) загибелі або масового травмування персоналу.

Характеристика ризику є продовженням його оцінки, базуючись на якій приймається рішення про найкращий із можливих засобів зменшення ризику. Нижче для прикладу наведено одну з загально розповсюджених методик, що отримала широкого застосування у практиці. Ця методика якісного аналізу ризиків пропонує реалізувати його за відповідними етапами, а саме, через попередній аналіз небезпек (ПАН), виявлення послідовності небезпечних ситуацій, аналіз наслідків. ПАН представляє собою першу спробу виявити елементи устаткування, технічної си-

стеми й окремі події, що можуть привести до виникнення небезпек. *Попередній аналіз небезпек* — це аналіз загальних груп небезпек, присутніх в системі, їх розвитку та рекомендацій щодо контролю. Метою ПАН є виявлення у загальних рисах потенційних небезпек у будь-якої системі. Етапи реалізації ПАН наступні:

- вивчаються технічні характеристики об'єкта, системи чи процесу, а також джерела енергії, що використовуються, робоче середовище, застосовувані матеріали; встановлюються їхні небезпечні та шкідливі властивості;

- визначаються закони, стандарти, правила, дія яких розповсюджується на даний об'єкт, систему чи процес;

- перевіряється технічна документація на її відповідність законам, правилам, принципам і нормам безпеки, встановленим для цього об'єкта;

- складається перелік небезпек, в якому зазначають ідентифіковані джерела небезпек (системи, підсистеми, компоненти), чинники, що спричиняють шкоду, потенційно небезпечні ситуації, виявлені недоліки.

При проведенні ПАН особливу увагу приділяють наявності вибухо-, пожеже-небезпечних та токсичних речовин, виявленню компонентів об'єкта, в яких можлива їх присутність, потенційно небезпечних ситуацій від неконтрольованих реакцій чи при перевищенні тиску. Після виявлення крупних систем об'єкта, які є джерелами небезпек, їх можна розглядати окремо і досліджувати більш детально за допомогою інших методів аналізу. Існують базові запитання, на які обов'язково необхідно відповісти, під час проведення ПАН, незважаючи на те, що деякі з них можуть здаватися занадто простими. Якщо ці запитання не розглянути, то існує ризик неповного аналізу безпеки системи. Вся простота чи очевидність має схильність приховувати деякий рівень небезпеки. Проведення ПАН може бути спрощено і формалізовано завдяки використанню матриці попередньої небезпеки, спеціальних анкет, списків і таблиць. Детальний аналіз можливих подій здійснюється на другому етапі — виявленні послідовності небезпечних ситуацій.

### ***Аналіз видів, наслідків і критичності відмовлень елементів системи «Людина — Техніка — Середовище»***

Аналізом видів і наслідків відмовлень (АВНВ) називають процедуру якісного аналізу об'єкта, яка полягає у виділенні можливих (що спостерігаються) відмовлень, у простежуванні причинно-наслідкових зв'язків, котрі обумовлюють їхнє виникнення,

і можливих (що спостерігаються) наслідків цих відмовлень, а також — у якісній оцінці та ранжуванні відмовлень за вагомістю їхніх наслідків. Аналіз видів, наслідків і критичності відмовлень (АВНКВ) — процедура АВНВ, доповнена оцінками показників критичності аналізованих відмовлень. АВНВ є аналізом індуктивного типу, тобто логічного розумового висновку від часткових, одиничних випадків до загального висновку, за допомогою якого систематично, на основі послідовного розгляду одного елемента за іншим, аналізуються всі можливі види відмовлень або аварійні ситуації і виявляються їхні результуючі впливи на систему. При проведенні АВНВ, аналізу критичності використовується прямий підхід. Аналіз починається з визначення переліку відмовлень і розвивається в прямому напрямку з визначенням наслідків цих відмовлень, таким чином, окремі аварійні ситуації та види відмовлень елементів виявляються й аналізуються, для того щоб визначити їхній вплив на інші прилеглі елементи і систему в цілому. Система складається з таких елементів, як одиниці устаткування, матеріали, персонал підприємства (необов'язково, щоб ці елементи були самими дрібними в системі, вони можуть бути блоками чи цілими підсистемами), що знаходяться у визначених навколишньому та соціальному середовищах і піддані старінню. Небезпечні стани викликаються одним або декількома елементами, котрі приводять до відмовлень у системі. Кожен елемент системи пов'язаний з іншими елементами специфічним образом, а ідентичні елементи можуть мати різні характеристики в різних системах. Тому необхідно уточнювати взаємозв'язки і топографію системи. Останні визначають, наприклад, шляхом вивчення системи трубопроводів, механічних з'єднань даного підприємства, електричних схем, потоків інформації, а також фізичного розташування елементів. Ці зв'язки щонайкраще можна подати у вигляді різних схем, технічних описів системи, карт, логічних переходів тощо. Наприклад, взаємовплив двох близько розташованих ємкостей можливий у випадку пожежі. Можливі зміни стану елементів системи, що виникають у результаті інших причин, необхідно також включати в технічні описи.

Відмовлення елементів є основними даними при аналізі причинних зв'язків. Вони поділяються на: первинні, вторинні відмовлення та помилкові команди. Первинне відмовлення елемента визначають як його неробочий стан, причиною якого є він сам, і необхідно виконати ремонтні роботи для повернення елемента в робочий стан. Первинні відмовлення відбуваються при вхідних впливах, значення яких знаходяться в межах, що лежать у розра-



хунковому діапазоні, а відмовлення припускаються природним старінням елементів. Так, розрив резервуара внаслідок втоми матеріалу є прикладом первинного відмовлення. Вторинне відмовлення таке ж, як первинне, за винятком того, що сам елемент не є причиною відмовлення. Вторинні відмовлення викликаються впливом попередніх чи поточних надмірних напружень на елементи. Амплітуда, частота, тривалість дії цих напружень можуть виходити за межі допусків або мати зворотну полярність, і викликаються різними джерелами енергії: термічної, механічної, електричної, хімічної, магнітної, радіоактивної і т. п. Ці напруження викликаються сусідніми елементами або навколишнім середовищем, наприклад метеорологічними і геологічними умовами, а також впливом з боку інших технічних систем. Люди, наприклад оператори і контролери, також є можливими джерелами вторинних відмовлень, якщо їхні дії спричиняють вихід елементів з ладу. Приклади вторинних відмовлень — спрацьовування запобіжника від підвищеного електричного струму, ушкодження ємностей при землетрусі тощо. Слід зазначити, що усунення джерел підвищених напружень не гарантує повернення елемента до робочого стану, тому що попереднє перевантаження могло спричинити незворотні ушкодження в елементі, котрі вимагають ремонту. Коли точний вид первинного чи вторинного відмовлення визначено і дані за ним отримані, події з первинними і вторинними відмовленнями розглядаються як вихідні відмовлення. Помилкові команди подаються у вигляді елемента, який знаходиться в неробочому стані через неправильний сигнал керування чи перешкоди, при цьому звичайно не потрібен ремонт для повернення даного елемента в робочий стан. Мимовільні сигнали керування чи перешкоди часто не залишають наслідків (ушкоджень), і в наступних нормальних режимах елементи працюють відповідно до заданих вимог. Таким чином, відмовлення можуть виникнути в результаті: первинних та вторинних відмовлень або помилкових команд. Відмовлення всіх цих категорій можуть мати різні причини.

Аналіз причинних зв'язків передбачає класифікацію кожного елемента відповідно ступеню його впливу на виконання системою загальної задачі. При цьому встановлюються категорії критичності для різних видів відмов:

- категорія 1 — відмови, що потенційно призводять до жертв;
- категорія 2 — відмови, що потенційно сприяють невиконанню основної задачі;

— категорія 3 — відмови, які спричиняють затримку в роботі чи втрату роботоздатності;

— категорія 4 — відмови, що потребують додаткового незапланованого обслуговування.

І хоча даний метод не дає кількісної оцінки можливих наслідків чи збитків, він дозволяє відповісти на наступні питання: який з елементів потрібно детально аналізувати для виключення небезпек, що провокують виникнення аварій, який потребує особливої уваги під час експлуатації об'єкту, які нормативи вхідного контролю безпеки, де слід запроваджувати спеціальні процедури, правила безпеки й інші захисні заходи, як найбільш ефективно вжити заходів для запобігання небезпечних подій.

Елемент системи, відмовлення якого може викликати перехідний стан системи від справної роботи до відмовлення, має назву критичного. Виходячи з цього визначення, можна сформулювати мету і задачі АВНКВ. Його здійснюють з метою обґрунтування, перевірки достатності, оцінки ефективності і контролю за реалізацією керуючих рішень, спрямованих на удосконалювання конструкції, технології виготовлення, правил експлуатації, системи технічного обслуговування і ремонту об'єкта і тих, що забезпечують запобігання виникнення і/чи ослаблення вагомості можливих наслідків відмовлень, досягнення необхідних характеристик безпеки, ефективності та надійності об'єкта. Під час АВНВ може здійснюватися попередня якісна оцінка очікуваної (що спостерігається) частоти настання відмовлень різних категорій вагомості при експлуатації об'єктів. Зазначені оцінки використовують для ранжування відмовлень за черговістю необхідних доробок об'єкта з метою їхнього запобігання. Ранги відмовлень можуть бути наступними: А — обов'язковий заглиблений кількісний аналіз критичності, В — бажаний кількісний аналіз критичності, С — можливо обмежитися якісним аналізом, D — аналіз не потрібно.

Критичність відмовлень при АВНКВ оцінюють з використанням показників, які враховують для кожного аналізованого відмовлення об'єкта: ймовірність його виникнення за час експлуатації; умовні ймовірності настання всіх можливих несприятливих наслідків відмовлення, якщо він може супроводжуватися декількома різними за характером і вагомістю наслідків; розмір можливого збитку в результаті настання кожного з очікуваних наслідків відмовлень. Можливі наслідки кожного відмовлення визначають за результатами АВНВ об'єкта, а відповідні умовні ймовірності настання кожного наслідку розраховують на основі моделей типу

«дерева подій» чи прогнозують експертними методами. Для визначення можливого збитку від настання визначених наслідків кожного відмовлення в АВНКВ застосовують відносні бальні оцінки, з використанням відповідної шкали, та показники, що представляють числові характеристики відповідних функцій втрат. Бальні оцінки можливого збитку від відмовлень застосовують для об'єктів, абсолютні оцінки наслідків відмовлень яких неможливі чи недоцільні за етичних, технічних або економічних міркувань.

АВНКВ (як і АВНВ) здійснюють одним з наступних методів: структурним, функціональним, комбінованим.

*Структурні методи* відносять до класу індуктивних методів (аналіз «знизу догори»), застосовуваних для відносно простих об'єктів, відмовлення яких можуть бути чітко локалізовані, а наслідки кожного відмовлення елементів обраного початкового рівня розукрупнення можуть бути простежені на всіх вищестоящих рівнях структури об'єкта.

*Функціональні методи* АВНКВ (АВНВ) відносять до класу дедуктивних (аналіз за схемою «зверху донизу») методів, застосовуваних для складних багатофункціональних об'єктів, відмовлення котрих важко апріорно локалізувати і для яких характерні складні залежні відмовлення.

Для складних об'єктів АВНКВ (АВНВ) здійснюють, як правило, *комбінованими методами*, що сполучають елементи структурних і функціональних методів. Порівняємо ефективність кожного з розглянутих методів аналізу. ПАН визначає небезпеки для системи і виявляє елементи для виконання аналізу за допомогою дерева відмов і аналізу наслідків. Частково збігається з методами аналізу видів відмов і наслідків та аналізу критичності. Переваги: є першим необхідним кроком. Недоліки: немає. Аналіз за допомогою дерева відмов — починається з ініціюючої події, потім розглядаються альтернативні послідовності подій. Переваги: широко застосовується, ефективний для опису взаємозв'язків відмов, їхньої послідовності й альтернативних відмов. Недоліки: великі дерева відмов важкі в порозумінні, потрібне використання складної логіки. Непридатні для детального вивчення небезпек. АВНВ розглядає всі види відмов кожного елементу системи. Орієнтований на апаратуру, технічні прилади тощо. Переваги: простий для розуміння, широко застосовується, несуперечливий, не вимагає застосування математичного апарата. Недоліки: розглядає безпечні відмовлення, потребує багато часу, часто не враховує об'єднання відмов і людського фактора. АВНКВ визначає і

класифікує елементи для удосконалення системи. Переваги: простий для користування і розуміння, не вимагає застосування математичного апарату. Недоліки: часто не враховує ергономіку, відмов з загальною причиною і взаємодією системи. На практиці, при дослідженні небезпеки відповідної системи, процесу найчастіше послідовно застосовуються різні методи (наприклад, спочатку — попередній аналіз, потім — дерево відмов, далі — аналіз критичності й аналіз видів та наслідків відмов). Нижче, наведено приклад оцінки імовірності виникнення ризикової ситуації при проведенні досліджень із застосуванням підводного апарату (ПА) рис. 2.5.

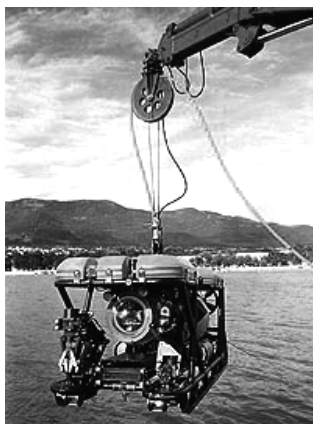


Рис. 2.5. Підводний апарат

На першій стадії аналізу за найбільш імовірні джерела небезпеки під час використання ПА визначені наступні: 1. Переривання енергопостачання на судні-носії та апараті. 2. Помилка оператора ПА. 3. Збій в системі керування. 4. Зіткнення ПА з дном акваторії або іншою перешкодою. 5. Втрата апарата. Небезпеки за наслідками їх впливу на ПА учинять відповідно до категорій критичності: 1 клас — знехтувані ефекти; 2 клас — граничні ефекти (1, 2, 3); 3 клас — критичні ситуації (1, 2, 3, 4); 4 клас — катастрофічні наслідки (1, 4, 5). Стосовно ПА попереджувальними заходами для виключення небезпек 4-го — 2-го класу, або зниження їх класу можуть бути запропоновані такі.

Збої в електричній мережі судна носія, які спричиняють переривання енергопостачання на ньому, особливо небезпечні під час підводних робіт. Через це відбуваються збої операційної системи

ПА, що тягне за собою збої у керуючій програмі, а далі призведе до аварії. Запобігти цьому можна шляхом застосування або аварійного джерела живлення — акумуляторів, або спарованої системи дизель генераторів. Наслідки — клас 3.

Керування підводною технікою вимагає від людини-оператора високої концентрації уваги та миттєвої реакції. Деякі підводні роботи, наприклад дослідження стану трубопроводів, розташованих на дні, мають довготривалий характер (десятки годин). Природно людина не може витримувати довгий час велике напруження, тому з часом підвищується ймовірність помилки оператора, яка може призвести до виникнення таких небезпечних подій, як зіткнення ПА з дном або підводними об'єктами. Для зменшення ризику їх виникнення оператори ПА повинні працювати позмінно. Наслідки — клас 2.

Збій в системі керування може статися також через вихід з ладу приладів керування або їхніх електронних пристроїв. Для уникнення цієї небезпеки застосовують дублювання життєво необхідних систем і, крім того, закладення в програмне забезпечення алгоритму керування діями апарату в умовах відмови обладнання — автоматичного спливання. Під час збою починає функціонувати спеціальна програма автоматичного керування апаратом, котра впливає як на поведінку ПА безпосередньо, так і при керуванні їм у ручному режимі. Система керування ПА виконується за модульною технологією, де, при виході з ладу одного з складових її модулів, забезпечується можливість його заміни в стислий термін справним. Наслідки — клас 2.

Зіткнення апарату з дном акваторії чи якимось об'єктом реально в разі недосконалої розробки проектантом алгоритму роботи системи стабілізації його коло дна або відмов керуючих пристроїв. При цьому очікувані як вихід ПА з ладу, так і його втрата. Наслідки — клас 2.

Обрив кабель-тросу ПА може повністю зіпсувати всі роботи на воді та привести до втрати апарату. Наслідки — клас 3.

Друга стадія: виявлення послідовності небезпечних подій. Вона починається після того, як визначена конфігурація системи і завершений попередній аналіз небезпек. Подальше дослідження може виконуватися за допомогою двох аналітичних методів: побудови дерева подій та дерева відмов. На основі аналізу можливих небезпечних подій відбираються тільки ті, що мають найбільшу ймовірність виникнення, для ПА це: збій енергопостачання на судні носії та апараті, помилка оператора, збій в системі керування, переривання енергопостачання на апарат, зіткнення апарату з дном акваторії або іншим об'єктом.

За найімовірніший небезпечний ризик вважається збій енергопостачання на судні носії та апараті. Послідовність можливих подій при

цьому: ініціююча подія — збій енергопостачання на судні носії та апараті (А), помилка оператора (В), збій в системі керування ПА (С), зіткнення з дном акваторії чи іншим об'єктом (D), втрата апарата (Е). Ці події в залежності від послідовності та напрямку їх розвитку можуть призвести як до бажаних наслідків (уникнення пошкодження ПА або отримання ним слабких ушкоджень), котрі дозволяють продовжувати підводні роботи, так і до небажаних (втрата апарату та загибель людей), коли виконання робіт неможливе.

На основі аналізу можливих подій будується дерево відмов (рис. 2.4). За браком статистичних даних та коректних розрахунків ймовірностей виникнення окреслених раніше небажаних подій, які можуть статися на ПА при визначені імовірності збою енергопостачання на судні носії та апараті  $P_A = 0,02$ , вважається, що кожна множина відмов створює повну групу рівно можливих несумісних випадкових подій. З цього для подальших розрахунків приймаються наступні припущення:

$P_A = 2 \cdot 10^{-2}$  — ймовірність збою енергопостачання на судні носії та апараті (вихідний показник);

$P_B = P_A / 2 = 10^{-2}$  — ймовірність помилки оператора ПА;

$P_C = P_B / 2 = 5 \cdot 10^{-3}$  — ймовірність збою в системі керування ПА;

$P_D = P_C / 2 = 2,5 \cdot 10^{-3}$  — ймовірність зіткнення ПА з дном або з іншим об'єктом;

$P_E = P_D / 2 = 1,25 \cdot 10^{-3}$  — ймовірність втрати ПА.

Маючи на увазі вищезазначені припущення виконується аналіз дерева відмов (рис. 2.6):

$S = P_A^* = P_A(1 - P_B)(1 - P_C)(1 - P_D)(1 - P_E) = 0,01963$  — ймовірність того, що завдяки успішним діям операторів та сталому функціонуванню обладнання, ПА не буде втрачено в разі відмови енергопостачання на судні носії та апараті (бажана подія), тому, що отримана величина ймовірності відмов практично дорівнює ймовірності відмови вихідної події.

$S_1 = P_A P_E = 2,5 \cdot 10^{-5}$  — ймовірність того, що навіть при успішних діях операторів та сталому функціонуванню обладнання, ПА буде втрачено в разі відмови енергопостачання на судні носії та апараті (не бажана подія);

$S_2 = P_A P_D = 5 \cdot 10^{-5}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, збою в системі керування апаратом, апарат зіткнеться з дном або іншим об'єктом, але його не буде втрачено (бажана подія);

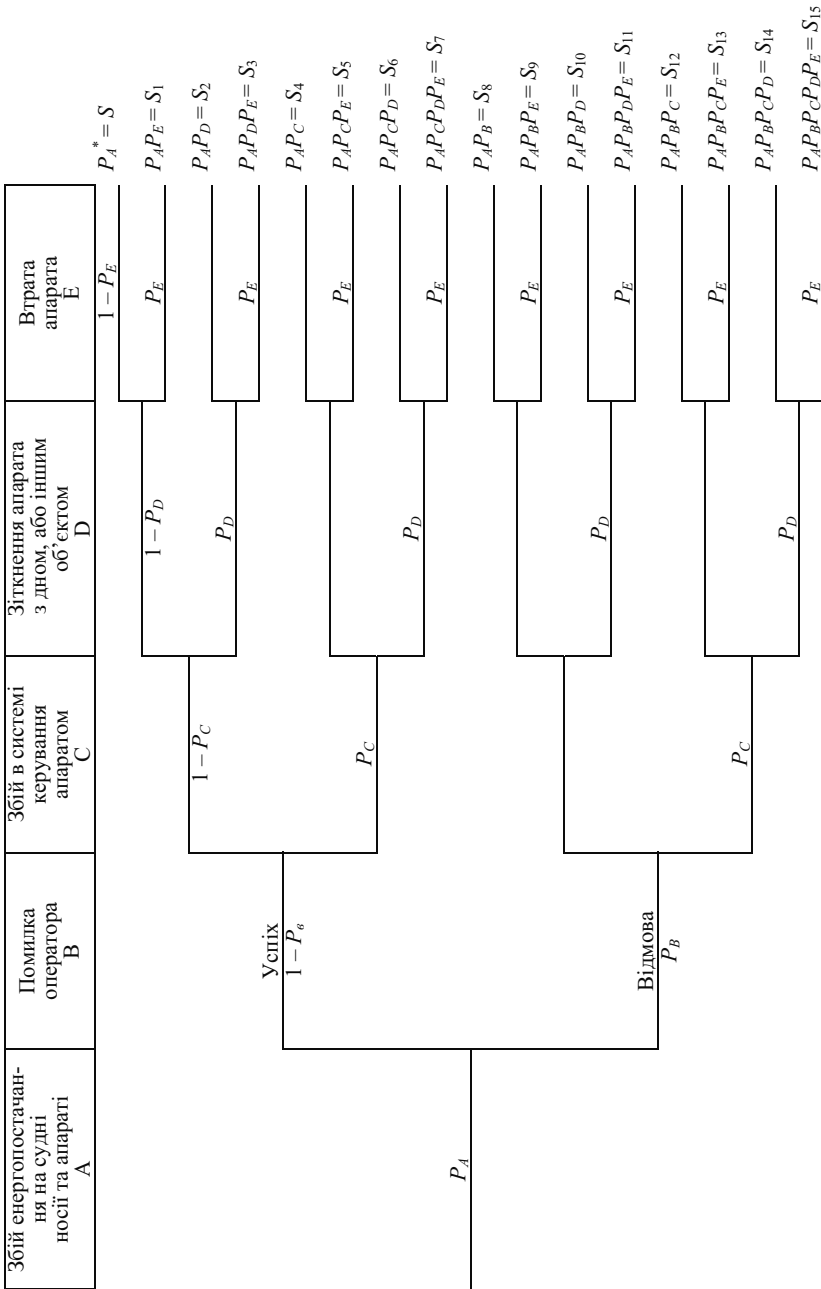


Рис. 2.6. Дерево відмов

$S_3 = P_A P_D P_E = 6,25 \cdot 10^{-8}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, збою в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або з іншим об'єктом і його буде втрачено (не бажана подія);

$S_4 = P_A P_C = 10^{-4}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, але станеться збій в системі керування апаратом, ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом і при цьому його не буде втрачено (бажана подія);

$S_5 = P_A P_C P_E = 1,25 \cdot 10^{-7}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, однак станеться збій в системі керування апаратом, ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом але його буде втрачено (не бажана подія);

$S_6 = P_A P_C P_D = 2,5 \cdot 10^{-7}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, однак станеться збій в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або іншим об'єктом і при цьому його не буде втрачено (бажана подія);

$S_7 = P_A P_C P_D P_E = 3,125 \cdot 10^{-10}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, не відбудеться помилки оператора, однак станеться збій в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або іншим об'єктом і його буде втрачено (не бажана подія);

$S_8 = P_A P_B = 2 \cdot 10^{-4}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, але не відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом і при цьому його не буде втрачено (бажана подія);

$S_9 = P_A P_B P_E = 2,5 \cdot 10^{-7}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, але не відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом але його буде втрачено (не бажана подія);

$S_{10} = P_A P_B P_D = 5 \cdot 10^{-7}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, не відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або іншим об'єктом але при цьому його не буде втрачено (бажана подія);

$S_{11} = P_A P_B P_D P_E = 6,25 \cdot 10^{-10}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, не відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА зітк-



неться з дном або іншим об'єктом і при цьому його буде втрачено (не бажана подія);

$S_{12} = P_A P_B P_C = 10^{-6}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, відбудеться збій в системі керування апаратом, але ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом і його не буде втрачено (бажана подія);

$S_{13} = P_A P_B P_C P_E = 1,25 \cdot 10^{-9}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, відбудеться збій в системі керування апаратом, але ПА не зіткнеться з дном або іншим об'єктом але його буде втрачено (не бажана подія);

$S_{14} = P_A P_B P_C P_D = 2,5 \cdot 10^{-9}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або іншим об'єктом але його не буде втрачено (бажана подія);

$S_{15} = P_A P_B P_C P_D P_E = 3,125 \cdot 10^{-12}$  — ймовірність того, що при відмові енергопостачання на судні носії, станеться помилка оператора, відбудеться збій в системі керування апаратом, ПА зіткнеться з дном або іншим об'єктом і при цьому його буде втрачено (не бажана подія). На підставі всіх розглянутих випадків розраховується загальна ймовірність втрати підводного апарату ( $S_{втр}$ ) в ланцюзі подій «А-В-С-D-E», яка складає:

$$S_{втр} = S_1 + S_3 + S_5 + S_7 + S_9 + S_{11} + S_{13} + S_{15} = 2,54 \cdot 10^{-5}.$$

Таким чином знайдено ймовірність подій і наслідків з-за збою енергопостачання на судні носії та апараті. І оскільки для України величина прийнятного ризику складає  $10^{-4}$ , а отримане значення  $S_{втр}$  нижче її на порядок, то будь-яких суттєвих змін до конструкції ПА для підвищення рівня його безпеки вносити немає необхідності. Друга стадія закінчується визначенням усіх можливих варіантів відмов у системі і знаходженням для них значень імовірності відмов за наведеною вище методикою.

Заходи щодо зменшення ризику можуть мати технічний і/або організаційний характер. При виборі конкретних заходів вирішальне значення має загальна оцінка дієвості та надійності заходів, що впливають на ризик, а також розмір витрат на їх реалізацію.

Наприклад, для потенційно небезпечних об'єктів вибір запланованих до впровадження заходів безпеки має наступні пріоритети:

— заходи щодо зменшення імовірності виникнення аварії;

- заходи щодо зменшення імовірності розвитку аварії;
- заходи щодо зменшення вагомості наслідків аварії.

Для визначення пріоритетності виконання заходів зменшення ризику в умовах заданих витрат чи обмеженості ресурсів необхідно:

- визначити сукупність заходів, котрі можуть бути реалізовані при заданих обсягах фінансування;
- ранжувати ці заходи за показником «ефективність — витрати»;
- обґрунтувати й оцінити ефективність пропонованих заходів.

Оцінювання різних заходів забезпечення безпеки як правило ґрунтується на тому, скільки коштів може бути сплачено для зменшення соціального ризику. Задача формулюється як оптимізаційна. Оптимальне рішення мінімізує залишковий ризик на довгий термін при найменшій вартості.

Одним із способів оцінки зменшення ризику є порівняння оцінюваних витрат з очікуваними результатами в грошовому еквіваленті. Цей вид аналізу суперечливий, тому що вимагає оцінки безпеки для людського життя у вартісному виразі. І нарешті, у будь-якому прийнятому рішенні визначальним є досвід відповідальної за ухвалення даного рішення людини. Тому рівень підготовки фахівців з вищою освітою потребує наявності в них глибоких знань методології аналізу ризику складних ергатичних систем, сучасного інструментарію управління безпекою, запобігання небезпечним випадкам та подіям.

### **Питання до самопідготовки:**

1. *Надайте визначення сучасної концепції цивільної безпеки.*
2. *Наведіть критерії Ешбі.*
3. *Яким чинниками визначається допустимість ризику, пов'язаного з різними видами діяльності?*
4. *Визначте критерії застосування методів ймовірносної оцінки ризиків.*
5. *Надайте визначення оцінці ризику.*
6. *Надайте визначення керування ризиком.*
7. *Надайте характеристики процедури керування ризиком.*
8. *Які концепції ризику використовуються на даний час?*

9. Яким чином здійснюється процедура оцінки технічного ризику для регіону?

10. Наведіть кількісні критерії ризику для життя людини.

11. Розкрийте основні методи отримання вхідної інформації про виробничі об'єкти.

12. Наведіть основні критерії, за якими здійснюється якісна оцінка потенційних наслідків.

13. Розкрийте процедуру аналізу видів і наслідків відмовлень.

14. Які показники критичності відмовлення при аналізі видів і критичності відмов?



## РОЗДІЛ III

### МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

#### 3.1. Методика визначення величини негативного впливу надзвичайної ситуації на людину та довкілля

Незалежно від джерела виникнення, всі надзвичайні ситуації мають практично однакові чинники негативного впливу на людину та її життєве середовище. Це *механічний (кінетичний) вплив* ударної хвилі (УХ) при вибуху газоповітряних сумішей (ГПС), вибухових речовин (ВР), технологічних установок, при ураженні уламками під час обвалення будинків і споруд, чи від сучасної зброї; *тепловий вплив* від всіляких пожеж; *хімічний вплив* від токсичних викидів небезпечних хімічних речовин (хімічної зброї); радіоактивне враження при радіаційній аварії (ядерному вибуху) і т. ін.

Встановлено низку фіксованих значень негативних чинників, які відповідають тому чи іншому ступеню враження людей, будинків і споруд, довкілля. Наприклад, при надмірному тиску на фронті УХ ( $\Delta P_{\phi}$ ), який дорівнює 70 кПа, можливі контузії людей, повне руйнування будинків, середній ступінь руйнування ліній електропостачання, сильний ступінь руйнування наземних резервуарів тощо. При концентрації токсиканта  $LD_{50}$  можливий летальний вихід 50 % людей, котрі підпали токсичному ураженню. У випадку теплового впливу пожежі при утворенні вогненної кулі зі щільністю теплового потоку  $37 \text{ кВт/м}^2$  відбувається руйнування розташованих поряд ємностей, а при тривалості експозиції 30 с буде смертельно вражено до 90 % людей.

Ефект ураження має ймовірнісний характер, оскільки будь який вплив (надмірний тиск УХ, кількість поглиненого токсиканту, теплоти, доза радіації тощо) може спричинити наслідки різної важкості у конкретних людей. Тому підхід до визначення вражаючої дії негативних чинників (ефекту ураження) має назву *ймовірнісного*.

Величина ймовірнісного ураження (ефект ураження)  $R_{\text{ур}}$  (вимірюється в частках одиниці або відсотках) відображається, як

наведено вище, функцією Гаусса (функцією помилок), котру використовують у вигляді:

$$P_{yp} = f(Pr) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Pr} \exp(-t^2/2) dt, \quad (3.1)$$

де  $Pr$  — пробіт-функція, відображає зв'язок між імовірністю ураження  $P_{yp}$  і дозою негативного впливу  $D$ .

$$Pr = a + b \ln D, \quad (3.2)$$

де  $a$  і  $b$  — константи для кожної речовини чи процесу, що характеризують специфіку і рівень небезпеки їхнього впливу.

Рішення рівняння (3.1) в табличній формі наведено в додатку III, табл.III.1. Рівняння (3.1) можна подати у вигляді:

$$P_{yp} = 0,5\Phi(x) + 0,5, \quad (3.3)$$

де  $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \left( x - \frac{x^3}{3} + \frac{1}{2!} \frac{x^5}{5} - \frac{1}{3!} \frac{x^7}{7} + \dots \right)$ ,  $x = \frac{Pr}{\sqrt{2}}$ .

Величина  $P_{yp}$  змінюється в інтервалі від 0 до 1, наприклад при  $Pr = -3$ ,  $P_{yp} = 0,014$ ; при  $Pr = 0$ ,  $P_{yp} = 0,5$ ; при  $Pr = +3$ ,  $P_{yp} = 0,9986$ .

Таким чином можна визначити кількісні характеристики негативного впливу вражаючих чинників НС на людину і довкілля.

### 3.2. Особливості структури системи управління ризиками

Підхід до визначення величин чинників негативного впливу НС на населення і території на підставі аналізу кількісної оцінки ризику, особливо важливий для регіонів, в першу чергу тих, де зосереджено значний потенціал небезпечних виробництв і об'єктів з поєднанням із складною соціально-політичною обстановкою і недостатнім фінансуванням. У загальному випадку управління ризиком — це розробка і обґрунтування оптимальних програм діяльності, спрямованих на ефективну реалізацію рішень у сфері забезпечення безпеки. Рішення приймаються в рамках системи управління ризиками. Головний елемент її діяльності — процес оптимального розподілу обмежених ресурсів на зниження різноманітних видів ризику з метою досягнення такого рівня безпеки населення і навколишнього середовища, який тільки є мож-

ливим з точки зору економічних і соціальних чинників. Основні завдання системи:

- встановлення рівнів прийняттого ризику, виходячи з економічних і соціальних чинників, побудову механізмів державного регулювання безпеки;

- моніторинг навколишнього середовища, аналіз ризику для життєдіяльності населення і прогнозування НС;

- прийняття рішень про доцільність проведення заходів щодо захисту;

- раціональний розподіл засобів і ресурсів на превентивні заходи із зниження ризику і заходи щодо зменшення масштабів НС;

- здійснення превентивних заходів;

- проведення аварійно-рятувальних і відновних робіт у разі виникнення НС.

Для екстреного реагування, спрямованого на рятування людей, ліквідацію НС створюються, оснащуються, навчаються і утримуються в готовності до негайних дій оперативно-рятувальні, аварійно-рятувальні, відновні та пошукові формування, запаси матеріальних і фінансових ресурсів, страхові фонди тощо. Розробляються плани заходів щодо евакуації населення і його першочергового життєзабезпечення в потерпілих районах.

### ***Методика прогностичної оцінки небезпеки об'єкту економіки (адміністративно-територіальної одиниці)***

Комплексна оцінка техногенної та природної безпеки ОЕ (АТО) здійснюється методом системного аналізу через визначення інтегральних показників ризику. Це дозволяє визначити характеристики небезпек НС не тільки на рівні ОЕ, АТО, регіонів а і держави в цілому, провести їхнє ранжування та порівняльний аналіз. Кількісна порівняльна оцінка техногенної та природної безпеки ОЕ (АТО) необхідна для управління безпекою населення шляхом надання рекомендацій щодо спрямування оптимальної кількості об'єктових, місцевих, регіональних та державних матеріальних і фінансових ресурсів на запобігання НС, зниження ризиків їхнього виникнення, розробки програм, щодо підвищення безпеки працівників ОЕ та населення АТО в найбільш небезпечних місцях.

Методика надає можливість працювати з неповною інформацією, разом із широким колом кількісних характеристик техногенної та природної безпеки, враховувати якісні сторони проблеми, тобто показники, котрі не мають безпосередньої числової оцінки, дозволяє обчислювати вагомі коефіцієнти окремих пока-

зників, які впливають на безпеку, забезпечує динамічну співвідношення оцінок. Вона реалізується за трьома етапами. На першому — відбуваються системний аналіз та структуризація проблем техногенної та природної безпеки. На другому — визначення комплексних показників потенційної небезпеки ОЕ (АТО) щодо виникнення техногенних та природних НС и на третьому — розрахунок інтегральних показників безпеки на основі комплексних показників потенційної небезпеки ОЕ, індивідуального ризику смерті та матеріального збитку.

Для визначення небезпеки ОЕ (АТО) в першу чергу розглядаються показники, пов'язані з техногенною, природною та соціально-політичною безпекою. На засадах проведеного аналізу системи будується її ієрархічна модель, визначається множина елементів кожного рівня ієрархії, встановлюються зв'язки і залежності між ними. Ієрархічна модель техногенної безпеки ОЕ (АТО) складається з чотирьох основних рівнів (рис. 3.1).

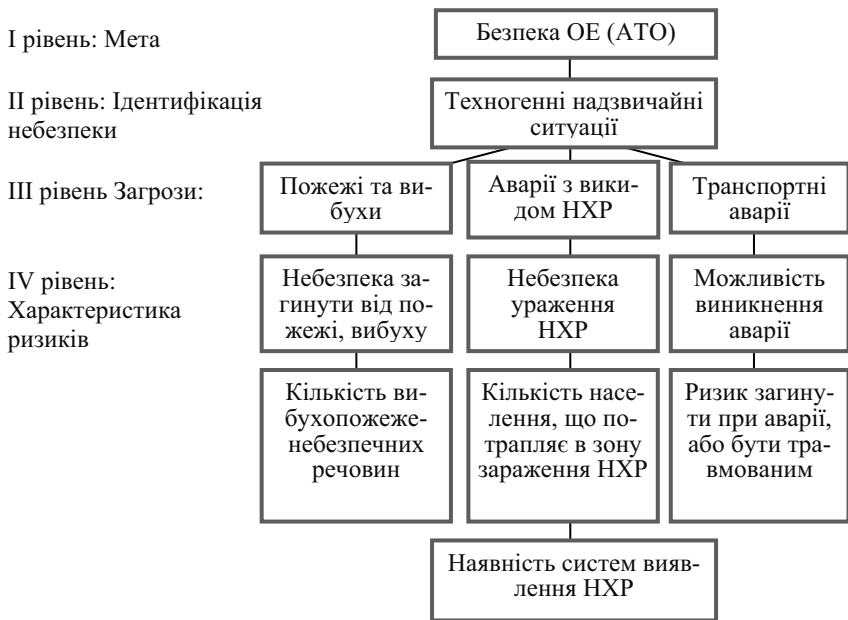


Рис. 3.1. Ієрархічна модель гіпотетичного ОЕ (АТО)

Перший рівень ієрархії визначає загальну безпеку АТО (ОЕ) щодо виникнення НС. Другий — містить макрообмеження: тех-

ногенні, природні, соціально-політичні НС. На другому рівні визначається який з перелічених ризиків більшої мірі визначає рівень безпеки, тобто відбиває ідентифікацію небезпек. Третій — висвітлює загрози виникнення НС. На третьому рівні визначається яка із загроз є більш вагомю щодо відповідного типу макрообмежень. Четвертий — включає характеристики ризиків загроз. На четвертому рівні визначається яка з них більше впливає на реалізацію загрози.

Ієрархія може будуватися з вершини, тобто з першого рівня, чи з четвертого — початкових подій, ідентифікованих заздалегідь.

Визначення загроз виникнення НС здійснюється з урахуванням Державного класифікатора надзвичайних ситуацій (ДК 019-2001). Для оцінки рівня техногенних небезпек ОЕ (АТО) необхідні наступні вихідні данні:

— площа ОЕ ( $S_{OE}$ ), котра визначається за відповідною документацією з метою визначення просторових розмірів об'єкту (чим більше розміри ОЕ, тим менше ймовірність того, що ситуація може вийти, за межі промайданчика);

— площа АТО ( $S_{ATO}$ ), на території якої розташовано ОЕ (визначається за табличними даними з метою з'ясування розмірів АТО, котрі позитивно чи негативно впливають на дію вражаючих чинників НС), менша площа в більшому ступені впливає на вагомість наслідків;

— чисельність виробничого персоналу ( $M$ ), яка визначає можливу кількість постраждалих чи загиблих при НС об'єктового рівня;

— чисельність населення АТО, де знаходиться ОЕ ( $N_{ATO}$ ), тобто можлива кількість населення, яке може потрапити в зону дії вражаючих чинників НС;

— кількість ПНО, розташованих на території ОЕ ( $n_{пно}$ ), яка свідчить про більшу, або меншу небезпеку виникнення НС (чисельність можливих НС техногенного походження знаходиться у безпосередній залежності від кількості ПНО, які знаходяться на території ОЕ;

— середнє річна кількість НС ( $N_{нс}$ ), тобто частота виникнення аварій (катастроф), стихійних лих на ОЕ;

— середнє річна кількість персоналу ОЕ, постраждалого при НС ( $N_{пер}$ ), підтверджує повторюваність впливу вражаючих чинників НС на персонал ОЕ;

— середнє річна кількість населення АТО, постраждалого при НС, пов'язаних з природними, техногенними та соціально-політичними небезпеками ( $N_{нас}$ ), враховується як показник чисе-



льності населення в зонах небезпеки (дії вражаючих чинників) для кожного виду НС;

— площа зони ураження ( $S_{yp}$ ), показник просторових розмірів впливу вражаючих чинників для кожного виду НС;

— сума збитків від НС ( $Z_{np}$ ), показує прогнозовані матеріальні та фінансові втрати від впливу вражаючих чинників і витрати матеріальних і фінансових ресурсів під час локалізації та ліквідації НС.

На підставі вищезазначених даних визначаються додаткові відносні показники у відсотках (%), а саме:

— відносна величина постраждалої території ( $P_s$ ), яка розраховується за формулами:

$$P_s = \frac{S_{yp}}{S_{ATO}} 100 \% , \text{ або } P_s = \frac{S_{yp}}{S_{OE}} 100 \% ;$$

— відносний показник постраждалого населення ( $P_N$ ), тобто розрахункова чисельність населення, яке може постраждати внаслідок НС відносно до загальної кількості населення:

$$P_N = \frac{N_{yp}}{N_{ATO}} 100 \% .$$

За визначеною множиною цих показників, ґрунтуючись на офіційних джерелах інформації та відповідних розрахунках формується база даних, за допомогою яких можна дослідити зміни показників, у вигляді відповідних таблиць (рис. 3.2.).

№ з/п	Показники Об'єкт економіки	Площа об'єкту господарчої діяльності ( $S_{OE}$ ), км <sup>2</sup>	Площа адміністративної території одиниці ( $S_{ATO}$ ), км <sup>2</sup>	Чисельність виробничого персоналу ( $N$ ). тис. чол	Чисельність населення АТО, де розташований об'єкт ( $N_{ATO}$ ), тис. чол.	Кількість ПНО, розташованих на території АТО ( $n_{пно}$ ), шт.	Середнє річна кількість НС ( $N_{НС}$ ), шт/рік	Середнє річна кількість персоналу ОЕ постраждалого при НС ( $N_{пер}$ ). чол./рік	Середнє річна кількість населення АТО постраждалого при НС, ( $N_{нас}$ ). тис чол./рік	Площа зони ураження ( $S_{yp}$ ). км <sup>2</sup>	Найбільш можлива кількість уражених ( $N_{yp}$ ) тис. чол.	Збитки від НС ( $Z_{np}$ ). тис. грн.	Відносна величина постраждалої тери- торії ( $P_s$ ). %	Відносний показник постраждалого на- селення ( $P_N$ ). %

Рис. 3.2. Зразок таблиці бази даних

## *Оцінка параметрів та порядок визначення коефіцієнта безпеки об'єкту економіки*

За таблицею 3.1 (базою даних) визначаються максимальні, або мінімальні величини показників вихідних даних, в залежності від того, як останні впливають на безпеку ОЕ та АТО. Для визначення значущості та пріоритету вихідних даних застосовується індекс  $d$ . Його найбільше значення —  $d=1$ . Отже, всі інші показники вибраного значення будуть  $< 1$ . Індекс  $d$  розраховується для кожного окремого показника. Так, наприклад, на території АТО «К» знаходяться 10 ПНО, АТО «Л» — 6 ПНО, АТО «М» — 2 ПНО. Відповідно індекс  $d$  для АТО «К» дорівнює 1, для АТО «Л»  $d = 6 / 10 = 0,6$ , для АТО «М»  $d = 2 / 10 = 0,2$ . Таким чином, індекси значущості та пріоритету складають розрахункову базу для визначення сумарної прогностичної оцінки техногенно-природної небезпеки АТО. Кінцевим результатом розрахунків, виконаних за допомогою вихідних даних, є визначення порівняльного коефіцієнту небезпеки ( $K_{\text{нб}}$ ), показника сумарної прогностичної оцінки техногенно-природної небезпеки, тобто ступеня небезпеки відповідної АТО. Він розраховується, як сума індексів значущості та пріоритету за кожним з показників ОЕ за формулою:

$$K_{\text{нб}} = \sum_{i=1}^m d_i$$

Підсумкове складання порівняльного коефіцієнту небезпеки дозволяє здійснити у першому наближенні ранжування об'єктів за ступенем їхньої небезпеки (табл. 3.2). Чим більше  $K_{\text{нб}}$ , тим більша небезпека впливу вражаючих чинників НС на населення АТО та персонал ПНО.

Таким чином використання даного методу дозволяє визначити ступінь небезпеки відповідного ОЕ на обмежених територіях. А це у свою чергу сприяє обґрунтуванню управлінських рішень щодо розробки та реалізації превентивних заходів спрямованих на запобігання НС на конкретній АТО.

Нижче, для прикладу, наведено варіант оцінки параметрів та визначення коефіцієнту небезпеки гіпотетичної АТО де розглядаються показники, котрі пов'язані з техногенною безпекою, як однією з передбачуваних та прогнозованих. Для порівняння обрано 3 ПНО, ідентифікованих як:

- хімічно небезпечний об'єкт (об'єкт «А»);
- вибухо-, пожеженебезпечний об'єкт (об'єкт «Б»);
- вибухонебезпечний об'єкт (об'єкт «В»).

На підґрунті проведеного аналізу системи техногенної безпеки побудовано її ієрархічну модель (рис. 3.2). У даному випадку ієрархію побудовано з вершини. З урахуванням Державного класифікатора НС (ДК019-2001) проведено ідентифікацію основних загроз техногенній безпеці досліджуваної АТО. Серед найважливіших визначено хімічну небезпеку, вибухо-пожежебезпеку, аварії на транспорті. До системи показників, які характеризують ризики виникнення техногенних НС на АТО, що розглядається, віднесені:

- небезпека ураження території АТО НХР;
- кількість населення, яке потрапляє у зону можливого зараження НХР, наявність систем виявлення НХР;
- небезпека загинути на АТО від пожежі чи вибуху;
- небезпека загинути та бути травмованим у дорожньо-транспортних пригодах.

За існуючими методиками та відповідними статистичними даними визначаються характеристики зон можливого ураження, кількість людей, що можуть опинитися у цих зонах, частота виникнення аварій, а на підґрунті проведеної ідентифікації — кількість та рівні ПНО, які знаходяться на території досліджуваної АТО. Отримані данні заносяться до таблиці 3.1. Після чого визначаються величини відносних показників:

- постраждалої території ( $P_s$ ):

$$P_{ур\ «А»} = (50 / 100) 100 = 50 \%,$$

$$P_{ур\ «Б»} = (20 / 100) 100 = 20 \%, P_{ур\ «В»} = (12 / 100) 100 = 12 \%;$$

- постраждалого населення ( $P_N$ ):

$$P_{N\ «А»} = (34 / 300) 100 = 11,3 \%,$$

$$P_{N\ «Б»} = (5 / 300) 100 = 1,66 \%, P_{N\ «В»} = (2 / 300) 100 = 0,66 \%$$

Значущість і пріоритет початкових даних визначається через індекс  $d$ :

$$d_{1\ «А»} = 1,$$

$$d_{1\ «Б»} = 2/3 = 0,66,$$

$$d_{1\ «В»} = 0,3/3 = 0,1.$$

$$d_{2\ «Б»} = 1,$$

$$d_{2\ «А»} = 0,8/1 = 0,8,$$

$$d_{2\ «В»} = 0,2/1 = 0,2.$$

$$d_{3\ «Б»} = 1,$$

$$d_{3\ «А»} = 2/8 = 0,25,$$

$$d_{3\ «В»} = 5/8 = 0,63.$$

$$d_{4\ «Б»} = 1,$$

$$d_{4\ «А»} = 0,5/2 = 0,25,$$

$$d_{4\ «В»} = 0,1/2 = 0,05.$$

$$d_{5\ «А»} = 1,$$

$$d_{5\ «Б»} = 12/25 = 0,48,$$

$$d_{5\ «В»} = 0,6/25 = 0,024,$$

$$d_{6\ «А»} = 1,$$

$$d_{6\ «Б»} = 0,002/0,3 = 0,0066,$$

$$d_{6\ «В»} = 0,001/0,3 = 0,0033.$$

$$d_{7\ «А»} = 1,$$

$$d_{7\ «Б»} = 20/50 = 0,4$$

$$d_{7\ «В»} = 12/50 = 0,24.$$

$$d_{8\ «А»} = 1,$$

$$d_{8\ «Б»} = 5/34 = 0,15,$$

$$d_{8\ «В»} = 2/34 = 0,06.$$

$$d_{9\ «А»} = 1,$$

$$d_{9\ «Б»} = 130/500 = 0,26,$$

$$d_{9\ «В»} = 25/500 = 0,05$$

$$d_{10\ «А»} = 1,$$

$$d_{10\ «Б»} = 20/50 = 0,4,$$

$$d_{10\ «В»} = 12/50 = 0,24.$$

$$d_{11\ «А»} = 1,$$

$$d_{11\ «Б»} = 1,66/11,3 = 0,15$$

$$d_{7\ «В»} = 0,66/11,3 = 0,06.$$

Таблиця 3.1

## БАЗА ДАНИХ ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННИХ НЕБЕЗПЕК

№ з/п	Показники Об'єкт економіки	Площа об'єкту господарчої діяльності ( $S_{OE}$ ), км <sup>2</sup>	Площа адміністративної територіальної одиниці ( $S_{ATO}$ ), км <sup>2</sup>	Чисельність виробничого персоналу (N), тис. чол.	Чисельність населення АТО, де розташовано ОЕ ( $N_{ATO}$ ), тис. чол.	Кількість ПНО, розташованих на території АТО ( $n_{пно}$ ), шт.	Середнє річна кількість НС ( $N_{НС}$ ), шт/рік	Середнє річна кількість персоналу ОЕ постраждалого при НС ( $N_{пер}$ ), чол./рік	Середнє річна кількість населення АТО постраждалого при НС, ( $N_{наж}$ ), тис. чол./рік	Площа зони ураження ( $S_{зп}$ ), км <sup>2</sup>	Найбільш можлива кількість уражених ( $N_{зп}$ ) тис. чол.	Збитки від НС ( $Z_{зп}$ ), тис. грн.	Відносна величина постраждалої території ( $P_{з}$ ), %	Відносний показник постраждалого населення ( $P_{ж}$ ), %
1	Об'єкт «А»	3 1	100	0,8 0,8	300	2 0,25	0,5 0,25	25 1	0,3 1	50 1	34 1	500 1	50 1	11,3 1
2	Об'єкт «Б»	2 0,66	100	1 1	300	8 1	2 1	12 0,48	0,002 0,0066	20 0,4	5 0,15	130 0,26	20 0,4	1,66 0,15
3	Об'єкт «В»	0,3 0,1	100	0,2 0,2	300	5 0,63	0,1 0,05	0,6 0,024	0,001 0,0033	12 0,24	2 0,06	25 0,05	12 0,24	0,66 0,06
		$d_1$		$d_2$		$d_3$	$d_4$	$d_5$	$d_6$	$d_7$	$d_8$	$d_9$	$d_{10}$	$d_{11}$

Порівняльний коефіцієнт небезпеки ( $K_{нб}$ ) розраховується, як сума індексів значущості та пріоритету за кожним із показників відповідного ОЕ:

$$K_{нб \text{ «А»}} = 1 + 0,8 + 0,25 + 0,25 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 9,3$$

$$K_{нб \text{ «Б»}} = 0,66 + 1 + 1 + 1 + 0,48 + 0,0066 + 0,4 + 0,15 + 0,26 + 0,4 + 0,15 = 5,51$$

$$K_{нб \text{ «В»}} = 0,1 + 0,2 + 0,63 + 0,05 + 0,024 + 0,0033 + 0,24 + 0,06 + 0,05 + 0,24 + 0,06 = 2,2$$

Результати подаються у вигляді табл. 3.2

Таблиця 3.2

## ПІДСУМКИ РАНЖУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ЗА СТУПЕНЕМ ЇХНЬОЇ НЕБЕЗПЕКИ

№ з/п	Об'єкт економіки	Показник порівняльного коефіцієнту небезпеки	Місце
1	об'єкт «А»	9,3	1
2	об'єкт «Б»	5,51	2
3	об'єкт «В»	2,2	3

Аналізуючи отримані величини  $K_{н.б}$  можна зробити висновок, що найбільш небезпечним ПНО на досліджуваній АТО у наведеному прикладі є об'єкт «А». І саме з нього треба починати запровадження заходів щодо мінімізації негативного впливу.

### **Питання до самоконтролю:**

- 1. Назвіть класифікацію вражаючих чинників які виникають підчас надзвичайних ситуацій.*
- 2. Яким чином визначається кількісна характеристика негативного впливу вражаючих чинників надзвичайної ситуації?*
- 3. Назвіть основні завдання системи управління ризиками.*
- 4. Розкрийте сутність методики прогностичної оцінки небезпеки об'єкту економіки (адміністративно територіальної одиниці).*
- 5. З яких рівнів складається ієрархічна модель техногенної безпеки?*
- 6. Які дані необхідні для оцінки рівня техногенної безпеки?*
- 7. Яким чином розраховуються додаткові відносні показники?*
- 8. Яким чином визначається оцінка параметрів та порядок визначення коефіцієнта небезпеки об'єкту економіки.*



## РОЗДІЛ IV

### ВИЗНАЧЕННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПІД ЧАС ПІДГОТОВКИ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ ДЛЯ МІНІМІЗАЦІЇ НАСЛІДКІВ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

#### 4.1. Типові методики та розрахункові залежності оцінки негативних впливів надзвичайних ситуацій

##### *Оцінка обстановки, що створена землетрусом*

Оцінка обстановки, що може скластися в наслідок землетрусу, здійснюється за допомогою шкали сейсмічної інтенсивності MSK-64. Попередньо визначаються вихідні дані: інтенсивність очікуваного землетрусу в балах, характеристики будівель ОЕ та АТО оточення. В залежності від інтенсивності землетрусу надається загальна характеристика можливих його наслідків та впливу на поведінку людей, оточуюче середовище і т. п.

Використовуючи шкалу сейсмічної інтенсивності MSK-64 та таблицю І.1 додаток І, на підґрунті наявності інтенсивності землетрусу в балах, типів будинків та споруд визначаються пошкодження та їхня кількісна характеристика і робляться висновки щодо можливих руйнувань будівель основного та допоміжного виробництв ОЕ та АТО, приймаються відповідні заходи щодо зменшення можливих негативних наслідків землетрусу.

При плануванні та організації РВР на ОЕ варто визначити види й обсяги робіт, розробити проект відновлення зруйнованих елементів, підготувати робочу силу та матеріально-технічне забезпечення. Треба пам'ятати, що роботи доведеться в основному виконувати самостійно на базі внутрішніх можливостей і місцевих ресурсів з урахуванням вимушених відхилень від прийнятих будівельних, технічних та інших норм і правил. При цьому слід враховувати ступені руйнувань:

*повні руйнування* — руйнування й обвали всіх елементів будинків, включаючи підвальні приміщення, ураження людей, що знаходяться в них. Збиток складає більше 70 % (більше 70 % від балансової вартості будівель, споруд, комунікацій), подальше їх-

не використання неможливе. Відновлення можливе тільки шляхом нового будівництва;

*сильні руйнування* — руйнування частини стін і перекриттів верхніх поверхів, утворення тріщин у стінах, деформація перекриттів нижніх поверхів, ураження великої кількості людей, що знаходяться в них. Збиток складає 50 % від вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будівель, споруд, комунікацій); можливе обмежене використання потужностей, що збереглися. Відновлення можливе через проведення капітального ремонту;

*середні руйнування* — руйнування другорядних елементів, утворення тріщин у стінах. Перекриття, як правило, не завалені, підвальні приміщення збереглися, ураження людей уламками конструкцій. Збиток — 40 % від вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будівель, споруд, комунікацій). Промислове устаткування, техніка, транспортні засоби відновлюються в процесі середнього ремонту, а будівлі і споруди — після капітального ремонту;

*слабкі руйнування* — руйнування віконних і дверних прорізів та перегородок. Можливе враження людей уламками конструкцій. Підвали і нижні поверхи цілком зберігаються і придатні для тимчасового використання після поточного ремонту. Збиток складає до 10 % вартості основних продуктивних фондів (балансової вартості будівель і споруд). Відновлення можливе через середній чи поточний ремонт.



Рис. 4.1. Землетрус в м. Спітак. Вірменія. Грудень 1988

Обсяг РВР визначається за формулою:

$$W = G F \text{ тис. грн.},$$

де  $G$  — відносна величина збитку в залежності від характеру руйнувань;  $F$  — балансова вартість основних виробничих фондів ( $F = F_6 + F_T + F_e$ ), де  $F_6$  — виробничі будівлі;  $F_T$  — технологічне устаткування;  $F_e$  — енергетичне устаткування).

Кількість робочої сили, необхідної для виконання РВР, визначається із залежності:

$$R = W / N = G F / N,$$

де  $N$  — норма виробітку на 1 працівника за рік, тис. грн. ( $N = 7000$  грн/рік).

Враховуючи директивний час ( $T$ ) необхідний для виконання РВР, встановлений відповідним міністерством або відомством (для слабких руйнувань — до 2 місяців, для середніх — до 3-х місяців) визначається кількість робочої сили (чол.) для виконання РВР ( $R_1$ ) при тривалості робочої зміни 7 годин (12 год. — для воєнного часу):

$$R_1 = 7(12) \cdot 365 R / T, \text{ чол.}$$

Потреба в матеріалах, výroбах, устаткуванні для проведення РВР визначається за формулою:

$$Q = W g,$$

де  $g$  — норма витрат матеріалів, виробів, устаткування (будівельне, сантехнічне, технологічне устаткування, електротехнічні матеріали за довідковими нормами) на 1 млн. грн. ( $g = 0,65$ ).

Після виконання розрахунків робиться загальний висновок про можливість проведення РВР в оптимальний термін.

### ***Приклад визначення необхідних обсягів, сил і засобів щодо виконання ремонтних та відбудовних робіт на об'єкті економіки***

Обсяг РВР визначається:

$$W = G \cdot F = 0,1 \cdot 2870 - 5,05 = 1449,35 \text{ тис. грн.}, \text{ або } 1\,449\,350 \text{ грн.},$$

де  $G = 10\%$  — відносна величина збитку (залежить від характеру руйнувань);  $F = 2870$  тис. у. о. — балансова вартість основних виробничих фондів.

Кількість робочої сили, необхідної для виконання РВР:

$$R = W / N = G \cdot F / N = 1\,449\,350 / 7000 = 207 \text{ чол. (за рік)}, \\ 207 \cdot 12 = 2484 \text{ чол. (за місяць) — кількість робочої сили, необхід-}$$



ної для виконання РВР, де  $N = 7000$  грн — норма виробітку на одного працівника за рік.

Потреба у матеріалах, виробках, устаткуванні для проведення РВР:

$$Q = W \cdot g = 1\,449\,350 \cdot 0,65 \sim 942\,078 \text{ грн.} = 942,078 \text{ тис. грн.},$$

де  $g = 0,65$  — норма витрат матеріалів, виробів, устаткування (будівельне, сантехнічне, технологічне устаткування, електротехнічні матеріали за довідковими нормами) на 1 млн. грн.

Кількість матеріалів, що збереглися на ОЕ та можуть бути використані для виконання РВР:

$$Q_2 = 0,9 \cdot 2870 \cdot 5,05 = 13044,15 \text{ тис. грн.}$$

Оскільки  $Q < Q_2$ , то потреба ОЕ у матеріалах, виробках та устаткуванні задовольняється у повному обсязі.

### ***Оцінка обстановки, при надзвичайної ситуації техногенного походження***

При оцінці обстановки, що виникає на об'єкті, де використовуються вибухо-, пожежебезпечні речовини, важливо розрізняти випадки, коли аварія виникає в приміщенні чи поза приміщеннями. Вибухи в приміщеннях приводять до більш тяжких руйнацій тому, що частка участі горючої речовини внаслідок виключення розпорошення, у вибуху значно більша. Також при вибухах у приміщеннях значну небезпеку для людей становить не стільки безпосередній вплив УХ, скільки вторинні впливи (уламки, бите скло тощо) при руйнуванні обладнання, котре там знаходиться, та конструкцій об'єкту.

### ***Розрахунок зони надзвичайної ситуації при вибухах газоповітряних, паливоповітряних сумішей у відкритому просторі***

Характерними рисами вибухів газоповітряних, паливоповітряних сумішей (ГПС, ППС) є: виникнення різних типів вибухів: детонаційного, дефлаграційного чи комбінованого (найбільш розповсюджений); утворення п'яти зон ураження: детонаційної (бризантної), дії продуктів вибуху (вогненної кулі), дії УХ, теплового ураження та токсичного задимлення; залежність потужності вибуху від параметрів середовища, у якому відбувається вибух (температура, швидкість вітру, щільність забудови, рельєф місцевості); для реалізації комбінованого чи детонаційного вибу-

ху для ГПС і ППС обов'язковою умовою є створення концентрації продукту горіння в повітрі в межах нижньої та верхньої концентраційної межі (НКМ, ВКМ).

Детонація — процес вибухового перетворення речовини з надзвуковою швидкістю. Дефлаграція — вибухове горіння з дозвуковою швидкістю. Зона горіння — частина простору, у якій утворюється полум'я чи вогненна куля з продуктів горіння. Зона дії УХ — територія в межах якої можливі руйнування, пошкодження будівель та споруд, а також завдання шкоди людині через надмірний тиск УХ. Зона теплового ураження — частина простору, що примикає до зони горіння, у якому відбувається загорання чи зміна стану матеріалів і конструкцій та вражаюча дія на незахищених людей. Зона токсичного задимлення — частина простору, що включає наведені вище зони.

### ***Визначення параметрів вражаючих чинників зон надзвичайної ситуації***

Радіус зони детонаційної дії  $R_1$  дорівнює:

$$R_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{M}, [м],$$

де  $M$  — маса ГПС, ППС у резервуарі, кг. За  $M$  приймається 50 % змісту

резервуара при одиночному збереженні і 90 % — при груповому. Надмірний тиск у фронті УХ в межах зони  $\Delta P_\Phi = 1700 \text{кПа}$ .

Радіус зони дії продуктів вибуху  $R_2$ :

$$R_2 = 1,7 \cdot R_1.$$

Надмірний тиск у зоні розльоту продуктів вибуху дорівнює:

$$\Delta P_\Phi \cong 1300 \left( \frac{R_1}{R_{06}} \right)^3 + 50,$$

де  $R_{06}$  — відстань від центру вибуху до об'єкта, м.

Радіус дії ударної хвилі визначається за залежністю:

$$R_3 = 12 R_1.$$

$\Delta P_\Phi$  у зоні дії повітряної ударної хвилі ( $R_2 < R_{06} < R_3$ ) обчислюється:

$$\Delta P_\Phi = \frac{233}{\sqrt{1 + 0,41 \left( R_{06} / R_1 \right)^3 - 1}}.$$

За табл. І.2 додаток І робиться висновок щодо ступеня руйнувань ОЕ.

### **Наслідки впливу ударної хвилі на людей, будинки і споруди**

При вибуху технологічної установки, резервуара, паро-, газо-повітряної хмари, ВР (атомної бомби) утвориться УХ, яка характеризується надмірним тиском  $\Delta P_\phi$ , кПа, та імпульсом фази стиснення ( $I^+$ ), кПа·с, котрі негативно впливають на людей, будинки, споруди тощо.

Імпульс фази стиснення дорівнює:

$$I^+ = \frac{0,01323k(k+1)P_0R}{\alpha},$$

де  $k = 1,4$  — показник адіабати для повітря;  $\alpha$  — швидкість звуку в повітрі, м/с.

$$\alpha = \begin{cases} 0,3546(k-1)^{-1,1768-0,139451\lg(k-1)} & \text{при } 0 < R^* \leq 2; \\ 1,238k^{-2,1448+0,23251\lg k} & \text{при } R^* > 2, \end{cases}$$

$R^*$  — приведена відстань,  $R^* = R \cdot m_{\text{ТНТ}}^{-\frac{1}{3}}$  або  $R^* = R(P_0/m)^{\frac{1}{3}}$ ,  $R$  — відстань від центру вибуху,  $m$  — маса газу (суміші).

Загальну характеристику впливу УХ на людину наведено у додатку І, табл.І.3. Ймовірність ураження того чи іншого ступеня при впливі УХ на людину можна визначити за формулою (3.1) з використанням відповідних формул пробіт-функції, наведених у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

#### **ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ СТУПЕНЯ УРАЖЕННЯ ЛЮДИНИ**

Розрив барабаних перетинок	$\text{Pr} = -12,6 + 1,524 \ln \Delta P_\phi$
Контузія	$\text{Pr} = 5 - 5,74 \ln \{4,2 / (1 + \Delta P_\phi / P_0) + 1,3 / [I^+ / (P_0^{1/2} m^{1/3})]\}$ , де $m$ — маса тіла, кг
Летальний вихід	$\text{Pr} = 5 - 2,44 \ln [7380 / \Delta P_\phi + 1,38 \cdot 10^{-9} / (\Delta P_\phi I^+)]$

Залежність ступеня руйнувань від величини  $\Delta P_\phi$  УХ наведено в додатку І, табл. І.2.

Ймовірність руйнування будинків і споруд того чи іншого ступеня можна визначити за залежністю (3.1) з використанням формул пробіт-функції, поданих нижче.

**ВИЗНАЧЕННЯ ІМОВІРНОСТІ  
СТУПЕНЯ УРАЖЕННЯ БУДИНКІВ ТА СПОРУД**

Руйнування	Пробіт-функція
Слабкі	$Pr = 5 - 0,26 \ln[(4,6 / \Delta P_\phi)^{3,9} + (0,11 / I^+)^{5,0}]$
Середні	$Pr = 5 - 0,26 \ln[(17\,500 / \Delta P_\phi)^{8,4} + (0,29 / I^+)^{9,3}]$
Сильні	$Pr = 5 - 0,26 \ln[(40\,000 / \Delta P_\phi)^{7,4} + (0,46 / I^+)^{11,3}]$

При вибуху боєприпасів, резервуарів, газу (пари пальної рідини) усередині будинків утворюється поле осколків різного розміру і маси з різною дальністю розльоту, пробивною та забійною силою. Для орієнтованої оцінки вражаючої дії осколків звичайно приймають, що всі вони циліндричної форми, діаметром  $d_1$  і довжиною  $l_1$ , котра дорівнює товщині вихідної оболонки  $\delta_1$ . Товщина металевої перешкоди, що пробивається з 50 %-й імовірністю та швидкість ( $V_{зал}$ ) осколка після перешкоди дорівнює:

$$d_2 = 0,138 d_1 c_1 V_n / \sqrt{y_2 c_2}, \quad V_{зал} = V_n - \frac{7,2 y_1}{d_1 c_1} \sqrt{y_2 c_2},$$

де  $\sigma$  — границя динамічної текучості матеріалу перешкоди, Па;  $\rho$  — щільність матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;  $V_n$  — швидкість осколків у перешкоді, м/с; індекси: 1 — осколок, 2 — перешкода.

Найменшу товщину залізобетонної перешкоди, при якій не відбувається пробивання, можна обчислити з співвідношення:

$$\delta_2 / d_1 = \begin{cases} 2,32 + 1,24\alpha, & \text{при } 1,35 \leq \alpha \leq 13,5 \\ 3,19\alpha - 0,718\alpha^2, & \text{при } \alpha < 1,35 \end{cases}$$

де  $\alpha = S_n / d_1$ ;  $S_n$  — глибина проникнення осколку, м.

Здатність осколка вразити людину визначається його кінетичною енергією  $E_{кин} = 0,125 \pi d_1^2 l_1$ , Дж. Осколок з кінетичною енергією  $E_{кин} > 100$  Дж, здатний вразити людину і має назву «забійний осколок».

***Враження ударною хвилею незахищених людей***

Ступень ураження визначається за таблицею І.4 додатка І, в залежності від величини надмірних тисків у фронті УХ. Розраху-

нок втрат людей в наслідок впливу УХ здійснюється за формулою:

$$N_{\text{нез}} = 3 \cdot P \cdot M^{0.666},$$

де  $M$  — маса ГПС (ППС), т;  $P$  — щільність населення, тис. чол/км<sup>2</sup>.

Санітарні втрати визначаються за формулою

$$N_{\text{сан}} \approx 4N_{\text{нез}}.$$

Можливі втрати людей в зоні НС визначаються як математичне очікування (МО), що дорівнює сумі втрат персоналу об'єкта в залежності від ступеня його захищеності:

$$\text{МО} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot C_i,$$

де  $N_i$  — кількість людей в споруді, чол;  $C_i$  — відсоток втрат, знаходиться за табл. І.5 додатка І;  $n$  — кількість споруд на об'єкті.

### ***Розрахунок зони надзвичайної ситуації при вибухах газоповітряних, паливоповітряних сумішей у приміщенні***

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

Надмірний тиск вибуху для конкретних паливних речовин, що складаються з атомів С, Н, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{max}} = (P_{\text{max}} - P_0) \frac{100M \cdot z}{c_{\text{смх}} \cdot V_{\text{во}} \cdot \rho_{\text{П(Г)}} \cdot \Phi},$$

де  $P_{\text{max}}$  — максимальний тиск вибуху стехіометричної ГПС, ППС у замкнутому об'ємі, визначається за довідником. Якщо дані відсутні, то приймають  $P_{\text{max}} = 900$  кПа;  $P_0$  — початковий тиск у приміщенні, кПа (приймають  $P_0 = 101$  кПа);  $M$  — маса ГПС, що потрапила у приміщення в наслідок аварії, кг;  $z$  — коефіцієнт участі пальної речовини у вибуху в приміщенні, дорівнює: 0,5 — для паливних газів, промислового пилю; 0,3 — для легко займистої речовини (ЛЗР) і паливних рідин, нагрітих до температури спалаху і вище та при температурі нижче температури спалаху при утво-

ренні аерозолі;  $V_{\text{во}}$  — вільний об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ ;  $\rho_{\text{п(г)}}$  — щільність пари (газу) при  $P_0$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , визначається залежністю:

$$\rho_{\text{п(г)}} = \frac{12,15 \cdot M_p}{t_n + 273},$$

де  $M_p$  — молярна маса речовини,  $\text{г}/\text{моль}$ ;  $t_n$  — температура повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $\varphi$  — коефіцієнт негерметичності приміщення і не адіабатичності процесу горіння, дорівнює 3;  $C_{\text{стх}}$  — стехіометрична концентрація газів чи пари, визначається за формулою:

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

де  $\beta$  — стехіометричний коефіцієнт кисню в рівнянні реакції горіння, дорівнює:

$$\beta = n_c + \frac{n_n - n_{\Gamma}}{4} - \frac{n_0}{2}$$

( $n_c$ ,  $n_n$ ,  $n_0$ ,  $n_{\Gamma}$  — кількість атомів С, Н, О та галогенів у молекулі пального).

**Примітка.** Стехіометричною сумішшю називають оптимальний склад речовин, у якому кількість компонентів відповідає формулі хімічної реакції горіння.

У реальних умовах для оперативних розрахунків доцільно використовують співвідношення

$$\Delta P_{\text{max}} = \frac{z \cdot M \cdot Q_m \cdot P_0}{\varphi \cdot \rho_n V_{\text{во}} \cdot T_0 \cdot C_p}, \quad (*)$$

де  $T_0$  — температура повітря в приміщенні до вибуху,  $\text{K}$ ;  $Q_m$  — питома теплота вибуху ППС, ГПС,  $\text{кДж}/\text{кг}$  (табл. І.6 додатка І);  $C_p$  — тепло місткість повітря,  $C_p = 1,01 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot\text{K}$ ;  $\rho_n$  — щільність повітря до вибуху (при  $T_0$ ,  $\rho_n = 1,2$ ),  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\varphi$  — коефіцієнт негерметичності приміщення і не адіабатичності процесу горіння, дорівнює 2,5. Для палих газів з  $z = 0,5$  та  $t = 20^{\circ}\text{C}$  формула (\*) спрощується

$$\Delta P_{\text{max}} = 14,0 \cdot \frac{M \cdot Q_m}{V_{\text{во}} T_0}.$$

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

$$R_0 = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V_3}{2\pi}},$$

де  $V_3$  — загальний об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ .

**Примітка:** — вибух у приміщенні можливий тільки за значення фактичної густини речовини в повітрі більше небезпечної густини;  
— якщо у приміщенні стався вибух з  $\Delta P_{\phi} > 30 \text{кПа}$ , то воно, як правило, руйнується (частково або повністю);  
— вільний об'єм приміщення складає 80 % від загального об'єму.

### ***Приклад розрахунку зони надзвичайної ситуації при вибухах газоповітряних, паливоповітряних сумішей у приміщенні***

Визначимо надмірний тиск вибуху ацетону:

$$\Delta P_{\max} = (900 - 101) \frac{100 \cdot 30 \cdot 10^3 \cdot 0,3}{4,39 \cdot 27608 \cdot 1,742 \cdot 3} = 567,8 \text{ (кПа)}.$$

Щільність пари (газу) при  $P_0$ :

$$\rho_{\text{п(г)}} = \frac{12,15 \cdot 42}{20 + 273} = 1,742 \text{ (кг/м}^3\text{)}.$$

Стехіометрична концентрація газів чи пари:

$$C_{\text{стх}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 4,5} = 4,39,$$

де стехіометричний коефіцієнт кисню в рівнянні реакції горіння, дорівнює:

$$\beta = 3 + \frac{6}{4} = 4,5.$$

Так як вільний об'єм приміщення складає 80 % від загального об'єму, то:  $V_{\text{во}} = 17 \cdot 145 \cdot 14 \cdot 0,8 = 27608 \text{ (м}^3\text{)}$ .

За розрахованою величиною надмірного тиску в 567,8 кПа цех буде зруйнований повністю. Ураження людей УХ — смертельні (незворотні).

**Приклад розрахунку параметрів зони теплового впливу, що може утворитися під час загоряння хмари газоповітряної суміші**

При загорянні хмари ГПС утворюється вогняна куля з радіусом  $R_{\text{вк}}$  із часом свічення  $t_{\text{вк}}$  та інтенсивністю теплового випромінювання  $I$ , кДж/м<sup>2</sup>с, які визначаються за формулами:

$$R_{\text{вк}} = 2,25\sqrt[3]{M}, [\text{м}], t_{\text{вк}} = 2,76\sqrt[3]{M}, [\text{с}], I = \frac{133\sqrt[3]{M^2}}{R^2}, [\text{кДж/м}^2\text{с}],$$

де  $R$  — радіус зони теплового впливу.

Перетворюючи останню формулу можна визначити радіус дії вогняної кулі :

$$R = \sqrt{\frac{133 \cdot M^{2/3}}{I^*}},$$

де  $M$  — маса ГПС, ППС у резервуарі, кг,  $I^*$  — задана інтенсивність теплового випромінювання, критерій ураження людини (табл. І.7 додатка І), кДж/м<sup>2</sup>с.

Величину теплового імпульсу  $U$ , кДж/м<sup>2</sup>, знаходять за формулою:

$$U = I \cdot t_{\text{вк}}.$$

Вражаючі дії УХ та теплового імпульсу визначаються шляхом порівняння обчислених значень  $\Delta P_{\text{ф}}$  і  $U$  з табличними (табл. І.4, табл. І.8 додатка І).

Визначимо з радіус  $R_{\text{вк}}$  вогняної кулі, час свічення  $t_{\text{вк}}$  та інтенсивність теплового випромінювання  $I$ :

$$R_{\text{вк}} = 2,25\sqrt[3]{30 \cdot 10^3} = 69,9 \text{ (м)}, t_{\text{вк}} = 2,76\sqrt[3]{30 \cdot 10^3} = 85,8 \text{ (с)},$$
$$I = \frac{133\sqrt[3]{(30 \cdot 10^3)^2}}{340^2} = 1,11 \text{ (кДж/м}^2\text{с)}$$

Дане значення теплового випромінювання не перевищує безпечне значення у 1,25 кДж/м<sup>2</sup>с, тому люди його не відчуватимуть.

Безпечний радіус дії вогняної кулі :

$$R_{\text{без}} = \sqrt{\frac{133 \cdot (30 \cdot 10^3)^{2/3}}{1,25}} = 320,5 \text{ (м)},$$



оскільки за вихідними даними цех знаходиться на безпечній відстані — 340 м.

Тепловий імпульс знаходять за формулою:

$$U = 1,11 \cdot 85,8 = 95,3 \text{ (кДж/м}^2\text{)}$$

За даного значення теплового імпульсу може відбутися займання газетного паперу.

### ***Розрахунок параметрів зони теплового впливу, що може утворитися під час пожежі***

Розміри зони теплового впливу розраховують за співвідношенням, яке визначає безпечну відстань  $R_{\text{без}}$ , м, при заданому рівні інтенсивності теплового випромінювання для людини:

$$R_{\text{без}} = R^* \sqrt{\frac{\chi Q_0}{I^*}};$$

об'єкта, матеріалу тощо:

$$R_{\text{без}} = \sqrt{\frac{\alpha M Q_v}{2\pi I^* t_{\text{вк}}}},$$

де  $\chi$  — коефіцієнт, що характеризує геометрію осередку пожежі:  $\chi = 0,02$  — якщо джерело горіння плоске (розлив на поверхні землі чи води нафти, бензину, іншої легкозаймистої речовини (ЛЗР) тощо);  $\chi = 0,08$  — якщо джерело горіння об'ємне (палаючий будинок, резервуар);  $q_0$  — питома теплота пожежі, кДж/м<sup>2</sup>·с (табл. І.9 додатка І);  $Q_v$  — питома теплота згоряння, кДж/кг,  $M$  — маса пальної речовини, кг;  $t_{\text{вк}}$  — час горіння (світіння вогняної кулі), хв;  $\alpha$  — коефіцієнт, що враховує частку енергії, яка йде на променевиий теплообмін (для деревини  $\alpha = 0,4$ , для нафтопродуктів  $\alpha = 0,6$ );  $I^*$  — задана інтенсивність теплового випромінювання, кДж/м<sup>2</sup>·с — критерій ураження людини, загорання матеріалу чи їхньої безпеки (табл. І.7 додатка І);  $R^*$  — приведений розмір осередку пожежі:

— для палаючих будівель  $R^* = \sqrt{S} = \sqrt{Lh}$  ( $L$  — довжина стіни,  $h$  — висота будівлі), м;

— для штабелів пильного лісу  $R^* = \sqrt{L \cdot (3/4)h_u}$  ( $h_u$  — висота штабеля), м;

— при горінні нафтопродуктів у резервуарах, ЛЗР  $R^* = D_{\text{рез}}$ ; пальні рідини  $R^* = 0,8 D_{\text{рез}}$ , ( $D_{\text{рез}}$  — діаметр резервуара), м;

— при розливі пальної рідини  $R^* = d$ ,  $d$ — діаметр розливання (вільне розтікання), м:

$$R^* = d = \sqrt{25,5V},$$

де  $V$ — об'єм рідини, м<sup>3</sup>;

— при виливанні в піддон  $R^* = L_i$ — довжина піддону, м.

### ***Приклад розрахунку параметрів зони теплового впливу, що може утворитися під час пожежі***

Безпечна відстань  $R_{\text{без}}$ , при заданому рівні інтенсивності теплового випромінювання для людини знаходиться як:

$$R_{\text{без люд}} = \sqrt{17 \cdot 145} \sqrt{\frac{0,08 \cdot 1200}{1,25}} = 435 \quad (\text{м}),$$

для матеріалу — дерева:

$$R_{\text{без мат}} = \sqrt{\frac{0,430 \cdot 10^3 \cdot 28600}{2,3,14 \cdot 14,86}} = 213,3 \quad (\text{м}).$$

### ***Оцінка наслідків теплового впливу на людей та споруди***

Дія теплового впливу на людину пов'язана з перегріванням і наступними біохімічними змінами верхніх шарів шкіри. Людина відчуває сильний біль, коли температура верхнього шару шкірного покриву (~0,1 мм) підвищується до 45°C. Час досягнення «по рога болю»  $\tau$ , пов'язаний зі щільністю теплового потоку  $q$ , кВт/м<sup>2</sup>, співвідношенням

$$\tau = (35/q)^{1,33}, \quad (\text{с}).$$

При щільності теплового потоку менш за 1,7 кВт/м<sup>2</sup> біль не відчувається навіть при тривалому тепловому впливі. Ступінь теплового впливу залежить від величини теплового потоку і тривалості теплового випромінювання. При відносно слабкому тепловому впливі буде ушкоджуватися тільки верхній шар шкіри (епідерміс) на глибину близько 1 мм (опік I ступеня — почервоніння шкіри). Збільшення щільності теплового потоку, тривалості випромінювання спричиняють вплив на нижній шар шкіри — дерму (опік II ступеня — поява пухирів) і підшкірний шар (опік III ступеня). Здорові дорослі люди і підлітки виживають, якщо опіки II і III ступеня охоплюють менш 20 % поверхні тіла. Виживає-

мось потерпілих навіть при інтенсивній медичній допомозі різко знижується, якщо опіки II і III ступеня складають 50 % і більш від поверхні тіла.

Ймовірність ураження того чи іншого ступеня при тепловому впливі визначається за формулою (3.1) з використанням пробіт-функцій, відповідні формули яких подано в табл. 4.3.

Таблиця 4.3

**ФОРМУЛИ ПРОБИТ-ФУНКЦІЙ  $Pr$  У ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТУПЕНЯ ТЕПЛООВОГО УРАЖЕННЯ**

Ступінь ураження	Формула
Опік першого ступеня	$Pr = -34,8 + 3,02 \ln(q^{4/3} \tau)$
Опік другого ступеня	$Pr = -38,1 + 3,02 \ln(q^{4/3} \tau)$
Смертельне ураження	$Pr = -31,4 + 2,56 \ln(q^{4/3} \tau)$

**Примітка.**  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>;  $\tau$ , с.

Тепловий вплив на легкозаймісті матеріали (наприклад внаслідок пожежі, ядерного вибуху і т. п.) може спричинити подальше поширення аварії і перехід її до стадії каскадного розвитку. За наявної статистики, поширення і розвиток пожеж у виробничих приміщеннях відбуваються в основному за матеріалами, сировиною та технологічному устаткуванню (42 %), а також за спалимих будівельних конструкціях (36 %). Серед останніх найбільше поширення мають деревина і пластичні матеріали. Для кожного матеріалу існує критичне значення щільності теплового потоку  $q_{кр}$ , при якому загоряння не відбувається навіть при тривалому тепловому впливі. При збільшенні щільності теплового потоку час до початку загоряння матеріалу зменшується (табл. III.2 додаток III). У загальному випадку залежність часу загоряння від величини щільності теплового потоку має вигляд:

$$\tau = A / (q - q_{кр})^n,$$

де  $A$  та  $n$  — константи для конкретної речовини (наприклад, для деревини  $A = 4360$ ,  $n = 1,61$ ).

При тривалості теплового впливу 30 с і щільності теплового потоку 12 кВт/м<sup>2</sup> відбувається загоряння дерев'яних конструкцій; при 10,5 кВт/м<sup>2</sup> — обгоряє фарба на пофарбованих металевих конструкціях, обвуглюються дерев'яні конструкції; при 8,4

кВт/м<sup>2</sup> — спучується фарба на металевих конструкціях, руйнуються дерев'яні конструкції. Щільність теплового потоку 4,0 кВт/м<sup>2</sup> безпечна для об'єктів. Особливо небезпечним є нагрівання резервуарів (ємностей) з нафтопродуктами, котре може привести до їхнього вибуху. У залежності від тривалості опромінення критична щільність теплового потоку для ємностей з нафтопродуктами, котрі мають температуру спалаху  $\leq 235^{\circ}\text{C}$  значно змінюється, табл. 4.4.

Таблиця 4.4

**ЗАЛЕЖНІСТЬ КРИТИЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ  
ТЕПЛОВОГО ПОТОКУ ВІД ТРИВАЛОСТІ ОПРОМІНЕННЯ**

Тривалість дії, хв.	5	10	15	20	29	>30
Критичне значення щільності теплового потоку $q_{кр}$ , кВт/м <sup>2</sup>	34,9	27,6	24,8	21,4	19,9	19,5

Небезпека теплового впливу на будівельні конструкції пов'язана зі значним зниженням їхньої будівельної міцності при перевищенні визначеної температури. Ступінь стійкості споруд до теплового впливу залежить від межі вогнестійкості конструкції, котра визначається часом, після закінчення якого відбувається втрата несучої здатності. Міцність матеріалів може бути охарактеризована так називаною критичною температурою прогріву, котра для сталевих балок, ферм тощо складає 470...500 С, для металевих зварених і жорстко затиснених конструкцій — 300...350 С.

При проектуванні будинків і споруд використовують залізобетонні конструкції, межа вогнестійкості яких значно вище, ніж у металевих. Так, межа вогнестійкості залізобетонних колон з перетином 20 × 20 см відповідає 2 годинам, з перетином 30 × 50 см — 3,5. Втрата несучої здатності елементів, котрі згинаються, балок тощо, настає внаслідок прогріву розтягнутої арматури до критичної температури 470...500 С. Межа вогнестійкості попередньо напруженого залізобетону така ж, як у конструкцій з ненапруженою арматурою. Особливість напружених конструкцій — утворення незворотних деформацій при їхньому прогріві вже до 250 С, після чого нормальна експлуатація останніх неможлива.

Величини критичної температури прогріву деяких будівельних матеріалів (С), складають: полімерні матеріали — 150, скло — 200, алюміній — 250, сталь — 500.

### ***Розрахунок характеристик зони задимлення, що утворюється під час пожежі***

Зона задимлення є небезпечною для людини, якщо вміст оксиду вуглецю складає понад 0,2 %, вуглекислого газу понад 6 %, кисню менше 17 %. При наявності в зоні горіння НХР, пластмас, фанери можуть виділятися токсичні продукти: фенол, формальдегід, хлористий водень, ціаністий водень, оксиди азоту та інші речовини (табл. І.10 додаток І).

Зона задимлення при пожежі має форму трапеції (рис. 4.1.)

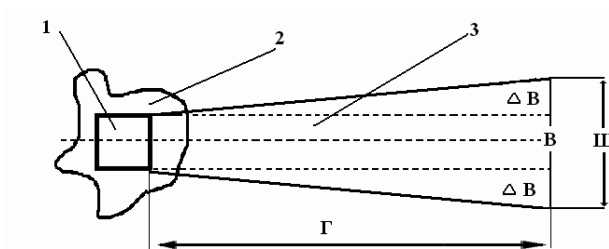


Рис. 4.2. Зони вражаючого впливу на людину під час пожежі:

- 1 — палаюча споруда; 2 — зона теплового впливу;  
3 — зона задимлення; В — ширина зони горіння, м, Г — глибина зони задимлення, м, Ш — ширина зони задимлення, м

Ширину зони задимлення Ш визначають за формулою:

$$\text{Ш} = \text{В} + 2\Delta\text{В},$$

де  $\Delta\text{В} = 0,1\Gamma$  — при стійкому вітрі (відхилення менш  $\pm 6^\circ$ );  $\Delta\text{В} = 0,4\Gamma$  — під час дії нестійкого вітру (відхилення більш  $6^\circ$ );  $a$ ,  $b$  — коефіцієнти частки маси токсичних продуктів у первинній і вторинній хмарах (табл. І.11 додаток І). При пожежі коефіцієнти  $a$  і  $b$  для всіх НХР приймають значення:  $a = 1$ ,  $b = 0$ ;  $\Delta\text{В}$  — для стійкого вітру.

Глибину небезпечної за токсичною дією частини зони задимлення  $\Gamma$ , м, визначають за співвідношенням

$$\Gamma = \frac{34,2}{K_1} \cdot \left[ \frac{M(a+b)}{K_2 v_{\text{пер}} D} \right]^{2/3}$$

де  $M$  — маса токсичних продуктів горіння, кг;  $D$  — токсична доза, мгхв/л (табл.І.11);  $v_{\text{пер}}$  — швидкість перенесення диму, дорів-

нює  $W$  (табл. П.1 додаток П), м/с;  $K_1$  — коефіцієнт шорсткості поверхні: відкрита поверхня — 1; степова рослинність, сільгосп-угіддя — 2; чагарник, окремі дерева — 2,5; міська забудова, ліс — 3,3;  $K_2$  — коефіцієнт ступеня вертикальної стійкості атмосфери (інверсія — 1; ізотермія — 1,5; конвекція — 2).

***Приклад розрахунку характеристик зони задимлення, що утворюється під час пожеж***

Глибину небезпечної за токсичною дією частини зони задимлення визначимо за співвідношенням:

$$\Gamma = \frac{34,2}{3,3} \cdot \left[ \frac{1250(1+0)}{2 \cdot 21 \cdot 25} \right]^{\frac{2}{3}} = 11,64 \text{ (м)},$$

ширину зони задимлення:

$$\Pi = 14 + 2 \cdot 1,164 = 16,33 \text{ (м)},$$

де  $\Delta B = 0,1 \cdot 11,64 = 1,164$ .

Суміші летких речовин, що виділяються при пожежах, складні за вмістом, їх вплив на живий організм розглядають диференційовано, а не адитивне.

Врахувати комбіновану дію різних токсичних компонентів суміші продуктів можливо з урахуванням еквівалента токсичного ефекту продуктів горіння, От що визначається за ефектом оксиду вуглецю, при умові, якщо цей компонент має токсичну дію значущим. Для цього вводиться коефіцієнт комбінованої дії  $r_i$ , який визначається як:

$$r_i = \frac{C_{1,50}(с.с.к.)}{C_{1,50}(к.п.р.)}$$

де  $C_{1,50}$  (с. с. к.) — середня смертельна концентрація СО при ізолюваному впливу;

$C_{1,50}$  (к. п. р.) — концентрація СО у складі продуктів горіння.

За фізичною сутністю коефіцієнт комбінованої дії прирівнює дію суміші летких речовин до певного ефекту дії СО. Тобто розрахувати умовну ймовірність токсичного ураження людей продуктами горіння можливо введенням коефіцієнта комбінованої дії у залежність:

$$Pr = -38,14 + 2,35 \ln (r_i \cdot C^{1,57} \cdot \tau)$$

Токсичність продуктів горіння багатьох органічних речовин визначається, в основному, за наявністю оксиду вуглецю.

## ***Оцінка хімічної обстановки під час аварій на об'єкті економіки та транспорту***

Перелік використовуваних у країні хімічних речовин нараховує більш 70 тис. найменувань. Більшість з них становить визначену небезпеку для здоров'я людей і екології, однак до НХР відносять тільки ті речовини, прямий або опосередкований вплив яких на людину може спричинити їй гострі чи хронічні захворювання або загибель.

За характером впливу на організм людини НХР поділяють на три групи: інгалаційної дії (ІД), вони надходять через органи дихання; пероральної (ПД), котрі діють через шлунково-кишковий тракт та шкіряно резорбційної дії (ШРД) — діючі через шкірні покриви.

До основних характеристик токсичних властивостей НХР належать: гранично допустима концентрація ГДК, мг/м<sup>3</sup>, смертельна концентрація речовини в даному середовищі (повітрі, воді, продуктах), а також токсидоза (гранична, вражаюча, смертельна). Найбільше часто використовують величини  $LD_{50}$  мг/л, — середню смертельну концентрацію, яка спричиняє летальний вихід у 50 % уражених, і  $LD_{50}$  мг·хв/л, — середню смертельну токсидозу, котра спричиняє летальний вихід у 50 % уражених при тривалості експозиції для незахищеного населення 30 хв. Відповідно до ДСТУ 12.1.07-76, за небезпекою впливу на організм людини всі НХР поділяються на чотири класи (табл. П.13.).

Введення такої класифікації обумовлене тим, що в ряді випадків високотоксичні з'єднання виявляються внаслідок особливостей їхніх фізико-хімічних властивостей відносно мало небезпечними і, навпаки, низько токсичні стають високо небезпечними (наприклад, аміак). Речовини I і II класів здатні утворювати небезпечні концентрації для життя і здоров'я людей навіть при невеликих витоках. Ступінь безпеки хімічної речовини при аваріях на ХНО значною мірою залежить від її кількості на аварійному об'єкті.

Оцінка хімічної обстановки може здійснюватися для довгострокового (оперативного) і аварійного прогнозування при аваріях на ХНО і транспорті, а також для визначення ступеня хімічної безпеки ХНО та АТО.

*Довгострокове (оперативне) прогнозування (ДОП)* здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів зараження, сил і засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складення планів роботи та інших довгострокових

(довідкових) матеріалів. Для ДОП використовуються такі дані: загальна кількість НХР для об'єктів, що розташовані в небезпечних районах (для сейсмонебезпечних районів та на воєнний час тощо), при цьому приймається розлив НХР «вільно»; кількість НХР в одиничній максимальній технологічній ємності — для інших об'єктів. В останніх випадках приймається розлив НХР «у піддон» або «вільно» залежно від умов зберігання НХР; ступінь заповнення ємності (ємностей) приймається 70 % від паспортного об'єму ємності; ємності з НХР при аваріях руйнуються повністю; при аваріях на продуктопроводах (аміакопроводах тощо) кількість НХР, що може бути викинута, приймається за її кількість, що знаходиться між відсікачами (для продуктопроводів об'єм НХР приймається 100-300 т); метеорологічні дані: швидкість вітру в приземному шарі — 1 м/с, температура повітря 20<sup>0</sup>С, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) — інверсія, напрямок вітру не враховується, а розповсюдження хмари зараженого повітря приймається у колі 360 град.; середня щільність населення для цієї місцевості.

Площа зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) визначається як:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 3,14\Gamma^2,$$

де  $\Gamma$  — глибина зони, км (табл. П.2 додатка 2).

Площа прогнозованої зони хімічного зараження (ПЗХЗ):

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,11\Gamma^2.$$

Заходи щодо захисту населення детально плануються на глибину зони можливого хімічного зараження, що утворюється протягом перших 4 годин після початку аварії.

*Аварійне прогнозування* здійснюється під час виникнення аварії за даними розвідки для визначення можливих наслідків, порядку дій в зоні можливого зараження. Воно здійснюється на термін не більше 4 години, після чого прогноз має бути уточнений.

Для аварійного прогнозування використовуються наступні дані: загальна кількість НХР на момент аварії в ємності (трубопроводі), на яких утворилась аварія; характер розливу НХР на підстильній поверхні («вільно» або «у піддон»); висота обвалування (піддону); реальні метеорологічні умови: швидкість (м/с) і напрямок вітру у приземному шарі, СВСП (інверсія, конвекція, ізотерія) (табл. П.3 додатка П); середня щільність населення для місцевості над якою розповсюджується хмара НХР; площа ЗМХЗ; площа ПЗХЗ.



### **Визначення параметрів зон хімічного зараження під час аварійного прогнозування**

Площа  $S_p$  та радіус  $R_p$  розливу розраховуються за формулами:

$$S_p = \frac{Q}{h \cdot d}; R_p = \sqrt{\frac{S_p}{\pi}},$$

де  $d$  — густина НХР, т/м<sup>3</sup> (визначається за табл. П.4 додатка П),  $Q$  — маса НХР, т;  $h$  — товщина шару розлитої НХР, м.

Розмір ЗМХЗ приймається як сектор кола, площа якого залежить від швидкості та напрямку вітру розраховується за емпіричною формулою:

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

де  $\varphi$  — коефіцієнт, який умовно дорівнюється кутовому розміру зони (табл. П.5 додатка П).

Глибини розповсюдження для НХР, значення яких не визначено в таблиці П.2 додаток П, розраховуються з використанням коефіцієнтів таблиць П.4, П.6, П.7, П.8 додатка П. Після визначення даних з урахуванням усіх коефіцієнтів отримана величина порівнюється з максимальним значенням глибини переносу повітряних мас за  $N$  годин:

$$\Gamma' = N W, \text{ км.}$$

Для подальших розрахунків береться менше із двох значень глибини зони зараження та максимальна величина глибини переносу повітряних мас.

Площа прогнозованої зони хімічного зараження визначається:

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

де  $K$  — коефіцієнт, що залежить від СВСП і дорівнює при інверсії — 0,081, при ізотермії — 0,133, при конвекції — 0,235;  $N$  — час, на який розраховується глибина ПЗХЗ.

Межі осередку хімічного ураження визначаються шляхом нанесення розмірів зон зараження на топографічні карти та схеми, як показано на рис. 4.2, кола при швидкості вітру за прогнозом менше 0,5 м/с. Центр кола збігається з джерелом зараження, радіус дорівнює глибині зараження  $\Gamma$  (рис. 4.2, а). Півкола при швидкості вітру за прогнозом від 0,5 до 1,0 м/с, радіус півкола дорівнює  $\Gamma$ , бісектриса півкола збігається з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямком вітру (рис. 4.2, б). Сектора з  $\varphi = 90^\circ$  при швидкості вітру 1,0...2,0 м/с;  $\varphi = 45^\circ$  при швидкості вітру більше 2 м/с; радіус сектора дорівнює  $\Gamma$ , бісектриса сектора збіга-

ється з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямком вітру (рис. 4.2, в).

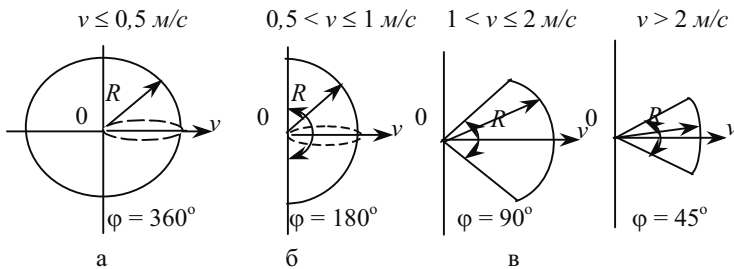


Рис. 4.3. Вигляд зон можливого зараження НХР

Час підходу забрудненого повітря до об'єкта залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = X / W, \text{ год,}$$

де  $X$  — відстань від джерела забруднення до заданого об'єкта, км;  $W$  — швидкість переносу переднього фронту хмари зараженого повітря в залежності від швидкості вітру (табл. II.1 додатка II), км/год.

*Прийняті припущення:* якщо НХР розливається «вільно», то товщина розлитого шару  $h$  складає 0,05 м. Розлив «у піддон» приймається, якщо розлита НХР обмежена обвалуванням, при цьому товщина шару розливої НХР приймається  $h=H-0,2$  м, де  $H$  — висота обвалування. Усі розрахунки виконуються на термін не більше 4 годин. Приклад нанесення зон хімічного зараження на карту місцевості залежно від площі розливу  $S_p$  при швидкості вітру від 0,6 до 1 м/с, азимут вітру  $A = 270^\circ$ ,  $\varphi = 180^\circ$  наведено на рис. 4.3. Вся побудова зон на карті (схемі) виконується чорним кольором, а отримане графічне зображення зони фактичного зараження виділяють жовтим кольором.

Тривалість дії НХР визначається терміном випаровування НХР з поверхні її розливу ( $t_{yp} = t_{вип}$ ), що залежить від характеру розливу («вільно» чи «у піддон»), швидкості вітру, типу НХР і може бути визначено за табл. II.9 додатка II або розраховано за формулою:

$$t_{yp} = t_{вип} = h \cdot d / K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \text{ ГОД,}$$

де  $K_1$  — коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей НХР, береться з табл. II.4 додатка II;  $K_2$  — коефіцієнт, що

враховує температуру повітря (табл. П.4 додатка П);  $K_3$  — коефіцієнт, що враховує швидкість вітру  $v$  і розраховується  $K_3 = (v + 2) / 3$ .

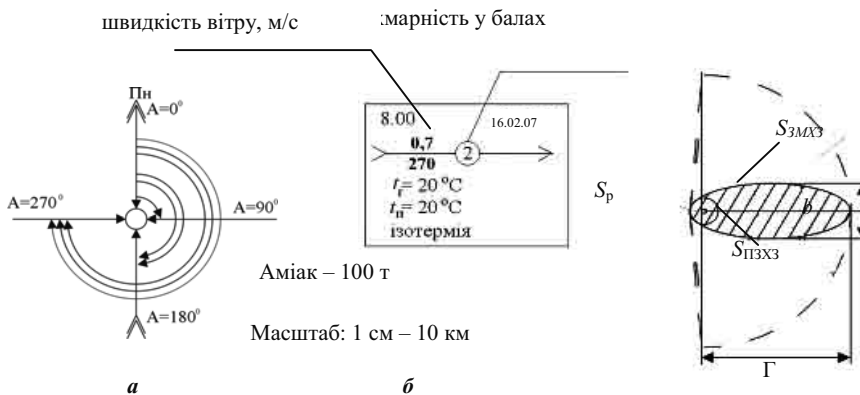


Рис. 4.3. Приклад нанесення зон хімічного зараження на карту місцевості:

a — можливі напрямки вітру (A — азимут, Пн — північ);

b — параметри зон хімічного зараження, b — ширина зони ПЗХЗ

Оцінка можливих втрат робітників і службовців та населення від дії НХР в осередку хімічного ураження здійснюється за табл. П.14 додатка П.

### Дія токсичних речовин на людину і навколишнє середовище

У загальному випадку гострого токсичного впливу на людину ефект ураження  $P_{\text{пор}}$  подають у вигляді формули (3.1). У випадку перебування людини в атмосфері з постійною концентрацією токсиканту (НХР) значення пробіт-функції можна визначити за співвідношенням:

$$Pr = a + b \ln(c^n \tau), \quad (4.1)$$

де  $c$  — концентрація токсиканту, ppm;  $\tau$  — тривалість експозиції, хв.; значення коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $n$  — знаходяться за табл. 4.5.

Концентрація токсиканту «с» (ppm) (part per million by volume) пов'язана з концентрацією «с» (мг/л) наступним співвідношенням:

$$c_{\text{ppm}} = 10^{-3} c(273,15 + t)/(12,187M),$$

де  $t$  — температура суміші,  $^\circ\text{C}$ ;  $M$  — молекулярна маса токсиканту.

Таблиця 4.5

ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ *A, B I N* ДЛЯ ФОРМУЛИ (4.1)

Речовина	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>n</i>
Акролеїн	-9,931	2,049	1,000
Акрилонітрил	-29,420	3,008	1,430
Аміак	-35,900	1,850	2,000
Бензол	-109,780	5,300	2,000
Бром	-9,040	0,920	2,000
Чадний газ	-37,980	3,700	1,000
Чотирихлористий вуглець	-6,290	0,408	2,500
Хлор	-8,290	0,920	2,000
Формальдегід	-12,240	1,300	2,000
Соляна кислота	-16,850	2,000	2,000
Ціаністоводнева кислота	-29,420	3,008	1,430
Фтористоводнева кислота	-35,870	3,354	1,000
Сірководень	-31,420	3,008	1,430
Бромистий метил	-56,810	5,270	1,000
Метилізоціанат	-5,642	1,637	0,653
Діоксид азота	-13,790	1,400	2,000
Фосген	-19,270	3,686	1,000
Оксид пропілена	-7,415	0,509	2,000
Діоксид сірки	-15,670	2,100	1,000
Толуол	-6,794	0,408	2,500

Корисним також є співвідношення 1 % об. = 10 000 ppm.

Наведені в табл. 4.5 величини коефіцієнтів є усередненими, оскільки результати токсикологічного впливу істотно залежать від поточного стану людини, її віку, фізичних даних тощо. Наприклад, при оцінці масштабів ураження хлором коефіцієнти, наведені в табл. 4.5, коректні для дорослих і підлітків, а для дітей та людей похилого віку пробіт-функція має вигляд:

$$Pr = -6,61 + 0,921 \ln(c_{ppm}^2 \tau).$$

Проблема тривалого токсичного впливу малих концентрацій токсикантів на людину є однією з самих складних, оскільки теорія практично відсутня, а експеримент типу «ефект-доза» вкрай складний через рівнобіжну дію багатьох токсикантів. Звичайно для визначення наслідків тривалого впливу малих доз використовують лінійні моделі типу

$$P_{\text{пор}}(D, \tau) = k_c c,$$

де  $c$  — середня концентрація токсиканту за річний період,  $(\text{мг}/\text{м}^3)\cdot\text{рік}$ ;  $k_c$  — коефіцієнт дозової залежності для визначеного виду збитку (онкологічні захворювання, захворювання серцево-судинної системи тощо) за період життя людини в даному районі (знаходиться за статистичними медичними даними). Як приклад, у табл. 4.6 наведено величини коефіцієнту дозової залежності  $k_c$  для онкологічних захворювань (коефіцієнт відносної канцерогенної активності).

Таблиця 4.6

#### ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ВІДНОСНОЇ КАНЦЕРОГЕННОЇ АКТИВНОСТІ

Класи речовин	Коефіцієнт $k_c$
Поліциклічні ароматичні вуглеводні	$1,4 \cdot 10^{-3}$
Нітрити	$1,3 \cdot 10^{-4}$
Нікель	$2,8 \cdot 10^{-5}$
Миш'як	$6,8 \cdot 10^{-6}$

При спільній дії багатьох токсикантів використовують метод додавання (адитивності) ефектів, що відносно справедливо тільки при односпрямованій дії НХР.

У першому наближенні можливі втрати від дії НХР в осередку ураження можна визначити за таблицею II.14. додатка II.

При токсичному впливі на навколишнє середовище розрізняють два типи впливу на екосистеми, а саме: прямий, при якому змінюються асиміляційні функції рослин, фізико-хімічні властивості ґрунтів тощо та непрямий, при якому «запускається» механізм довгострокових змін екосистем під дією вже зміненого стану одного чи декількох компонентів.

Найбільш ймовірний і найбільш масштабний шлях надходження токсикантів у довкілля — аварійні викиди в атмосферу, у яких найбільш помітну роль відіграють оксиди сірки й азоту. Середньорічними концентраціями цих з'єднань у приземному шарі

атмосфери, котрі не приводять до видимих змін рослинного покриву, можна вважати для  $\text{NO}_x$  — 3...5 мкг/м<sup>3</sup>, для  $\text{SO}_2$  — 15...20 мкг/м<sup>3</sup>. Підвищений зміст цих оксидів в атмосфері приводить до появи кислотних дощів, які не тільки згубно діють на рослинність, але і змінюють родючість ґрунту.

Потрапляння в ґрунт «сухим» і «мокрим» способами оксидів сірки й азоту змінює його кислотність. При  $\text{pH} < 4...5$  різко збільшується швидкість переходу у водорозчинний стан хімічних сполук різних металів (у тому числі і важких), які містяться в ґрунті у природному стані. Через «харчові ланцюжки» важкі метали потрапляють до організму людини, роблячи сильний токсичний вплив внаслідок здатності накопичуватися в ньому. При сильному закисленні ґрунту підвищений зміст важких металів (Zn, Pb, Cd і ін.) у рослинах виявляється вже протягом першого десятиліття після введення в експлуатацію промислового об'єкта, використання етилованого бензину і т.п.

Підвищення кислотності ґрунту також значно змінює його буферні характеристики, зменшує зміст гумусу, знижує родючість. Відбувається зміна і зменшення видового складу рослинності, особливо нижнього ярусу лісів.

### ***Приклад оцінки хімічної обстановки під час аварій на об'єкті економіки та транспорту***

Для здійснення ДОП у наведеному прикладі використовуються такі дані: кількість НХР в одиничній максимальній технологічній ємності — 130т; глибина зони — 18, 47 км; метеорологічні дані: швидкість вітру в приземному шарі — 1 м/с, температура повітря 0<sup>0</sup>С, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) — інверсія, напрямок вітру не враховується, а розповсюдження хмари зараженого повітря приймається у колі 360 град.

Площа зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) визначається як:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 3,14 \cdot 18,47^2 = 1071,18 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Площа прогнозованої зони хімічного зараження (ПЗХЗ):

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,11 \cdot 18,47^2 = 37,53 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Заходи щодо захисту населення повинні детально плануватися на глибину зони 18,47 км можливого хімічного зараження, що утворюється протягом перших 4 годин після початку аварії.

Для аварійного прогнозування використано наступні дані: загальна кількість НХР на момент аварії в ємності (трубопроводі),

на якому утворилась аварія — 130 т; характер розливу НХР на підстильній поверхні — «вільно» товщиною шару 0,05 м; реальні метеорологічні умови: швидкість — 3 м/с і напрямком вітру у приземному шарі  $-150^\circ$ , СВСП — конвекція.

*Визначення параметрів зон ХЗ під час аварійного прогнозування.*

Площа  $S_p$  та радіус  $R_p$  розливу розраховуються за формулами:

$$S_p = \frac{130}{0,05 \cdot 1,553} = 1674,18 \text{ (м}^2\text{)}; R_p = \sqrt{\frac{1674,18}{3,14}} = 23,09 \text{ (м)}.$$

Розмір ЗМХЗ приймається як сектор кола з центральним кутом  $45^\circ$ , площа якого залежать від швидкості та напрямку вітру і розраховується за емпіричною формулою:

$$S_{\text{ЗМХЗ}} = 8,72 \cdot 10^{-3} 33,24^2 45 = 433,72 \text{ (км}^2\text{)},$$

де  $\Gamma_{\text{розр}} = \min(\Gamma, \Gamma') = 33,24 \text{ (км)}$ , а  $\Gamma = 18,47 \cdot 0,6 \cdot 3 \cdot 1 = 33,24 \text{ (км)}$ ; та  $\Gamma = 2 \cdot 21 = 42 \text{ (км)}$ .

Для розрахунків береться менше із двох значень глибини зони зараження та максимального значення глибини переносу повітряних мас.

Площа прогнозованої зони хімічного зараження:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,235 \cdot 33,24^2 \cdot 2^{0,2} = 298,37 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Межі осередку зони хімічного ураження визначаються шляхом нанесення розмірів зон зараження на топографічні карти та схеми (рис. 4.3). Зона можливого хімічного зараження є сектор з  $\varphi = 45^\circ$  при швидкості вітру більше 2 м/с; радіус сектора дорівнює  $\Gamma_{\text{розр}}$  — 33,24 км, бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари й орієнтована за напрямком вітру —  $150^\circ$ . Прогнозована зона хімічного зараження представляє собою еліпс. Велика вісь еліпсу дорівнює величині  $\Gamma_{\text{розр}}$ , а мала — ширині  $b$ , яка визначається за залежністю:

$$b = 1,27 \frac{298,37}{33,64} = 11,4 \text{ (км)}.$$

Час підходу забрудненого повітря до об'єкту залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і знаходиться за формулою:

$$t = \frac{12}{21} = 0,571 \text{ (год)}.$$

Тривалість дії НХР визначається терміном випаровування НХР з поверхні її розливу і може бути розраховано за співвідношенням:

$$t_{ур} = t_{вип} = \frac{0,05 \cdot 1,553}{0,052 \cdot 1 \cdot 1,66} = 0,89 \text{ (год)}.$$

Впливи на людину токсичних речовин за даними по летальному та максимально допустимим концентраціям, наприклад, оксиду вуглецю СО від 160 мг/м до 2,4 г/м, відповідно, пробіт-функція ( $Pr$ ) визначається у діапазоні значень від 0 до 40, тобто:

$$Pr = -38,14 + 2,35 \ln(C^{1,57} \cdot \tau).$$

У загальному вигляді  $Pr$ -функцію, наприклад, для ураження токсичним продуктом можна подати наступним чином:

— якщо концентрація не змінюється за період експозиції:

$$Pr = a + b \cdot \ln(C^m \cdot \tau)$$

— якщо концентрація змінюється за час експозиції, тобто є функцією часу:

$$Pr = a + b \cdot \ln\left(\int_0^t C^m(\tau) d\tau\right)$$

де  $C$  — концентрація токсичної речовини;  $\tau$  — час впливу (експозиції);  $a$ ,  $b$ ,  $m$  — коефіцієнти.

За даними по летальному та максимально допустимим концентраціям  $C_{co}$  та експозиціям дії СО отримаємо:

$$C_{co} = 160 \text{ мг/м}^3 \text{ для } \tau = 3600 \text{ с, нешкідлива доза } (Pr = 0);$$

$$C_{co} = 4800 \text{ мг/м}^3 \text{ для } \tau = 1200 \text{ с, летальна доза } (Pr = 10);$$

$$C_{co} = 2400 \text{ мг/м}^3 \text{ для } t=3600 \text{ с, летальна доза } (Pr = 20).$$

Для одержаної системи рівнянь, яка має рішення, розраховують величини коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $m$ , що характеризують ураження оксидом вуглецю (за умови сталості концентрації у часі). Таким чином, пробіт-функція щодо ураження оксидом вуглецю має вигляд:

$$Pr = -38,14 + 2,35 \ln(C^{1,57} \cdot \tau).$$

### ***Особливості врахування радіаційного впливу на населення, території, адміністративно-територіальні одиниці та об'єкти економіки***

Серед вражаючих чинників аварій на РНО (ЯВ) особливе місце посідають проникна радіація (ПР) та радіоактивне забруднення (зараження).



ПР представляє собою потік усіх видів випромінювання і нейтронів, час дії якого не перевищує 10...15 хв із моменту аварії (вибуху). Іонізуюча здатність ПР характеризується експозиційною дозою випромінювання (Де), вимірюваною в кулонах на кілограм (Кл/кг). На практиці часто застосовують позасистемну одиницю експозиційної дози рентген (Р) — кількість  $\gamma$ -випромінювання, при поглинанні якого в 1см<sup>3</sup> сухого повітря при температурі 50 °С и тиску 760 мм рт.ст. утвориться  $2,083 \cdot 10^9$  пар іонів із зарядом, що дорівнює заряду електрона (1 Кл/кг = 3876 Р). Потужність експозиційної дози вимірюється в амперах на кілограм (1 А/кг = 3876 Р/с).

Ступінь вагомості радіаційного враження головним чином залежить від поглиненої дози (Дп), котра вимірюється в Греях (Гр), що відповідає енергії 1 Дж іонізуючого випромінювання (ІВ) будь-якого виду, поглиненої речовиною, яка опромінюється, масою 1 кг.

Якщо організм піддався впливу різних видів випромінювання, застосовують поняття еквівалентної дози  $H_{T,R}$ , під якою розуміють поглинену дозу в органі чи тканині, помножену на відповідний коефіцієнт, що враховує особливості даного виду випромінювання:

$$H_{T,R} = W_R D_{T,R},$$

де  $W_R$  — коефіцієнт, що враховує особливості випромінювання виду  $R$ ;  $D_{T,R}$  — середня поглинена доза в органі чи тканині  $T$ .

$$E = \sum_T W_T H_T.$$

Якщо потік випромінювання складається з декількох випромінювань з різними величинами  $W_R$ , то еквівалентна доза в органі визначається у вигляді:

$$H_T = \sum_R W_R D_{T,R}.$$

Еквівалентна доза вимірюється в Дж/кг і має назву Зіверт (Зв) (позасистемна одиниця — бер).

Коефіцієнти, котрі враховують особливості випромінювання відповідного виду, при розрахунку еквівалентної дози наведено в табл.ІІ.15.

Мірою ризику виникнення віддалених наслідків опромінювання всього тіла людини й окремих її органів є ефективна доза, котра представляє суму добутоків еквівалентної дози в органі  $H_T$  на від-

повідний корегуючий коефіцієнт для даного органа чи тканини, Зв:

$$E = \sum_T W_T H_T ,$$

де  $W_m$  — коефіцієнт, що враховує особливості випромінювання відповідного виду для тканини  $T$ ;  $Hm$  — еквівалентна доза в тканині  $T$  (величини наведено в табл. 4.7).

Таблиця 4.7

**ЕКВІВАЛЕНТНА ДОЗА ОПРОМІНЕННЯ ЛЮДИНИ**

Опромінені органи	Екв.доза
Гонади	0,20
Кістковий мозок (червоний), легені, шлунок, кишковик	0,12
Сечовий міхур, грудна залоза, печінка, стравохід, щитовидна залоза	0,05
Шкіра, клітки кісткових поверхонь	9,01
Інше	0,05

При впливі на організм людини ІВ може спричинити два види ефектів:

детерміновані (граничні) ефекти — променева хвороба, променевий опік, променева катаракта, променева безплідність, аномалії в розвитку плоду й ін.;

стохастичні (безграничні) ефекти — злоякісні пухлини, лейкози, спадкоємні хвороби.

У повсякденному житті людина досить часто стикається з ІВ, ефективні дози якого наведено у табл. 4.8

Таблиця 4.8

**ЕФЕКТИВНІ ДОЗИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ**

Вид ІВ	Дози ІВ
Перегляд кінофільму по TV на відстані 2 м	0,01 мкЗв
Щоденний перегляд 3-годинної програми TV протягом року	5...7 мкЗв
Флюорографія	0,1...0,5 мЗв
Прийом радонової ванни	до 1 мЗв
Рентгенографія грудної клітки	до 1 мЗв
Рентгеноскопія грудної клітки	2...4 мЗв
Рентгенографія зубів	0,03...3 мЗв
Рентгенівська томографія	5...100 мЗв
Рентгеноскопія шлунка	100...250 мЗв

При радіаційній аварії ступінь ураження залежить від експозиційної дози випромінювання, часу експозиції, площі уражених ділянок тіла, загального стану тіла.

При встановленні допустимих доз опромінення враховується, що опромінення може бути однократним чи багаторазовим. При одноразовому опроміненні (отриманому протягом перших чотирьох діб після аварії) розрізняють чотири ступені променевої хвороби (табл. П.20.).

Радіоактивне забруднення виникає в результаті випадання радіоактивних речовин (РР) з радіоактивної хмари. У відмінність від інших вражаючих чинників аварії на РНО (під час ЯВ) РЗ характеризуються великою площею зараження, тривалістю дії і труднощами виявлення РР, котрі не мають кольору, запаху й інших зовнішніх ознак.

Форма сліду радіоактивної хмари залежить від напрямку і швидкості вітру, рельєфу місцевості і т. д. На сліді радіоактивної хмари вражаючу дію складають  $\gamma$ -випромінювання, котре спричиняє загальне зовнішнє опромінення;  $\beta$ -частинки, що спричиняють радіаційне враження шкіри при зовнішньому впливі, а при внутрішньому — поразку органів;  $\alpha$ -частинки, які є небезпечними при влученні усередину організму. Дози  $\gamma$ -випромінювання, що спричиняють захворювання при радіаційному зараженні, такі ж, як і при ПР. При зовнішньому впливі  $\beta$ -частинок у людей найбільше часто відзначається ураження відкритих ділянок тіла (шкіри на руках, в області шиї, на голові). Внутрішнє ураження людей і тварин  $\alpha$ - і  $\beta$ -частинками може відбутися при їхньому влученні усередину організму головним чином з їжею і кормом. РР концентруються в щитовидній залозі (у 1000...10 000 разів більше чим в інших органах), печінці (у 10...100 разів більше), що приводить або до їхнього сильного опромінення, або до руйнування тканин, або до розвитку пухлин (щитовидна залоза), або до порушення функцій (печінки й ін.).

Радіоактивний пил заражає ґрунт і рослини. У залежності від розмірів частинок на поверхні рослин може затримуватися від 8 до 25 % радіоактивного пилу, що випав на землю. Променеве ураження в рослин виявляється в гальмуванні росту й уповільненні розвитку, зниженні врожаю, зниженні репродуктивної якості насіння, картоплі, коренеплодів. При великих дозах опромінення можлива загибель рослин.

## ***Оцінка радіаційної обстановки при аваріях на радіаційне небезпечних об'єктах***

Захист населення від дії ІВ відбувається в залежності від величини можливих доз опромінення робітників, службовців ОЕ, мешканців АТО під час аварії на атомній електростанції (АЕС) у зоні її можливого ураження.

Є декілька способів визначення доз опромінення людей на відкритій місцевості, наприклад з використанням формули:

$$D_{\text{відкр.}} = 5 \cdot P_t (t_n^{-0.4} - t_k^{-0.4}), \text{ [рад]},$$

де:  $P_t$  — рівень радіації на будь-який термін після аварії на АЕС;  $t_n$  — час початку опромінення, год;  $t_k$  — час кінця опромінення, год,  $-0,4$  — показник ступеня для водо-водяного енергетичного реактору (ВВЕР).

$P_t$  визначається за формулою:

$$P_t = P_1 \cdot k_{\text{пер}}, \text{ [рад/год.]},$$

де  $P_1$  — рівень радіації через одну годину після аварії АЕС, рад/год (табл. II.16 додаток II),  $k_{\text{пер}}$  — коефіцієнт перерахунку рівнів радіації (табл. II.17. додаток II).

Визначення дози опромінення людей у житлових та виробничих приміщеннях.

$$D_{\text{прим}} = \frac{D_{\text{відкр}}}{K_{\text{осл}}}, \text{ [рад]},$$

де  $K_{\text{осл}}$  — коефіцієнт ослаблення рівня радіації (табл. II.18. додаток II).

Визначають прогнозовану дозу зовнішнього опромінення ( $D_{\text{прог}}$ ) у контрольних точках при знаходженні населення (виробничого персоналу) на відкритій місцевості та у житлових (виробничих) будівлях за перші 2 доби та 10 діб після аварії під час перебування населення на відкритій місцевості та у житлових будинках:

$$D_{\text{прог}} = P_1 \cdot A_t / K_{\text{осл}}, \text{ [бер]},$$

де  $A_t$  — коефіцієнт накопичення дози радіації з часом (табл. II.19 додаток II).

На підґрунті наведених розрахунків робляться висновки стосовно проведення першочергових захисних заходів за «Критері-

ями для прийняття рішень про заходи захисту населення у разі аварії ядерного реактору» (додаток II, табл. II.21).

Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ) встановлено наступні три категорії опромінених людей:

1. Категорія А — персонал, що постійно або тимчасово працює з джерелами іонізуючого випромінювання, а також залучений для виконання аварійних та рятувальних робіт;

2. Категорія Б — обмежена частина населення, яка за умовами мешкання або роботи може піддаватися дії РР та інших джерел іонізуючого випромінювання.

3. Категорія В — решта всього населення (області, республіки Крим, держави).

Гранично допустимі дози(ГДД) опромінювання для мирного часу (багаторазова протягом року):

— для персоналу категорії А —  $20 \text{ мЗв рік}^{-1}$ ;

— для населення категорії Б та В —  $2, 1 \text{ мЗв рік}^{-1}$  відповідно.

Наведені ГДД встановлено для відкритої місцевості, без врахування захисних властивостей будівель, споруд і т.п., а також медичного обстеження (лікування) і природного радіаційного фону Землі.

Рішення приймаються на підставі порівняння прогнозованих (оцінених) рівнів з нижнім та верхнім рівнями критерію. Якщо прогнозоване опромінення не перевищує нижній рівень, немає потреби запроваджувати будь які заходи. Якщо прогнозоване опромінення перевищує нижній рівень, але не досягає верхнього рівня, то здійснення заходів може бути відстрочене. У цьому випадку слід виконувати заходи щодо зниження можливих дозових навантажень на населення АТО (персонал ОЕ) з урахуванням конкретної радіаційної обстановки та місцевих умов. Якщо прогнозоване опромінення досягає або перевищує верхній рівень, то проведення заходів, що перелічені у таблиці II.22 і додатку II, є обов'язковим, навіть коли вони пов'язані з порушенням нормальної життєдіяльності (евакуація, переселення) населення та господарського функціонування території.

### ***Приклад оцінки радіаційної обстановки при аваріях на радіаційне небезпечних об'єктах***

Визначається доза опромінення людей на відкритій місцевості за наступною залежністю:

$$D_{\text{відкр.}} = 5 \cdot 3,9(8^{-0,4} - 13^{-0,4}) = 1,5 \text{ (рад)},$$

де  $t_{\text{п}} = 8$  год,  $t_{\text{к}} = 13$  год,  $P_t$  отримується за формулою:

$$P_i = 9 \cdot 0,434 = 3,9 \text{ (рад/год)}.$$

Визначається доза опромінення людей у житлових та виробничих приміщеннях.

$$D_{\text{прим}} = \frac{1,5}{2} = 0,75 \text{ (рад)}.$$

Визначається прогнозована доза за перші 2 доби зовнішнього опромінення ( $D_{\text{прог}}$ ) у контрольних точках при знаходженні населення (виробничого персоналу) на відкритій місцевості:

$$D_{\text{прог}} = 9 \cdot 5,3 / 1 = 47,7 \text{ (бер)}, \text{ та у житлових (виробничих) будівлях:}$$

$D_{\text{прог}} = 9 \cdot 5,3 / 2 = 23,85 \text{ (бер)}$ , і за перші 10 діб після аварії під час перебування населення на відкритій місцевості:

$$D_{\text{прог}} = 9 \cdot 14,7 / 1 = 132,3 \text{ (бер)},$$

та у житлових будинках:  $D_{\text{прог}} = 9 \cdot 14,7 / 2 = 66,15 \text{ (бер)}$ .

На підґрунті наведених розрахунків можна зробити висновки, що одноразова доза на відкритій місцевості не перевищує ГДР, тому є безпечною. Прогнозована доза за перші 2 доби в межах ГДР для персоналу категорії А, котрий перебуває у сховищах, та потребує втручання для категорій Б та В за НРБУ, тому що перевищує допустимий рівень у 10 бер. Стосовно проведення першочергових захисних заходів за «Критеріями для прийняття рішень про заходи захисту населення у разі аварії ядерного реактору» на ранній фазі аварії (10 діб), це оповіщення та інформування, обмеження перебування на відкритій місцевості, захист органів дихання та шкірних покривів, укриття, йодна профілактика, обмеження споживання забруднених продуктів та води, негайна евакуація на тривалий термін.

### ***Питання до самоконтролю:***

- 1. Надайте характеристику ступеням руйнування під час землетрусу.*
- 2. Зробіть оцінку обстановки при надзвичайних ситуаціях техногенного походження.*
- 3. Які риси характерні для вибуху газоповітряної чи паливноповітряної суміші?*

4. Які наслідки відбуваються від впливу ударної хвилі на людей, будинки, споруди?
5. Які наслідки відбуваються від теплового впливу на людину?
6. Які наслідки відбуваються від теплового впливу на споруди?
7. Які існують зони вражаючого впливу на людину під час пожежі?
8. Наведіть характер впливу на організм людини небезпечних хімічних речовин.
9. Назвіть основні характеристики токсичних властивостей небезпечних хімічних речовин.
10. Якім чином відбувається оцінка хімічної обстановки?
11. Охарактеризуйте екологічні наслідки токсичного впливу хімічних речовин на навколишнє середовище.
12. Перелічіть вражаючі чинники аварії на радіоактивне небезпечному об'єкті.



## РОЗДІЛ V

### ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

#### 5.1. Зони збитку, потенційної небезпеки і ризику

Після вибору або розрахунку характерних  $n$ -мірних полів фізичних параметрів (концентрацій, температур, тиску, потоків енергії і т. п.) можна визначити розміри зон негативного впливу, тобто перевести фізичні параметри чи їх інтегральні значення в наслідки з використанням граничних критеріїв впливу. Побудову таких зон доцільно здійснювати на картографічній основі (наприклад, на генплані ОЕ, регіону, АТО), що дозволить оконтурити зони, у межах яких буде мати місце той чи інший ступінь ураження, аж до летального виходу. Величина і геометрія площі потенційного враження можуть не тільки служити показником небезпеки того або іншого сценарію розвитку аварії, але і бути підґрунтям для розробки плану зменшення ступеня ураження і ліквідації наслідків НС.

Усі аварії, що відбуваються у техносфері, за їхнім вражаючим потенціалом можна умовно поділити на первинні і вторинні.

До первинних належать аварії, котрі пов'язані з викидом токсичних речовин, пожежами, вибухами, вогненними кулями, тобто аварій «прямої дії», виникнення яких саме по собі може призвести до фізичного ураження.

До вторинних — аварії, дія яких виявляється тільки при наявності додаткових умов. Це вибухи парових хмар, які трапляються тільки в тому випадку, якщо на шляху їхнього дрейфу розташовані джерела займання визначеного типу і за умови, що останні функціонують постійно чи в момент підходу до них хмари, або вихідні речовини в результаті визначених фізико-хімічних процесів трансформуються в інші, з характерною токсичністю, чи вибухонебезпечністю.

У залежності від кінцевих цілей побудови зон ураження розрізняють зони (поля) збитку, потенційної небезпеки і ризику. *Зона збитку це площа, котра обмежена лінією, у кожній точці якої з*



імовірністю, що дорівнює одиниці, має місце враження з заданим ступенем (граничний, летальний, середній ступінь руйнування і т.п.) при імовірності виникнення аварії даного типу, що дорівнює одиниці.

В ізотропній атмосфері зона збитку від механічного, теплового або радіаційного (іонізуючих випромінювань) ураження може бути в першому наближенні подана у вигляді сфери з радіусом, який залежить від ступеня ураження й умов, за які відбувається аварія.

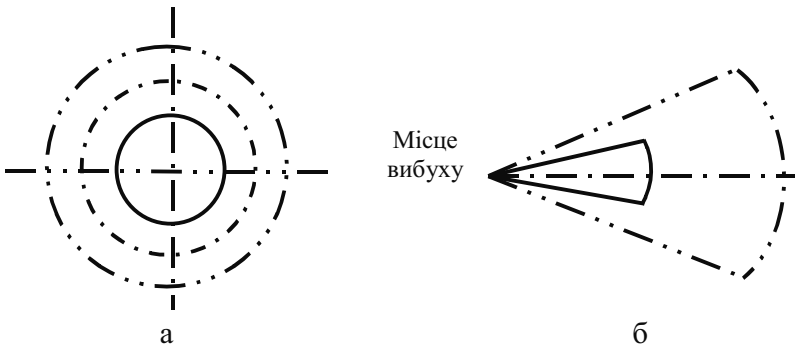


Рис. 5.1 Геометричні форми зон теплового ураження:  
 а — вогняна куля, вибух, пожежа; б — струменеве полум'я;  
 — 100 % ураження; — · — 50 % ураження;  
 — · · — 1 % ураження

На рис. 5.1 «а» у відсотках зазначено ступінь летального ураження, причому коло зі ступенем летального ураження 1 % відповідає зоні збитку граничного ураження. Для полум'я струменям при частковій розгерметизації резервуара чи трубопроводу високого тиску з наступним спалахом газу, що там знаходився, форма зони збитку відповідає кутовому сектору з довжиною факелу, котрий залежить від специфіки горіння (властивостей газу, тиску і діаметра газопроводу), і приблизним «кутом розкриття» факелу для вуглеводневого палива метанового ряду 15...20° (рис. 5.1, «б»). Слід також уявляти, що за рахунок початкового імпульсу високошвидкісного струменя в місці розриву можливе виникнення коливань трубопроводу і його фрагментарне руйнування, що може значно розширити сектор прогнозованого враження.

У неізотропній атмосфері при оцінці масштабу і геометрії зон збитку аварій, котрі супроводжуються викидом токсичних, вибу-

хонебезпечних або радіоактивних речовин необхідно враховувати процеси дрейфу хмари під дією вітру, різниці щільностей, температур і т. ін.

Для токсичних викидів, наприклад, токсичне навантаження за час  $\tau$  визначається для кожної точки простору з полярними координатами  $r$  і  $\Theta$  щодо джерела небезпеки у вигляді:

$$D(r, \Theta) = \int_0^{\tau} c''(r, \Theta, \tau) d\tau.$$

Визначивши величину токсидози  $D(r, \Theta)$ , можна за формулою (3.1) знайти ймовірність ураження  $P_{\text{пор}}$  суб'єктів (у випадку їхнього перебування в зазначеній точці протягом заданого часу), використовуючи як аргумент пробіт-функцію (залежність 3.2), та дані таблиць III.3 — III.5 додатку III.

Під час розвитку аварій, форма і площа збитку від яких визначають параметри навколишнього середовища, необхідно враховувати весь спектр його можливих станів у межах характерного періоду їхніх змін (звичайно в розрізі року).

Метеорологічна інформація, використовувана при розрахунку дисперсії в моделях переносу, як правило, складається з даних по частоті повторюваності ( $P_b$ , %) швидкостей вітру ( $U$ , м/с) за географічними напрямками (за М-румбовою схемою) у річному розрізі (табл. II.10, II.11.), для гіпотетичного міста.

Кожна градація швидкості вітру характеризується, у свою чергу, деякою імовірністю реалізації кожного із шести можливих класів стійкості атмосфери  $R_k$  при  $U$  (табл. II.12), що залежить, згідно Пасквиллу, від вертикального градієнту температури.

Після систематизації метеопараметрів за діапазонами швидкості  $L$  вітру і 6 класам стійкості атмосфери ( $k$ ), застосувавши відповідні моделі, можна розрахувати для  $6 \times L$  варіантів розподілу концентрацій за характерними географічними напрямками (8 румбів). І задавши критерій негативного впливу (токсидоза, нижня межа спалаху хмари, імпульс тиску при вибуху хмари тощо), перейти від отриманих полів фізичних параметрів до зон потенційної небезпеки для суб'єкта.

Ймовірність появи збитку в деякій точці з полярними координатами  $(r, \Theta)$  у  $\nu$ -м секторі М-румбовій сітці визначається не тільки формою «власної» зони збитку, але і можливим впливом полів інших секторів. У загальному випадку ймовірність появи збитку для всіх точок простору при одиничній імовірності вихід-

ної події розглядається як сума імовірностей реалізації різних варіантів зон збитку  $F(Q_A, U, k)$ , тобто

$$R_M(r, \Theta) = \sum_{v=1}^M \left[ \sum_{L=1}^L P_v \left\{ \sum_{k=1}^6 P_k U \Phi[F(Q_F, U, k)] M / (2\pi) \right\} \right],$$

де  $\Phi[F(Q_A, U, k)]$  — ширина зони збитку в  $v$ -му секторі для  $M$  градацій за напрямками сторін світу на відстані  $r$  від джерела небезпеки і при куті  $\Theta$  у полярних координатах (рис. 5.2).

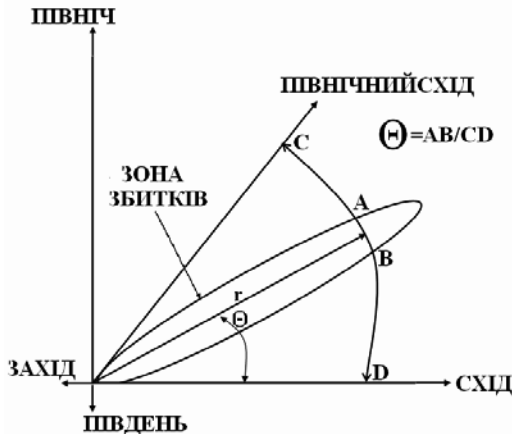


Рис. 5.2. До обчислення потенційної небезпеки в точці  $(r, \Theta)$

Підсумовування здійснюється спочатку за класами стійкості атмосфери при заданій швидкості вітру, потім за градаціями вітру і напрямкінці — за секторами.

Таким чином, у випадку впливу стану навколишнього середовища на механізм формування наслідків для кожного сценарію вихідного викиду з потужністю чи масою  $Q_A$  для побудови поля потенційної небезпеки необхідно аналізувати  $6 \times L$  варіантів зон збитку з урахуванням їхньої відносної імовірності реалізації за різними напрямками сторін світу.

Подання небезпеки у вигляді полів враховує не тільки сценарій і специфіку розвитку аварійних процесів, але і вплив усієї сукупності природно-кліматичних об'єктів регіону. Відповідно до аналізу конкретних технологічних об'єктів такі поля є необхідними первинними елементами, з яких «конструюється» поле ризику для конкретної території.

Після виявлення на кожному із прийнятих до розгляду об'єктів усіх видів аварій (сумарна кількість дорівнює  $N$ ), специфіки їх-

нього виникнення і розвитку, розрахунку полів потенційної небезпеки цих аварій  $[R_{M,i}(x, y); i = 1, \dots, N]$  і визначення імовірності реалізації їхнього негативного потенціалу ( $w_i = 1; \dots; N$  — частота реалізації сценарію аварії)  $w_i$ , рік<sup>-1</sup>, визначається за методами теорії ризику (побудовою дерева відмов, дерева подій тощо), за статистичними даними або експертними оцінками здійснюється побудова локальних  $R_{\text{лок}}(x, y)$  (для кожного сценарію з конкретною прив'язкою до джерела небезпеки) і інтегральних  $R_{\text{інт}}(x, y)$  полів ризику на масштабованій картографічній основі:

$$R_{\text{інт}}(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i R_{M,i}(x, y) = \sum_{i=1}^N w_i R_{M,i}(r, \Theta). \quad (5.1)$$

Отримана карта  $R_{\text{інт}}(x, y)$  (рис. 5.3) характеризує інтегральну ймовірність того чи іншого типу негативного впливу за умови, що суб'єкт впливу з імовірністю, котра дорівнює 1, знаходиться в конкретній точці простору в момент реалізації аварійного процесу. Ця величина і є характеристикою індивідуального ризику, під якою прийнято розуміти ймовірність (частоту виникнення) вражаючих впливів визначеного виду (смерть, травма, захворювання) для індивідуума, що виникає при реалізації визначених небезпек у визначеній точці простору.

Лінії, котрі оконтурюють поле ризику визначеної величини, відповідають потенційному територіальному ризику  $R_{\text{інт}}$ , під яким розуміють просторовий розподіл частоти реалізації негативного впливу визначеного рівня.

Якщо аналізу піддається не один об'єкт, а система технологічних об'єктів (сумарна кількість —  $J$ ), розподілених по території, то запроваджує підсумовування полів потенційної небезпеки для кожного джерела з урахуванням їхнього взаємного розташування:

$$R_{\text{інт}} = \sum_{j=1}^J R_{\text{інт}_j}(x, y).$$

Завдяки незалежності побудови полів  $R_{\text{інт}}(x, y)$  для кожного об'єкта можна отримати оцінку впливу аварій на одному об'єкті на оточуючи його інші об'єкти. Це особливо важливо для розвитку подій з вибухами і пожежами, оскільки для цих випадків дуже ймовірний каскадний розвиток аварій (за принципом «доміно»).

Експертні оцінки частоти техногенних аварій здійснюються з урахуванням розподілу їх на п'ять рівнів:

- часте відмовлення — очікувана частота виникнення  $> 1$  рік<sup>-1</sup>;
- імовірне відмовлення — очікувана частота виникнення  $1 \dots 10^{-2}$  рік<sup>-1</sup>;

- можливе відмовлення — очікувана частота виникнення  $10^{-2} \dots 10^{-4} \text{ рік}^{-1}$ ;
- рідке відмовлення — очікувана частота виникнення  $10^{-4} \dots 10^{-6} \text{ рік}^{-1}$ ;
- практично неймовірне відмовлення — очікувана частота виникнення  $< 10^{-6} \text{ рік}^{-1}$ .

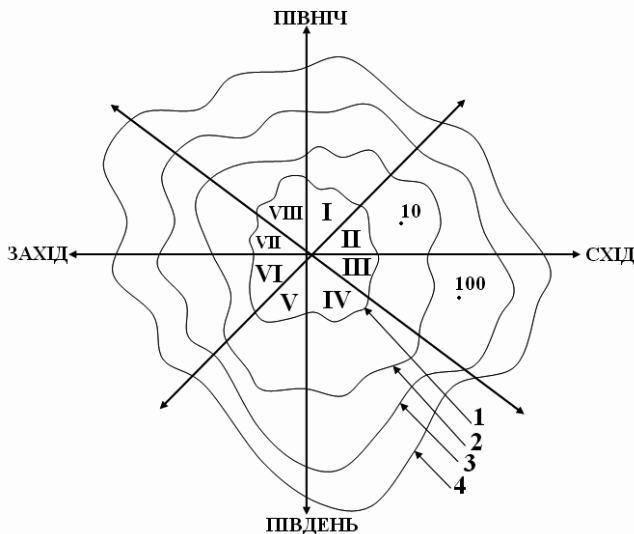


Рис. 5.3. Поля ризику на території регіону з джерелом небезпеки в центрі координат I-VIII — географічний напрям; 10,100 — кількість суб'єктів впливу в точці на момент реалізації небезпеки; 1—4 — поля ризику з відповідними величинами індивідуального ризику  $10^{-2}$ ;  $10^{-3}$ ;  $10^{-4}$ ;  $10^{-5}$

Деякі статистичні дані щодо техногенних аварій наведено в табл. III.3 додатка III.

Отримані карти інтегральних показників потенційного ризику  $R_{\text{інт}}(x, y)$  на території регіону за всіма характерними сценаріями розвитку подій і прийнятими до розгляду об'єктами використовуються (з урахуванням додаткової інформації про просторово-тимчасові розподіли людей у даному районі) для визначення абсолютного ризику для населення і диференціації груп населення за рівнями ризику. Знаючи функцію щільності розподілу насе-

лення  $N(x, y)$  для даного регіону, можна визначити величину колективного ризику, обумовлену як сумарну кількість смертей за рік від даного виду господарської діяльності в межах відповідної території  $R_{\text{кол}}$ , чол./рік

$$R_{\text{кол}} = \int_S R_{\text{інт}}(x, y) N(x, y) dS.$$

Величина  $R_{\text{кол}}$  представляє собою кількісну оцінку небезпеки, котра використовується для порівняння ризиків і прийняття рішень щодо збільшення рівня безпеки по регіону в цілому. Так, у відзначених на рис. 5.3 точках з кількістю суб'єктів 10 і 100 величини індивідуального ризику будуть дорівнювати відповідно  $10^{-3}$  і  $10^{-4}$ , але величини колективних ризиків у них будуть однакові.

Якщо на об'єкті (території) реалізуються плани дій в умовах НС, що містять завчасне оповіщення населення, його евакуацію з прогнозованих за метеоумовами зон ураження (АТО), з населенням було проведено роз'яснювальну роботу щодо дій в умовах НС, то необхідно враховувати визначену ймовірність запобігання небезпеки при її прояві. При розрахунках полів ризику необхідно вводити корегуючі коефіцієнти, котрі враховують ймовірність запобігання небезпеки (адекватні дії) чи, навпаки, ймовірність неадекватних дій  $k(\tau)$ . У цьому випадку рівняння (5.1) слід подати у вигляді

$$R_{\text{інт}} = \sum_{i=1}^{N_j} w_i R_{M,i}(x, y) k(\tau)$$

За своєю суттю величина  $k(\tau)$  характеризує динаміку середньостатистичного поведіння суб'єкта. У випадку відсутності якого-небудь конкретного плану дій в умовах НС і невідповідності населення можна припустити, що  $k(\tau) = 1$ . При наявності плану такого роду системи оповіщення про аварію і підготовленість населення до дій в умовах НС  $k(\tau) < 1$ .

Практичний досвід показує, що після потрапляння  $\tau$  у зону дії НС перші 5...10 хв ідуть на прийняття людьми рішення щодо запобігання небезпеки (наприклад, вихід у задану точку збору і ін.), тому цей період можна віднести до періоду неадекватних дій. В інтервалі 10...30 хв після оповіщення вже мають місце цілеспрямовані дії щодо запобігання небезпеки. Але слід враховувати, що незважаючи на наявність усіх необхідних систем і засобів, визначений контингент населення буде все одне реагувати неадекватно.

## 5.2. Оцінка збитків від наслідків надзвичайних ситуацій

### *Оцінка ризиків виникнення несприятливого впливу на систему «Л-Т-С»*

Поняття про збиток, як результат прояву небезпек. Аналіз впливу різних природних явищ на людину, суспільство й об'єкти матеріальної культури, аварій у сфері виробничої діяльності суспільства свідчать, що вини часто супроводжуються людськими жертвами. До того ж, можуть завдавати шкоди здоров'ю людей, довкіллю, значні матеріальні втрати і порушувати умови життя населення, тобто утворювати сукупний соціально — економічний збиток. У загальному випадку до економічних наслідків небезпечних подій належать: скорочення основних виробничих потужностей у результаті їх повного або часткового руйнування, втрати об'єктів соціально — культурної сфери, вилучення з господарського обороту с/г, лісових і водяних угідь, скорочення трудових ресурсів і робочої сили; зниження рівня життя населення, непрямі збитки і збитки втраченої вигоди в сфері матеріального виробництва і послуг, витрати суспільства на ліквідацію їхніх наслідків тощо. Економічний збиток диференціюється на прямий, посередній, збиток від втраченої вигоди, витрати на ліквідацію наслідків небезпечних ситуацій.

Прямий збиток складається з господарського і демографічного. Елементи прямого господарського збитку: руйнування будинків культурно — побутового призначення, виробничих, адміністративних господарських будинків і споруд, вихід з ладу транспортних засобів, верстатів, устаткування; втрата запасів сировини і матеріалів, готової продукції, сільськогосподарських, лісових, водяних угідь; зниження обсягу виробництва. Елементи прямого демографічного збитку: зменшення трудових ресурсів за рахунок загибелі населення, міграційного відтоку з зони НС, скорочення робочої сили внаслідок тимчасової втрати працездатності.

Непрямий збиток утворюється в результаті дії вторинних вражаючих чинників НС. До елементів непрямих збитку належать: економічні втрати суб'єктів господарської діяльності, списання, як безнадійної, кредиторської заборгованості потерпілих від НС підприємств, компенсації, матеріальна допомога й інші одноразові виплати потерпілим, додаткові витрати, що пов'язані зі зміною маршрутів транзитних транспортних потоків. Збиток від втраченої вигоди відбивається у недоодержанні прибутку чи очі-

куваних результатів у зв'язку зі зривом виробничих програм, програм розвитку виробництва і сфери послуг.

Витрати на ліквідацію НС та її наслідків поділяються на:

— ліквідацію НС (передислокацію сил та засобів, витрату за пасів, додаткові виплати залученим до ліквідації НС, медичну допомогу тощо);

— відновлення ОЕ і населення (медичну і психологічну реабілітацію, санаторно — курортне лікування тощо).

Екологічні ризики, що пов'язані з загрозою здоров'ю і життю людей, з одного боку, і з загрозою стану життєвого середовища, з іншого, характеризуються як однаковими, так і різними ознаками. Вони можуть походити від джерел безупинної або разової дії. Джерелами безупинної дії є шкідливі викиди від стаціонарних установок та транспортних систем, результати використання добрив, інсектицидів і гербіцидів у сільському господарстві, місця зосередження промислових та побутових відходів (відвали порід біля вугільних шахт, могильники гірничо — металургійних підприємств, міські смітники тощо). Разовими джерелами можуть бути аварійні викиди шкідливих речовин у наслідок вибухів чи інших аварійних ситуацій на промислових об'єктах, а також дорожньо-транспортні аварії під час перевезення небезпечних хімічних речовин. Причинами разових викидів можуть бути і природні катастрофи (землетруси і зсуви, бури й урагани, повені та вулканічні виверження). Незалежно від характеру дії джерела небезпеки, результатом прояву останньої виступає збиток, що завдається і людям, і довкіллю. Це вимагає одночасного розгляду обох видів екологічного ризику. Разом з тим, у багатьох випадках екологічні ризики, що пов'язані з загрозою здоров'ю і життю людей необхідно розглядати окремо від ризиків, обумовлених загрозою стану життєвого середовища.

### ***Кількісна оцінка екологічних ризиків***

Можливість екологічних катастроф і негативного впливу на людей та довкілля техногенних процесів обумовлює необхідність кількісного оцінювання ризику, який характеризує подібні події і процеси. Найбільш об'єктивною оцінкою рівня екологічної безпеки антропогенної діяльності, що поєднує різні її аспекти, а саме технічну, економічну, екологічну і соціальну, є оцінка рівня сумарного ризику, під яким розуміють ймовірність виникнення і розвитку несприятливих природно-техногенних процесів, котрі супроводжуються, як правило, негативними екологічними нас-



лідками. При цьому рівень екологічного ризику зростає через недостатність вивчення умов функціонування «нової» природно-технічної системи, можливості передбачати весь комплекс несприятливих процесів і шляху їхнього розвитку, а також через бракування інформації про властивості та показники окремих компонентів довкілля, необхідні для побудови оперативних, середньострокових і довгострокових прогнозів розвитку природно-техногенних процесів. Крім того, істотно зростає рівень екологічного ризику через те, що практично неможливо оцінити узагальнену реакцію природного середовища від сумарного впливу окремих видів антропогенної діяльності, котра носить синергетичний характер і здатна спричинити катастрофічні наслідки. Ранжування рівнів екологічного ризику за ступенем значимості дозволяє виділити наступні категорії: малоімовірний ( $P < 0,2$ ), можливий ( $P = 0,2 \dots 0,4$ ), ймовірний ( $0,4 < P \leq 0,7$ ) і дуже ймовірний ( $P > 0,7$ ).

Інтегральну кількісну оцінку екологічних ризиків можливо отримати через екологічні збитки довкілля, котрі відбиваються, у вигляді фактичних екологічних, економічних та соціальних втрат і виявляється у вигляді природних, трудових, матеріальних та фінансових ресурсів об'єктів господарювання, а також погіршення соціально-демографічних умов проживання населення. Екологічний збиток довкіллю виявляється у вигляді погіршення якості атмосфери, водяних і земельних ресурсів, стану біоресурсів (зміна якісного стану флори та фауни і скорочення біорізноманіття). Оцінити величину сумарних екологічних збитків від забруднення та погіршення стану довкілля, на регіональному рівні можна

### ***Збитки у природно-техногенній сфері***

Негативним наслідком НС у природно-техногенній сфері є збиток, що завдається життю і здоров'ю людей, майну і довкіллю. Дотепер має місце істотне розходження тлумачень понять «збиток», «економічний збиток», «еколого-економічний збиток» і т.п. Прийнято вважати, що збиток може бути як прямим, так і непрямим. До прямого економічного збитку від якоїсь дії відносяться відбиті у вартісній формі витрати, втрати і збитки, обумовлені саме цією дією тепер і в даному конкретному місці. До непрямого економічного збитку від якоїсь дії відносяться змушені витрати, утрати, збитки, обумовлені вторинними ефектами (діями чи без діями, породженими первинною дією) природного, техногенного чи соціального характеру. Величину прямого еко-

номічного збитку для конкретного об'єкта можна визначити шляхом розрахунку різних складових утрат, виражених у вартісній формі, на основі об'єктивних методів їхнього виявлення. Значні труднощі виникають при визначенні непрямих економічного збитку.

У відомій мірі як прямий, так і непрямий збиток враховується величиною соціально-економічного збитку (СЕЗ) людині, і суспільству і довікллю.

*Оцінка збитку життя і здоров'ю людини.* Як базову величину оцінки збитку життя і здоров'ю людини можна використовувати розмір одноразової страхової виплати. Оцінка вартості людського життя вкрай складне і можливі найрізноманітніші підходи. Основні з них базуються:

— на теорії корисності, тобто завданні певним чином функції корисності людини для суспільства. Економічний збиток у цьому випадку дорівнює втрати корисності, вираженої в економічних показниках. Зокрема, часто використовується (явно чи неявно) припущення про те, що суспільна корисність людини можна вимірити за допомогою середньорічних доходів населення;

— значенні показника валового внутрішнього продукту на душу населення. Передчасна смерть приносить збиток, що дорівнює значенню ВВП на душу населення;

— використанні компенсаційних виплат, які держава виплачує спадкоємцям у випадку настання смерті в результаті виникнення різних НС.

Кожний з перерахованих вище підходів має свої недоліки і використовується в силу недостатньої розробленості інших методів.

У загальному випадку величину СЕЗ від загибелі і травмування людей  $Y$ , у.о., можна прийняти пропорційною узагальненому збитку здоров'ю  $\langle G \rangle$ , що відбивається в роках скорочення тривалості життя (СТЖ)

$$Y = \alpha \langle G \rangle,$$

де  $\alpha$  — ціна збитку здоров'ю людини, у.о./чол./рік);

$$\alpha = \alpha_{об} + \alpha_{суб},$$

де  $\alpha_{об}$  — об'єктивна (господарська) складова ціни збитку, котра характеризує прямий економічний збиток для суспільства в результаті смерті чи хвороби людини як виробника національного

продукту, а також витрати на компенсацію збитку, лікування тощо. Вона містить у собі:

— недовироблення ВВП унаслідок тимчасової непрацездатності, інвалідності, передчасної смерті, а також зниження продуктивності праці, погіршення якості продукції, збільшення плінності кадрів;

— збільшення витрат соціального страхування на виплати допомоги за тимчасовою непрацездатністю при збільшенні захворюваності і пенсій, при зростанні рівня інвалідності;

— збільшення витрат на охорону здоров'я при зростанні рівній захворюваності й інвалідності.

Величина  $\alpha_{об}$  залежить від віку, статі, професійної підготовки людини тощо, для непрацюючих пенсіонерів, інвалідів і дітей  $\alpha_{об} < 0$ .

Суб'єктивна (соціальна) складова ціни збитку  $\alpha_{суб}$  відбиває суб'єктивне відношення людини до ризику, ступінь неприйняття визначених видів ризику. Величина соціальної компоненти ціни збитку може бути визначена як розмір додаткової заробітної платні за додатковий ризик. Для орієнтації розрахунків можна використовувати наступні значення складових ціни збитку, у.о./ (чол./рік):

$$\alpha_{об} = \alpha_{об}^{\min} = 100;$$
$$\Delta\alpha_{суб} = \Delta\alpha_{суб}^{\min} = 10\,000.$$

Значення узагальненого збитку здоров'ю  $\langle G \rangle$  у випадку летального виходу дорівнює 1 року. В інших випадках при тому чи іншому ступені враження людини величину СТЖ можна визначити, використовуючи співвідношення

$$\langle G \rangle = P(1 - Ros),$$

де  $P$  — час протягом року, що відповідає тому чи іншому фізичному чи психоемоційному стану людини, визначається за статистичним медичними даним для летального результату  $P = 1$ ;  $R_{os}$  — коефіцієнт за шкалою Россера, відбиває ступінь погіршення стану здоров'я людини у випадку захворювання чи втрати працездатності з урахуванням фізичного стану і рівня дистресу, у якому перебуває людина у випадку настання негативного впливу (додат. III табл. III.7).

Таким чином, формула для визначення величини сумарного СЕЗ, враховуючого  $Y_{\text{чол}}$ , у.о., при техногенній аварії будь-якого роду буде мати вигляд

$$Y_{\text{чол}} = \alpha \sum_i \sum_j P_j (1 - Ros_j) N_j,$$

де  $i$  — вид негативного впливу (токсичний, термічний тощо.);  $j$  — ступінь впливу (граничне враження, враження середньої вагомості, летальний вихід);  $N_j$  — кількість третіх персон, які попали під  $j$ -ий ступінь впливу негативного фактора при аварії  $k$ -го типу, чол.

Величину ризику нанесення шкоди життю і здоров'ю людини, у.о./чол./рік), в наслідок техногенної аварії можна подати у вигляді:

$$R_{\text{чол}} = \sum_j W_{\text{чол } j} Y_{\text{чол } j},$$

де  $j$  — ступінь негативного впливу (летальне, ураження середньої важкості тощо).

Величина  $W_{\text{чол } j}$ , рік<sup>-1</sup> по суті є індивідуальним ризиком ураження людини  $j$ -й ступеня, розрахованим за формулою

$$W_{\text{чол } j} = R_{\text{инд } j} = \sum_k w_k P_{\text{пор } jk},$$

де  $k$  — індекс, що визначає тип аварії (вибух, пожежа, викид токсичних речовин і тощо);  $w_k$  — частота виникнення аварії  $k$ -го типу, рік<sup>-1</sup>;  $P_{\text{пор } jk}$  — вражаючий фактор, що визначає ймовірність ураження  $j$ -ого ступеня при аварії  $k$ -го типу.

### ***Порядок розрахунку збитків за типами надзвичайних ситуацій***

Розрахунок збитків за типами НС відбувається за «Методикою оцінки збитків від наслідків НС техногенного та природного характеру» (Постанова КМ № 862 (862-3003-п) від 04.06.2003). Збитки від наслідків НС поділяються на види залежно від завданої фактичної шкоди. Загальний їх обсяг розраховується як сума основних локальних збитків. Відповідно до територіального поширення та обсягів заподіяних або очікуваних економічних збитків, кількості людей, які загинули, за класифікаційними ознаками визначаються чотири рівні НС — державний, регіональний, місцевий та об'єктовий.

Розрахунок збитків (З) при НС здійснюється за наступною загальною формулою:

$$З = Н_p + М_p + М_{\Pi} + P_{c/\Gamma} + M_{\Gamma B} + P_{л/\Gamma} + P_{рек} + P_{пзф} + A_{\Phi} + B_{\Phi} + Z_{\Phi,3}$$

де  $H_p$  — втрати життя та здоров'я населення;  $M_p$  — руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції;  $P_{c/\Gamma}$  — вилучення або порушення сільськогосподарських угідь;  $M_{\Gamma B}$  — втрат тваринництва;  $P_{л/\Gamma}$  — втрати деревини та інших лісових ресурсів;  $P_{рек}$  — знищення або погіршення якості рекреаційних зон;  $P_{пзф}$  — збитки, заподіяні природно-заповідному фонду;  $A_{\Phi}$  — забруднення атмосферного повітря;  $B_{\Phi}$  — забруднення поверхневих і підземних вод та джерел, внутрішніх морських вод і територіального моря;  $Z_{\Phi}$  — забруднення земель несільськогосподарського призначення.

Основні типи НС визначені постановою Кабінету Міністрів України від 15 липня 1998 р. № 1099 «Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій». Для кожного типу НС згідно з класифікатором встановлюється перелік основних характерних збитків щодо кожного рівня НС залежно від масштабів шкідливого впливу. Ці види за типами та масштабами НС наведені у додатку IV, табл. IV.1 (прямим шрифтом виділено збитки, які необхідно обов'язково розраховувати, курсивом — збитки, що мають місце у деяких окремих випадках).

Витяг з «Методики оцінки збитків від наслідків НС...» для найбільш часто застосованих розрахунків подано нижче.

### ***Розрахунок збитків від втрати життя та здоров'я населення***

Розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення визначається як:

$$H_p = \Sigma B_{\Gamma pp} + \Sigma B_{дп} + \Sigma B_{вгт}$$

де  $\Sigma B_{\Gamma pp}$  — втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва;  $\Sigma B_{дп}$  — витрати на виплату допомоги на поховання;  $\Sigma B_{вгт}$  — витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника;

*а) втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва* розраховуються на підставі даних, наведених у таблиці IV.2, за наступною залежністю:

$$\Sigma B_{\Gamma pp} = M_{л}N + M_{т}N + M_{i}N + M_{3}N,$$

де  $M_{л}$ ,  $M_{т}$  — втрати відповідно від легкого та важкого нещасного випадку;  $M_{i}$ ,  $M_{3}$  — втрати відповідно від отримання людиною ін-

валідності та загибелі;  $N$  — кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

б) *витрати на виплату допомоги на поховання* розраховуються за формулою:

$$\Sigma B_{\text{дп}} = M_{\text{дп}} \cdot N_3,$$

де  $M_{\text{дп}}$  — 0,15\* тис. грн./людину — допомога на поховання (за даними органів соціального забезпечення);  $N_3$  — кількість загиблих;

в) *витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника* розраховуються на кожну дитину за формулою:

$$\Sigma B_{\text{втг}} = 12 \cdot M_{\text{втг}} \cdot (18 - B_{\text{д}}),$$

де 12 — кількість місяців у році;  $M_{\text{втг}}$  — 0,037<sup>1</sup> тис. грн. — розмір щомісячної пенсії на дитину до досягнення нею повноліття — 18 років (за даними органів соціального забезпечення);  $B_{\text{д}}$  — вік дитини.

### ***Розрахунок збитків від руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції***

Збитки від руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції розраховуються за формулою:

$$M_{\text{р}} = \Phi_{\text{в}} + \Phi_{\text{г}} + \text{Пр} + \text{Пр}_{\text{с}} + \text{Сн} + M_{\text{дг}},$$

де  $\Phi_{\text{в}}$  — збитки від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення;  $\Phi_{\text{г}}$  — збитки від руйнування та пошкодження основних фондів невиробничого призначення; Пр — збитки від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції; Пр<sub>с</sub> — збитки від втрат незібраної сільськогосподарської продукції; Сн — збитки від втрат запасів сировини, напівфабрикатів та проміжної продукції;  $M_{\text{дг}}$  — збитки від втрат майна громадян та організацій;

а) *розрахунок збитків від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення*

Загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення складаються із збитків від повного або часткового руйнування і пошкодження будівель, споруд, корпусів, техніки, обладнання та інших видів основних фондів

---

<sup>1</sup> Номінальні розміри видачків затверджуються з урахуванням вимог відповідних нормативно-правових актів.

виробничого призначення та розраховуються за такою формулою:

$$\Phi_{\text{в}}^n = \sum_{i=1}^n (\Delta P^i \cdot K_a^i) - Л_{\text{в}},$$

де  $\Delta P^i$  — зменшення балансової вартості  $i$ -го виду основних фондів виробничого призначення внаслідок повного або часткового руйнування з урахуванням відповідних коефіцієнтів індексації;  $K_a^i$  — коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду основних фондів виробничого призначення;  $n$  — кількість видів основних фондів виробничого призначення, що були частково або повністю зруйновані;  $Л_{\text{в}}$  — ліквідаційна вартість одержаних матеріалів і устаткування;

*б) розрахунок збитків від руйнування та пошкодження основних фондів невиробничого призначення*

Загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів невиробничого призначення (житла, комунікацій, споруд та будівель допоміжного призначення тощо) розраховуються виходячи із залишкової балансової вартості зруйнованих об'єктів за такою формулою:

$$\Phi_{\text{г}} = \sum_{i=1}^n (\Delta P^i \cdot K_a^i) - Л_{\text{в}},$$

де  $\Delta P^i$  — балансова вартість  $i$ -го виду повністю зруйнованих фондів невиробничого призначення з урахуванням відповідних коефіцієнтів індексації;  $K_a^i$  — коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду фондів невиробничого призначення;  $n$  — кількість видів зазначених фондів, що були повністю зруйновані;  $Л_{\text{в}}$  — ліквідаційна вартість одержаних матеріалів і устаткування;

*в) розрахунок збитків від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції*

Розрахунок збитків від втрат готової промислової та сільськогосподарської продукції провадиться за такою формулою:

$$\text{Пр} = \text{Пр}^n + \text{Пр}^c$$

Збитки від втрат готової промислової продукції ( $\text{Пр}^n$ ) розраховуються виходячи з її собівартості або за цінами придбання з урахуванням індексації за такою формулою:

$$\text{Пр}^n = \sum_{i=1}^m (C^i \cdot q^i),$$

де  $C^i$  — собівартість одиниці  $i$ -го виду промислової продукції;  $q^i$  — кількість втраченої продукції  $i$ -го виду;  $m$  — кількість видів промислової продукції, втрачених під час НС.

Збитки від втрат готової сільськогосподарської продукції (Пр<sup>с</sup>) розраховуються на базі середніх оптових цін для різних регіонів України за такою формулою:

$$\text{Пр}^c = \sum_{i=1}^m (\text{Ц}_j^i \cdot q^i),$$

де  $\text{Ц}_j^i$  — середня оптова ціна  $i$ -го виду сільськогосподарської продукції в  $j$ -му регіоні;  $q^i$  — кількість втраченої сільськогосподарської продукції  $i$ -го виду;  $m$  кількість видів втраченої сільськогосподарської продукції;

г) *розрахунок збитків від втрат незібраної сільськогосподарської продукції*

Збитки від втрат незібраної сільськогосподарської продукції (Пр<sub>с</sub>) розраховуються на базі показників середньої врожайності основних видів сільськогосподарських культур для різних регіонів України та середнього прогнозованого рівня оптових закупівельних цін на відповідну сільськогосподарську продукцію з урахуванням нездійснених витрат, необхідних для доведення її до товарного виду, за такою формулою:

$$\text{Пр}_c = \sum_{i=1}^m (S^i \cdot \kappa^i \cdot Y_j^i \cdot \text{Ц}_j^i - \text{З}_{\text{дод}}^i),$$

де  $S^i$  — площа пошкодження  $i$ -ї сільськогосподарської культури;  $\kappa^i$  — середній коефіцієнт пошкодження посівів  $i$ -ї сільськогосподарської культури;  $Y_j^i$  — середня очікувана прогностична урожайність  $i$ -ї сільськогосподарської культури в  $j$ -му регіоні;  $\text{Ц}_j^i$  — прогностична середня оптова ціна  $i$ -го виду сільськогосподарської продукції в  $j$ -му регіоні на час після збирання врожаю;  $\text{З}_{\text{дод}}^i$  — витрати, необхідні для доведення всього обсягу втраченої  $i$ -ї сільськогосподарської продукції до товарного вигляду;  $m$  — кількість видів втраченої незібраної сільськогосподарської продукції.

Розрахунок (Пр<sub>с</sub>) потребує обов'язкового перерахування після збирання врожаю;

г) *розрахунок збитків від втрат сировини, матеріалів та напівфабрикатів, проміжної продукції*

Збитки від втрат сировини, матеріалів та напівфабрикатів, необхідних для виробництва продукції та надання послуг (Сн), розраховуються виходячи з витрат відповідних підприємств та організацій на їх придбання або із середніх значень оптових цін на



сировину, матеріали, напівфабрикати на момент виникнення втрат за такою формулою:

$$C_{\text{н}} = \sum_{i=1}^m (\text{Ц}_{\text{сер}}^i \cdot q^i),$$

де  $\text{Ц}_{\text{сер}}^i$  — середня оптова ціна одиниці  $i$ -ї сировини, матеріалів та напівфабрикатів на момент виникнення втрат;  $q^i$  — обсяг втрачених сировини, матеріалів, напівфабрикатів.

Збитки від втрат проміжної продукції ( $C_{\text{нпром}}$ ) підприємств розраховуються виходячи з її собівартості за такою формулою:

$$C_{\text{нпром}} = \sum_{i=1}^m (C^i \cdot q^i),$$

де  $C^i$  — собівартість  $i$ -го виду проміжної продукції;  $q^i$  — кількість втраченої проміжної продукції  $i$ -го виду;

д) *розрахунок збитків від втрат майна громадян та організацій*

Збитки від втрат іншого майна ( $M_{\text{дг}}$ ) розраховуються для організацій виходячи з його залишкової балансової вартості, а для громадян — виходячи із середньої ринкової ціни відповідного майна на момент його втрати, що оцінюється експертним шляхом, за такою формулою:

$$M_{\text{дг}} = \sum_{i=1}^n (P^i \cdot K_a^i \cdot k^i \cdot q_{\text{орг}}^i) + \sum_{i=1}^m (\text{Ц}_{\text{с.р}}^i \cdot q_{\text{гр}}^i),$$

де  $P^i$  — балансова вартість  $i$ -го виду втраченого майна організацій;  $K_a^i$  — коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду втраченого майна організацій;  $k^i$  — індекс зміни цін стосовно часу придбання  $i$ -го виду майна;  $q_{\text{орг}}^i$  — кількість втраченого майна організацій  $i$ -го виду;  $\text{Ц}_{\text{с.р}}^i$  — середня ринкова ціна  $j$ -го виду втраченого майна громадян;  $q_{\text{гр}}^j$  — кількість втраченого майна громадян  $j$ -го виду;  $m$  — кількість видів майна, втраченого організаціями;  $n$  — кількість видів майна, втраченого громадянами.

### ***Розрахунок збитків від не вироблення продукції внаслідок припинення виробництва***

Розрахунок збитків від не вироблення продукції внаслідок припинення виробництва ( $M_{\text{п}}$ ) окремо у даній методиці не розглядається, тому що для їх визначення повинна бути проведена експертиза. В цьому разі експертне оцінювання може здійснюватися на основі середньорічних обсягів виробництва, коли термін

вимушеного припинення виробництва в цілому чи окремих циклів порівнюється із середніми значеннями нормального функціонування за аналогічний період (у разі сезонних робіт — за відповідний сезонний період). Збитком у цьому разі буде розмір не отриманого прибутку від реалізації продукції за узгодженими цінами базового періоду. Якщо виробництво здійснювалося частково, збитком стане прибуток, що розраховується від вартості невиробленої продукції.

### ***Розрахунок збитків від вилучення або порушення сільськогосподарських угідь***

Розрахунок збитків від вилучення або порушення сільськогосподарських угідь внаслідок виникнення НС провадиться на базі нормативних показників збитків для різних видів сільськогосподарських угідь по областях і АР Крим за такою формулою:

$$P_{c/r} = P_{c/r1} + P_{c/r2},$$

Збитки від вилучення сільськогосподарських угідь з користування ( $P_{c/r1}$ ) визначаються з:

$$P_{c/r1} = H \cdot П,$$

де  $H$  — норматив збитків (узагальнений вартісний показник розміру заподіяної шкоди, який умовно відповідає вартісному виміру унеможливлення використання продуктивності землі) для різних видів сільськогосподарських угідь по областях і АР Крим (табл. IV.3);  $П$  — площа сільськогосподарських угідь відповідного виду, які вилучаються з користування, у гектарах.

Збитки від порушення сільськогосподарських угідь ( $P_{c/r2}$ ) розраховуються на базі коефіцієнта зниження продуктивності за формулою:

$$P_{c/r2} = (1 - k) \cdot H \cdot П,$$

де  $H$  — норматив збитків для різних видів сільськогосподарських угідь по областях і АР Крим (табл. IV.3);  $П$  — площа сільськогосподарських угідь відповідного виду, які вилучаються з користування, у гектарах;  $k$  — коефіцієнт зниження продуктивності угіддя.

### ***Розрахунок збитків від втрат тваринництва***

Збитки від втрат тваринництва розраховуються виходячи з вартості 1 тонни живої маси тварини, що зазнала пошкодження

внаслідок НС, та загальної маси постраждалих тварин. Вартісні показники відбивають середні регіональні заготівельні ціни на заріз худоби. Розрахунок збитків здійснюється за наступною залежністю:

$$M_{\text{тв}} = B \cdot N,$$

де  $M_{\text{тв}}$  — розмір збитків, тис. гривень;  $B$  — вартість 1 тонни живої маси постраждалої тварини за середніми цінами, які склалися на підприємстві, що зазнало втрат у період, який безпосередньо передував НС, але не більше ніж протягом 6 місяців;  $N$  — загальна вага постраждалих тварин.

### ***Розрахунок збитків від втрати деревини та інших лісових ресурсів***

Визначення збитків від втрати деревини та інших лісових ресурсів внаслідок виникнення НС провадиться для груп лісів по областях і АР Крим з урахуванням коефіцієнта продуктивності лісів за типами лісорослинних умов за формулою:

$$P_{\text{л/г}} = P_{\text{л/г1}} + P_{\text{л/г2}} + P_{\text{л/г3}}$$

Збитки від знищення лісу та вилучення земельних ділянок лісового фонду для цілей, не пов'язаних з веденням лісового господарства ( $P_{\text{л/г1}}$ ), розраховуються за формулою:

$$P_{\text{л/г1}} = H \cdot K \cdot П,$$

де  $P_{\text{л/г1}}$  — розмір збитків, тис. грн;  $H$  — норматив збитків (узагальнений вартісний показник розміру заподіяної шкоди, яка умовно відповідає вартісному виміру втрат внаслідок неможливості господарського використання лісів чи іншої корисності, пов'язаний з природними властивостями деревини та іншої лісової продукції) для груп лісів по областях та АР Крим (табл. IV.4);  $K$  — коефіцієнт продуктивності лісів за типами лісогосподарських умов областей та АР Крим (табл. IV.5);  $П$  — площа лісової ділянки, що вилучається або знищується, у гектарах.

Збитки від пошкодження лісів ( $P_{\text{л/г2}}$ ) розраховуються на базі коефіцієнта зниження продуктивності угідь за формулою:

$$P_{\text{л/г2}} = (1 - k) \cdot H \cdot П,$$

де  $P_{\text{л/г2}}$  — розмір збитків, тис. грн;  $H$  — норматив збитків для груп лісів за регіонами України (табл. IV.4). Уточнюється згідно з нормативно-методичною базою Держкомлісгоспу на час НС з урахуванням коефіцієнта інфляції;  $П$  — площа лісової ділянки, що

зазнала шкідливого впливу НС;  $k$  — коефіцієнт зниження продуктивності угіддя.

У разі переведення лісів у менш цінну групу розмір збитків розраховується за формулою:

$$P_{л/гз} = (H_2 - H_1) \cdot K \cdot П,$$

де  $P_{л/гз}$  — розмір збитків, тис. грн;  $H_2$  та  $H_1$  — нормативи збитків відповідно для груп, до яких угіддя відносилися до та після шкідливого впливу НС (табл. IV.4);  $П$  — площа лісової ділянки, що зазнала шкідливого впливу НС;  $K$  — коефіцієнт продуктивності лісів за типами лісорослинних умов (табл. IV.5).

### ***Розрахунок збитків від забруднення земель несільськогосподарського призначення***

Збитки від забруднення землі нафтопродуктами розраховуються аналогічно до збитків від забруднення підземних вод на базі питомого показника збитків у частках неоподатковуваного рівня доходів громадян (НМД) з урахуванням відносної екологічної небезпечності забруднюючої речовини та природної захищеності підземних вод у розрахунку на 1 тону нафтопродуктів за такою формулою:

$$З_{\phi} = Y_n \cdot n \cdot M \cdot L, \quad (5.2.)$$

де  $З_{\phi}$  — обсяг збитків від забруднення поверхні землі та ґрунтів, гривень;  $Y_n$  — питома величина збитків, завданих довкіллю, в НМД;  $n$  — розмір НМД, грн.;  $M$  — маса скинутої забруднюючої сировини, кілограмів;  $L$  — коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних вод: для ґрунтових — 1, для міжпластових безнапірних — 1,3, для міжпластових напірних (артезіанських) — 1,6.

Розрахунок величини збитків внаслідок забруднення земель іншими (крім нафтопродуктів) речовинами здійснюється шляхом введення до формули (5.2) коефіцієнта, який враховує екологічну небезпечність забруднюючої речовини ( $K_i$ ), за формулою:

$$З_{п.в} = K_i \cdot Y_n \cdot n \cdot V_3 \cdot L,$$

де  $З_{п.в}$  — обсяг збитків від забруднення підземних вод, гривень;  $K_i = 0,05/ГДК_i$ ,  $ГДК_i$  — величина гранично допустимої концентрації або безпечного рівня впливу  $i$ -ої забруднюючої речовини;  $Y_n$  — питома величина збитків, завданих довкіллю, в НМД;  $n$  — розмір НМД, грн.;  $V_3$  — об'єм забруднених підземних вод,  $м^3$ ;  $L$  — коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних

вод: для ґрунтових — 1; для міжпластових безнапірних — 1,3; для міжпластових напірних (артезіанських) — 1,6.

Виявлення факту безпосереднього забруднення земель здійснюється візуально та за допомогою хіміко-аналітичних досліджень проб ґрунтів. Маса (об'єм) забруднюючих речовин, які потрапили на поверхню землі, встановлюється документально чи шляхом прямих натурних замірів. В умовах повного насичення шару ґрунту рідкими забруднюючими речовинами їх обсяг може бути розрахований за наступною залежністю:

$$V = F \cdot H \cdot u,$$

де  $V$  — об'єм забруднюючих речовин, м<sup>3</sup>;  $F$  — площа забруднення, м<sup>2</sup>;  $H$  — глибина просочування, м;  $u$  — дефіцит насичення, в частках від одиниці.

Для своєчасного попередження негативних процесів і виникнення екологічних ризиків уявляється необхідним і доцільним використання даних екологічного та еколого-геосистемного моніторингу, інформація яких є підставою для аналізу тенденцій і прогнозу розвитку негативних процесів, а також для кількісних оцінок екологічних збитків довкілля.

### ***Приклад розрахунку збитків від впливу пожеж на гіпотетичному об'єкті економіки.***

З року в рік основними причинами виникнення пожеж залишаються: необережне поводження з вогнем (біля 55 %), порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації електроустановок (23 %), порушення правил пожежної безпеки при влаштуванні та експлуатації печей, теплогенеруючих агрегатів та установок (біля 10 %) тощо. Отже, в більшості причин виникнення пожеж (більше 60 %) головну роль відіграє «людський чинник» (необережне поводження з вогнем, паління, експлуатація електроприладів, пічного опалення, пустощі дітей з вогнем та ін).

Користуючись «Методикою оцінки збитків від наслідків НС техногенного і природного характеру», визначається розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення при виникненні пожежі на ОЕ за формулою:

$$H_p = \Sigma B_{\text{тpp}} + \Sigma B_{\text{дп}} + \Sigma B_{\text{втг}},$$

де  $H_p$  — розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення, грн.;  $\Sigma B_{\text{тpp}}$  — втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва, грн.;  $\Sigma B_{\text{дп}}$  — витрати на виплату допомоги на поховання, грн.;

$\Sigma B_{\text{втг}}$  — витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника, грн.

Втрати від вибуття трудових ресурсів з виробництва розраховуються на підставі даних, наведених у таблиці IV.2, за формулою:

$$\Sigma B_{\text{тpp}} = M_{\text{л}}N + M_{\text{т}}N + M_{\text{i}}N + M_{\text{з}}N = 0,28 \cdot 3 + 6,5 \cdot 2 + 47 \cdot 1 = 60,84 \text{ тис. грн.} = 60\,840 \text{ грн.}$$

де  $M_{\text{л}}$ ,  $M_{\text{т}}$  — втрати відповідно від легкого та важкого нещасного випадку;  $M_{\text{i}}$ ,  $M_{\text{з}}$  — втрати відповідно від отримання людиною інвалідності чи загибелі;  $N$  — кількість постраждалих від конкретного виду нещасного випадку.

Отже, втрати ОЕ від вибуття трудових ресурсів з виробництва становлять 60 840 грн.

Витрати на виплату допомоги на поховання можна визначити з:

$$\Sigma B_{\text{дп}} = M_{\text{дп}} \cdot N_{\text{з}} = 1,5 \cdot 2 = 0,3 \text{ тис. грн.} = 300 \text{ грн.}$$

де  $M_{\text{дп}}$  — 0,15\* тис. гривень/людину — 1360 грн допомога на поховання (за даними органів соціального забезпечення);  $N_{\text{з}}$  — кількість загиблих.

Таким чином, витрати ОЕ на виплату допомоги на поховання становлять 300 грн. Далі розраховуються витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника на кожну дитину:

$$\Sigma B_{\text{втг}} = 12 \cdot M_{\text{втг}} \cdot (18 - B_{\text{д}}) = 12 \cdot 0,037 \cdot (18 - 9) = 3,996 \text{ тис. грн.} = 3996 \text{ грн.}$$

де  $-12$  — кількість місяців у році;  $M_{\text{втг}}$  — 0,037\* тис. гривень — розмір щомісячної пенсії на дитину до досягнення нею повноліття — 18 років (за даними органів соціального забезпечення);  $B_{\text{д}}$  — вік дитини.

З розрахунку видно, що витрати на виплату пенсій у разі втрати годувальника на ОЕ становлять 3996 грн, майже 4000 грн.

Існують інші розрахунки виплати пенсії у зв'язку з втратою годувальника наприклад:

Годувальник (батько, 15.06.1967 року народження) помер 15.09.2007 року у віці 40 років 3 місяці. Страховий стаж становить 45 років (в тому числі 19 років 9 місяців — період з дня смерті до дня досягнення пенсійного віку (60 років). Заробітна плата, визначена за нормами частини 1 статті 40 Закону України про пенсійне забезпечення становить 2322,03 грн. (928,81 грн.  $\times$   $\times$  2,5, де: 928,81 грн. — середня заробітна плата в галузях економіки України за 2006 рік, 2,5 — індивідуальний коефіцієнт заробітної плати годувальника).

Визначаємо розмір пенсії за віком померлого годувальника:  $2322,03 \cdot 0,45 = 1044,91$  грн. — основний розмір пенсії;  $410,06$  грн.  $\cdot 20\% = 82,01$  грн. — доплата за понаднормовий стаж.

Загальний розмір пенсії за віком становить  $1044,91 + 82,01 = 1126,92$  грн.

Розмір пенсії в разі втрати годувальника з 16.09.2007 року становить  $563,46$  грн. ( $50\%$  пенсії за віком).

Загальний розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення ОЕ:

$$H_p = 60840 + 300 + 3996 = 65\ 136 \text{ грн.}$$

Загальні збитки від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення складаються із збитків від повного або часткового руйнування і пошкодження будівель, споруд, корпусів, техніки, обладнання та інших видів основних фондів виробничого призначення та розраховуються:

$$\Phi_b^n = \sum_{i=1}^n (\Delta P^i \cdot K_a^i) - L_b = 250 \cdot 1,02 - 180 = 75 \text{ тис. грн.} = 75\ 000 \text{ грн.}$$

де  $\Delta P^i$  — зменшення балансової вартості  $i$ -го виду основних фондів виробничого призначення внаслідок повного або часткового руйнування з урахуванням відповідних коефіцієнтів індексації;  $\Delta P^i = 10\% \cdot 2500 = 250$  тис. грн.  $K_a^i$  — коефіцієнт амортизації  $i$ -го виду основних фондів виробничого призначення;  $K_a^i = 1,02$ , оскільки будівлі та споруди відносяться до першої групи основних фондів  $n$  — кількість видів основних фондів виробничого призначення, що були частково або повністю зруйновані;  $L_b$  — ліквідаційна вартість одержаних матеріалів і устаткування, складає  $180$  тис. грн.

Таким чином, загальний розмір збитків від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення внаслідок пожежі на ОЕ буде складати  $75\ 000$  грн.

Загальний обсяг збитків від наслідків виникнення пожежі на ОЕ:

$$З = \Phi_b^n + H_p = 75\ 000 + 65\ 136 = 140\ 136 \text{ грн.}$$

де  $З$  — загальний обсяг збитків від наслідків пожеж, грн.;  $\Phi_b^n$  — розмір збитку від руйнування та пошкодження основних фондів виробничого призначення внаслідок пожежі, грн.;  $H_p$  — розмір збитків від втрати життя та здоров'я населення, грн.

Отже, загальний обсяг збитків на досліджуваному ОЕ від виникнення пожежі становить  $140\ 136$  грн.

## **Питання до самоконтролю:**

- 1. Як поділяються аварії за вражаючим потенціалом?*
- 2. З урахуванням яких рівнів здійснюється експертні оцінки частоти техногенних аварій?*
- 3. Охарактеризуйте поняття про збиток, як результат прояву небезпек.*
- 4. З яких складових складається прямий збиток?*
- 5. З яких складових складається непрямий збиток?*
- 6. Як поділяються витрати на ліквідацію надзвичайної ситуації та її наслідків?*
- 7. Які категорії виділяють при рахуванні рівнів екологічного ризику?*
- 8. Яким чином відбувається оцінка збитку життя і здоров'я людини?*
- 9. Поясніть об'єктивну (господарську) складову ціни збитку.*
- 10. Поясніть суб'єктивну (соціальну) складову ціни збитку.*





## ПІСЛЯМОВА

**С**тратегічний напрям дій щодо реалізації державою гарантій безпечної життєдіяльності громадянам, ґрунтується на поширенні превентивних заходів безпеки. Поступово змінюються підходи до організації забезпечення захисту населення. Відбувається перехід від концепції реагування на НС до створення умов їхнього запобігання. Зрозуміло, що останнє неможливо при наявності двох складових: по-перше, якщо бракує необхідних фахівців і, по-друге, — коштів. Саме на часткове усунення проблеми, пов'язаної з першою складовою, підготовкою відповідних спеціалістів, спрямовано пропонований навчальний посібник. В основу аналітичного дослідження небезпечних подій авторами покладено пошук і розв'язання суперечностей за економічними показниками профілактики АКСЛ та їх ліквідації, між конфліктуєчими елементами системи Л-Т-С, котрі призводять до виникнення і розвитку НС, катастроф та аварій. Тобто досягнення компромісу між рівнем небезпек, які виникають внаслідок нерівномірності розвитку цих елементів чи розподілу ймовірності виникнення аварій і економічними можливостями сучасного суспільства. Однією з актуальних складових, які сприяють розв'язанню цього питання, є зниження ризику ПНО, котрі працюють в Україні.

Основу даної діяльності складає ризик орієнтований підхід. Основними його задачами є створення реальних наукових основ забезпечення безпеки складних технічних систем, людей і довкілля, розроблення методів оцінки безпеки ОЕ та наукових засад концепції прийнятого ризику стосовно умов функціонування системи Л-Т-С. Ефективним напрямом на шляху зниження ризику є впровадження автоматизованих систем контролю, аналізу і запобігання надзвичайним подіям. Опанування методологію інтегрованої оцінки ризику, адаптованою до наших умов життєдіяльності, разом з якісним моніторингом небезпечних подій, дозволить не тільки порівнювати рівні ризиків від будь-яких джерел, розподіл ресурсів за АТО, але й досягти такий рівень зниження ризику, котрий є необхідним для забезпечення сталого розвитку нашої країни.

## **ШКАЛА СЕЙСМІЧНОЇ ІНТЕНСИВНОСТІ MSK-64**

1. Класифікація, що прийнята у шкалі.

Типи споруд (будинки, що побудовані без необхідних антисейсмічних заходів).

Тип А — будинки з рваного каменя, сільські будівлі, будинки з цегли-сирцю, глинобитні будинки.

Тип Б — звичайні цегляні будівлі, будинки великоблочного і панельного типів, фахверкові будівлі, будинки з природного тесаного каменю.

Тип В — каркасні залізобетонні будівлі, дерев'яні добре збудовані будинки.

2. Кількісні характеристики руйнувань:

окремі — зазнають ушкодження близько 5 % будівель, багато які — близько 50 % будівель, більшість — близько 75 % будівель.

3. Якісна характеристика ушкоджень

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

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

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

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

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

4. Загальні ознаки шкали для: а) людей та їхнього оточення; б) споруд; в) природних явищ.

5. Інтенсивність у балах.

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

*II. Ледь відчутний землетрус.* Коливання відчуються тільки окремими людьми, що знаходяться у стані спокою усередині приміщень, особливо на верхніх поверхах.

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

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

*V. Пробудження.* а) Землетрус відчувається всіма людьми усередині приміщень, під відкритим небом — багатьма. Багато хляпчих прокидаються. Деякі особи вибігають із приміщень. Тварини хвилюються. Спостерігається струс будинків у цілому. Висячі предмети сильно коливаються. Картини зсовуються з місця. В окремих випадках зупиняються маятникові годинники. Деякі нестійкі предмети або перекидаються або зрушуються. Незамкнені двері і вікна розчиняються і знову закриваються. З наповнених відкритих ємностей у невеликих кількостях вихлопується рідина. Коливання, що відчуються, схожі з коливаннями, що створюються падінням важких предметів усередині будинку.

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

в) У деяких випадках змінюється дебіт джерел.

*VI. Переляк.* а) Землетрус відчувається більшістю людей як усередині приміщень, так і просто неба. Багато людей, що знаходяться в будинках, лякаються і вибігають на вулицю, деякі закриваються у приміщеннях. Домашні тварини вибігають з укриттів. У деяких випадках може розбитися посуд і інші скляні вироби; падають книги. Можливий рух важких меблів; може бути чутним дзвін малих дзвонів на дзвіницях.

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

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

*VII. Ушкодження будинків.* а) Більшість людей перелякані і вибігають із приміщень. Багато хто з зусиллям утримується на ногах. Коливання відчувають особи, що ведуть автомобілі. Дзвонять великі дзвони.

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 1-го ступеня; у багатьох будинках типу Б ушкодження 2-го ступеня. У багатьох будинках типу

А — ушкодження 3-го ступеня, в окремих будинках цього типу — ушкодження 4-й ступеня. В окремих випадках спостерігаються зсуви проїзних частин доріг на крутих схилах і тріщини на дорогах. Порушення стиків трубопроводів; тріщини в кам'яних огорожах.

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

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

б) У багатьох будинках типу В ушкодження 2-го ступеня, в окремих будинках цієї групи — ушкодження 3-го ступеня. У багатьох будинках типу Б ушкодження 3-го ступеня, в окремих — 4-го ступеня. У багатьох будинках типу А ушкодження 4-го ступеня, в окремих — 5-го ступеня. Спостерігаються окремі випадки розриву стиків трубопроводів. Пам'ятники і статуї зрушуються. Надгробні камені перекидаються. Кам'яні огорожі руйнуються.

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

*IX. Загальні ушкодження будинків.* а) Загальна паніка; великі ушкодження меблів. Тварини метушаться і лементують.

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

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

*X. Загальні руйнування будинків.* а) відсутне; б) У багатьох будинках типу В ушкодження 4-го ступеня, а в окремих — 5-го ступеня. У багатьох будинках типу Б ушкодження 5-го ступеня, у більшості будинків типу А ушкодження 5-го ступеня. Небезпечні ушкодження гребель і дамб, серйозні ушкодження мостів. Легкі викривлення залізничних рейок. Розриви або викривлення підземних трубопроводів. Дорожні покриття і асфальт набувають хвилеподібну поверхню.

в) Тріщин: у ґрунті шириною кілька дециметрів і в деяких випадках — до 1 м. Паралельно руслам водяних потоків з'являються широкі

розриви. Осідання пухких порід із крутих схилів. Можливі великі зсуви на берегах річок і крутих морських узбережжях. У прибережних районах переміщуються піщані і мулисті маси. Вихлюпування води в каналах, озерах, ріках тощо. Утворюються нові озера.

*XI. Катастрофа.* а) відсутнє; б) Серйозні ушкодження навіть добротних будівель, мостів, гребель і залізничних колій; шосейні дороги стають непридатними; руйнування підземних трубопроводів.

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

*XII. Зміна рельєфу.* а) відсутнє; б) Сильне ушкодження або руйнування практично всіх наземних і підземних споруд.

в) Радикальна зміна земної поверхні. Спостерігаються значні тріщини в ґрунтах з великими вертикальними і горизонтальними переміщеннями. Гірські обвали й обвали берегів річок на великих площах. Утворюються озера, водоспади; змінюються русла річок. Визначення інтенсивності землетрусу (бальності) вимагає спеціального дослідження. Типи будинків, кількість та ступінь пошкоджень для різних інтенсивностей землетрусів наведено у табл. I.1

Таблиця I.1

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ТИПІВ БУДИНКІВ, КІЛЬКОСТІ  
ТА СТУПЕНЯ ЇХ ПОШКОДЖЕНЬ ВІД ІНТЕНСИВНОСТІ ЗЕМЛЕТРУСУ**

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

**Примітка.** 1, 2, 3, 4, 5 — ступені пошкоджень за прийнятою класифікацією.

Таблиця І.2

**НАДМІРНИЙ ТИСК ( $\Delta P_{\text{ф}}$ , кПа), ЩО ВІДПОВІДАЄ СТУПЕНЯМ РУЙНУВАННЯ**

Об'єкт	Руйнування			
	повне	сильне	середнє	слабке
Будівлі жилі:				
цеглові багатоповерхові	30...40	20...30	10...20	8...10
цеглові малоповерхові	35...45	25...35	15...25	8...15
дерев'яні	20...30	12...20	8...12	6...8
Будівлі промислові:				
з важким металевим або залізобетонним каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
з легким металевим каркасом або безкаркасні	60...80	40...50	30...50	20...30
Промислові об'єкти:				
ТЕС	25...40	20...25	15...220	10...15
котельні	35...45	25...35	15...25	10...15
трубопроводи наземні	20	50	130	-
трубопроводи на естакаді	20...30	30...40	40...50	-
трансформаторні підстанції	100	40...60	20...40	10...20
ЛЕП	120...200	80...120	50...70	20...40
водонапірні вежі	70	40...60	20...40	10...20
Резервуари:				
сталеві наземні	90	80	55	35
газгольдери, ємності з ПМР та хімічними речовинами	40	35	25	20
частково заглиблені для нафтопродуктів	100	75	40	20
підземні	200	150	75	40
Металеві та залізобетонні мости	250...300	200...300	150...200	100...150
Залізничні колії	400	250	175	125
Тепловози вагою до 50 т	90	70	50	40
Цистерни	80	70	50	30
Вагони цільнометалеві	150	90	60	30
Вагони товарні дерев'яні	40	35	30	15
Автомашини вантажні	70	50	35	10

Таблиця І.3

**ЗАЛЕЖНІСТЬ СТУПЕНЯ НЕГАТИВНОГО  
ВПЛИВУ ВІД ВЕЛИЧИНИ  $\Delta P_{\phi}$ , кПа**

Ступень негативного впливу	Величина $\Delta P_{\phi}$ , кПа
Для людини безпечно	< 10
Легке ураження (забиті місця, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальна контузія)	20...40
Середнє ураження (контузія головного мозку, ушкодження органів слуху, розриви барабаних перетинок, кровотеча з носа та ушей)	40...60
Сильне ураження (сильна контузія всього організму, втрата свідомості, переломи кінцівок, ушкодження внутрішніх органів)	60...100
Поріг смертельного ураження	100
Летальний вихід у 50 % випадків	250...300
Безумовна смертельне ураження	> 300

Таблиця І.4

**СТУПІНЬ УРАЖЕННЯ НЕЗАХИЩЕНИХ ЛЮДЕЙ УДАРНОЮ ХВИЛЕЮ**

$\Delta P_{\phi}$ , кПа	Ступінь ураження
<10	Безпечна відстань
10—40	Легкі ураження (забиті місця, втрата слуху)
40—60	Середні ураження (кровотечі, вивихи, струси мозку)
60—100	Важкі ураження (контузії)
>100	Смертельні (незворотні)

Таблиця І.5

**ВТРАТИ РОБІТНИКІВ ТА СЛУЖБОВЦІВ НА ОЕ (%)  
В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД СТУПЕНЯ РУЙНУВАНЬ БУДІВЕЛЬ, СПОРУД**

Ступень руйнування	Ступень захищеності персоналу					
	Незахищені		В будинках		В захисних спорудах	
	Загальні	Санітарні	Загальні	Санітарні	Загальні	Санітарні
Слабкі	8	3	1,2	0,4	0,3	0,1
Середні	12	9	3,5	1,0	1,0	0,3
Сильні	80	25	30	2,5	2,5	0,8
Повні	100	30	40	7,0	7,0	2,5

Таблиця І.6

## ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕЯКИХ ГПС І ППС

Речовина	Формула	$Q_{tr}$ кДж/кг $\times$ $\times 10^3$	Межі вибуховості		Молярна маса, г/моль
			НКМ/ВКМ, %	НКМ/ВКМ, кг/м <sup>3</sup>	
Аміак	NH <sub>3</sub>	18,6	15,0/18,0	0,11/0,28	17
Ацетон	C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	28,6	2,2/13,0	0,052/0,31	42
Ацетилен	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	48,3	2,0/81,0	0,021/0,86	26
Бензол	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	40,6	1,4/7,1	0,045/0,23	78
Бензин (ок-тан)	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	46,2	1,2/7,0	0,04/0,22	114
Водень	H <sub>2</sub>	120	4,0/75,0	0,0033/0,062	2
Метан	CH <sub>4</sub>	50	5,0/15,0	0,033/0,1	16
Метиловий спирт	CH <sub>3</sub> OH	20,9	5,0/34,7	0,092/0,47	32
Оксид вуг-лецю	CO	13	12,05/74,0	0,14/0,85	28
Пропан	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	46,4	2,1/9,5	0,038/0,18	44
Етилен	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	47,4	3,0/32,0	0,034/0,37	28
Етиловий спирт	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	33,8	3,6/19,0	0,068/0,34	46

Таблиця І.7

## ГРАНИЧНІ (КРИТИЧНІ) ЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЛЮДИНИ І МАТЕРІАЛІВ

Граничне значення $I^*$ , кДж/м <sup>2</sup> ·с	Час до того, як	
	починаються больові відчуття, с	з'являються опіки (почервоніння, пухирі), с
30	1	2
22	2	3
18	2,5	4,3
11	5	8,5
10,5	6	10
8	8	13,5
5	16	25



Граничне значення $I^*$ , $\text{кДж/м}^2 \cdot \text{с}$	Час до того, як	
	починаються больові відчуття, с	з'являються опіки (почервоніння, пухирі), с
4,2	15...20	40
2,5	40	45
1,5	Тривалий період (1...2 години)	
1,25	Безпечний $I^*$	
17,5	Загорання деревини ( $\varphi = 15\%$ ) через $t = 5$ хв.	
14	Загорання деревини через $t = 11$ хв	
35	Загорання горючих рідин речовин з $T_c = 300$ °С (мазут, торф, мастила) через $t = 3$ хв	
41	Загорання ЛЗР с $T_c > 400$ °С (ацетон, бензин, спирт) через $t = 3$ хв	

Таблиця I.8

**ВЕЛИЧИНИ МАКСИМАЛЬНОЇ ЕНЕРГІЯ СВІТЛОВОГО  
ВИПРОМІНЮВАННЯ, ЩО НЕ СПРИЧИНЯЮТЬ ЗАГОРЯННЯ  
АБО СТІЙКОГО ГОРІННЯ РІЗНОМАНІТНИХ МАТЕРІАЛІВ**

Найменування матеріалів	Світловий імпульс, $\text{кДж/м}^2$	
	займання, обвуглювання	стійке горіння
Папір газетний	—	130—170
Папір, білий	340—420	630—750
Сухе сіно, соломка, стружка	340—500	710—840
Хвоя, опале листя	420—590	750—1100
Бавовняно-паперова тканина:		
темна	250—420	590—670
кольору хакі	340—590	670—1000
світла	500—750	840—1500
Резина автомобільна	250—420	630—840
Брезент наметовий	420—500	630—840
Брезент білого кольору	1700	2500
Дерматин	200—340	420—690

Найменування матеріалів	Світловий імпульс, кДж/м <sup>2</sup>	
	займання, обвуглювання	стійке горіння
Дошки соснові (сухі, не пофарбовані)	500—670	1700—2100
Дошки пофарбовані в білий колір	1700—1900	4200—6300
Дошки темного кольору	250—420	840—1200
Крівля м'яка (толь, руберойд)	590—840	1000—1700
Черепиця червона (оплавлення)	840—1700	

**Примітка:** зовнішня межа осередку виникнення пожеж за величиною світлового імпульсу складає 100...200 кДж/м<sup>2</sup>.

Таблиця І.9

## ТЕПЛОТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЧОВИН І МАТЕРІАЛІВ

Речовини, матеріали	Швидкість вигорання $v_{\text{виг.}}$ , кг/м <sup>2</sup> ·с	Питома теплота згорання $Q_0$ , кДж/кг	Теплота пожежі $Q_0$ кДж/м <sup>2</sup> ·с
Ацетон	0,047	$28,6 \cdot 10^3$	1200
Бензол	0,08	$40,6 \cdot 10^3$	2500
Бензин	0,05	$44 \cdot 10^3$	1780...2200
Гас	0,05	$43 \cdot 10^3$	1520
Метилловий спирт	0,04	$20,9 \cdot 10^3$	840
Суміш метану, пропану, бутану	0,65	$(40-50) \cdot 10^3$	2800
Етиловий спирт	0,03	$33,8 \cdot 10^3$	8200...10 000
Деревина	0,015	$19 \cdot 10^3$	260
Пиломатеріали	0,017	$14 \cdot 10^3$	150
Мазут	0,013	$40 \cdot 10^3$	1300
Ацетилен	—	$48,3 \cdot 10^3$	-

**Примітка.**  $Q_0 = Q_v \cdot v_{\text{виг.}}$

Таблиця І.10

**ТОКСИЧНІ РЕЧОВИНИ,  
ЩО ВИДІЛЯЮТЬСЯ ПІД ЧАС ЗАДИМЛЕННЯ**

Токсична речовина	Матеріали, що виділяють токсичні речовини під час пожежі	Смертельно небезпечні концентрації через 5...10 хв		Небезпечні концентрації через 30 хв	
		%	мг/л	%	мг/л
Оксид вуглецю	Каучук, оргскло, вініпласт	0,5	6	0,2	2,4
Хлористий водень	Вініпласт, каучук, пластикат	0,3	4,5	0,1	1,5
Фосген	Фторопласт	0,005	0,25	0,0026	0,1
Оксид азоту	Нітрон, органічне скло	0,05	1,0	0,01	0,2
Сірководень	Лінолеум	0,08	1,1	0,04	0,6
Сірчистий газ	Каучук, сірка	0,3	8,0	0,04	1,1

Таблиця І.11

**ЗНАЧЕННЯ ТОКСИДОЗ  
ТА КОЕФІЦІЄНТІВ а і b**

НХР	Токсична доза, мг·хв/л		Коефіцієнти	
	смертельна $D_{см}$	порогова $D_{пор}$	$a$	$b$
Аміак	60	18	0,2	0,15
Двуоксид хлору	0,6	0,06	0,07	0,15
Оксид вуглецю	60	25	1,0	
Оксид азоту	3	1,5	0	0,03
Сірчаний ангідрид	70	1,8	0,2	0,15
Синільна кислота	2	0,2	0	0,03
Фосген	6	6,2	0,07	0,15
Фурфурол	22,5	1,5	0	0,03
Фенол	22,5	1,5	0	0,03
Формалін	22,5	1,5	0	0,03
Хлор	6,0	0,6	0,2	0,15

**Додаток II**

Таблиця II.1

**ШВИДКІСТЬ ПЕРЕНЕСЕННЯ ПЕРЕДНЬОГО  
ФРОНТУ ХМАРИ ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯ В ЗАЛЕЖНОСТІ  
ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ ТА СВСП W, км/год**

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

Таблиця II.2

**ГЛИБИНА РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ХМАРИ ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯ  
З ВРАЖАЮЧИМИ КОНЦЕНТРАЦІЯМИ НХР НА ВІДКРИТІЙ МІСЦЕВОСТІ,  
км (смоніті не обваловані, швидкість вітру 1 м/с, температура повітря 0°С)**

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

**Примітки до табл. II.2 1.** При температурі повітря +20°С глибина розповсюдження хмари забрудненого повітря збільшується, а при -20°С зменшується на 5 %, від наведених у таблиці для 0°С.

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

3. Для НХР, що не увійшли до табл.П.2, окисел для розрахунку береться глибина розповсюдження хмари хлору для заданих умов і множиться на коефіцієнт для певного НХР: фосген — 1,14; оксиди азоту — 0,28; метиламін — 0,24; диметиламін -0,24; нітробензол — 0,01; оксид етилену — 0,06; водень фтористий — 0,3; водень ціаністий — 0,97.

Таблиця П.3

**ГРАФІК ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ПОВІТРЯ ЗА ДАНИМИ ПРОГНОЗУ ПОГОДИ**

Швидкість вітру, м/с	Ніч			День		
	ясно	напів-ясно	похмуро	ясно	напів-ясно	похмуро
0.5	Інверсія			Конвекція		
0.6—2.0						
2.1—4.0		Ізотермія			Ізотермія	
Більш 4.0						

Таблиця П.4

**ДОПОМІЖНІ КОЕФІЦІЄНТИ  
ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТРИВАЛОСТІ  
ВИПАРОВУВАННЯ НХР**

Найменування НХР	Густина НХР, т/м <sup>3</sup>	Вражаюча токсидоза, мг хв/л	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub> залежно від температури			
				-20°C	0°C	20°C	40°C
Аміак	0,681	15	0,025	1	1	1	1
Хлор	1,553	0,6	0,052	1	1	1	1
Соляна кислота	1,198	2	0,021	0,1	0,3	1	1,6

Таблиця П.5

**ЗАЛЕЖНІСТЬ КОЕФІЦІЄНТУ  $\phi$   
ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ**

V, м/с	< 1	1	2	> 2
$\phi$ , град	360	180	90	45

Таблиця II.6

**КОРЕГУВАЛЬНІ КОЕФІЦІЄНТИ ЗМЕНШЕННЯ  
ГЛИБИНИ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ХМАРИ ЗАБРУДНЕНОГО ПОВІТРЯ  
В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ШВИДКОСТІ ВІТРУ**

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

Таблиця II.7

**КОЕФІЦІЄНТИ ЗМЕНШЕННЯ ГЛИБИНИ  
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ХМАРИ  
НХР ПРИ ВИЛИВІ «У ПІДНО» В ЗАЛЕЖНОСТІ  
ВІД ВИСОТИ ОБВАЛУВАННЯ**

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

**Примітка до табл. II.7** У разі проміжних значень висоти обвалування існуюче значення висоти обвалування округляється до ближчого. Якщо приміщення, де зберігаються НХР, герметично зачиняються і обладнані спеціальними вловлювачами, то відповідний коефіцієнт збільшується втричі.

Таблиця II.8

**КОЕФІЦІЄНТИ ЗМЕНШЕННЯ ГЛИБИНИ  
РОЗПОВСЮДЖЕННЯ ХМАРИ  
НХР НА КОЖНИЙ 1 КМ ДОВЖИНИ ЗАКРИТОЇ  
МІСЦЕВОСТІ,  $K_{зм}$**

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

Таблиця П.9

**ТРИВАЛІСТЬ ВИПАРОВУВАННЯ**  
**(термін дії джерела забруднення)  $t_{ур}$ ,**  
**ГОД (швидкість вітру 1 м/с)**

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

**Примітка до табл. П.9** При швидкості вітру більше 1 м/с вводиться корегувальний коефіцієнт:

Швидкість вітру, м/с 1 2 3 5 10

Корегувальний коефіцієнт 0,75 0,6 0,5 0,43 0,25

Таблиця П.10

**ВІДНОСНА ПОВТОРЮВАНІСТЬ  $P_{\text{в}}$**   
**(%) ШВИДКОСТЕЙ ВІТРУ ЗА ГЕОГРАФІЧНИМИ**  
**НАПРЯМКАМИ У РІЧНОМУ РОЗРІЗІ**

U, м/с	Північ	Півн.С	С	Півд.С	Півд.	Півд.З	З	Півн.З	Сума
Штиль									
1...2	0,79	0,83	0,95	1,06	0,60	0,73	0,78	0,61	6,35
2...3	2,68	3,08	3,57	3,98	2,32	2,71	2,79	2,13	23,26
4...5	3,18	3,65	4,23	4,71	2,75	3,20	3,30	2,52	27,54
6...7	2,41	2,61	3,00	3,28	1,90	2,28	2,40	1,87	19,75
8...9	1,86	1,77	2,00	2,12	1,21	1,54	1,71	1,38	13,59
10...11	0,80	0,66	0,73	0,73	0,41	0,57	0,67	0,56	5,13
12...13	0,50	0,38	0,41	0,40	0,22	0,32	0,39	0,34	2,96
14...15	0,18	0,12	0,12	0,11	0,06	0,10	0,13	0,12	0,94
16...17	0,06	0,04	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,04	0,30
18...20	0,03	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	0,15
21...24	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03
Сума	12,50	13,16	15,08	16,44	9,50	11,49	12,23	9,60	100,0

**Примітка.** Географічні напрямки вітру: Півн.С — північно східний, С — східний, Півд.С — південно східний, З — західний, Півд.З — південно західний, Півн.З — північно західний

Таблиця П.11

**ПОВТОРЮВАНІСТЬ КЛАСІВ СТІЙКОСТІ АТМОСФЕРИ  
ПРИ ЗАДАНІЙ ШВИДКОСТІ ВІТРУ U НА ВИСОТІ 10 М ВІД ПОВЕРХНІ, %**

U, м/с	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I	II	III
	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
0...1	1,4	7,0	29,8	23,7	4,0	34,1	0,0	0,1	5,5	17,2	20,8	56,6
2...3	3,2	10,5	36,5	28,7	3,8	17,3	0,0	0,0	5,8	23,0	26,0	45,2
4...5	2,2	12,4	39,6	31,0	3,7	11,1	0,0	0,1	6,4	26,0	28,1	39,4
6...7	4,3	11,9	39,4	31,5	3,4	9,5	0,1	0,2	6,7	27,3	29,0	36,7
8...10	4,3	12,2	40,4	32,8	3,7	6,6	0,0	0,2	5,9	26,0	27,2	49,7

Таблиця П.12

**ЗАЛЕЖНІСТЬ КЛАСУ СТІЙКОСТІ АТМОСФЕРИ  
ВІД ГРАДІЄНТУ ТЕМПЕРАТУРИ**

Клас стійкості	Градiєнт температури $\Delta T/\Delta Z$ , град/м
A — сильна конвекція	$> -1,9$
B — конвекція	$-(1,9 - 1)$
C помірна конвекція	$-(1,7 - 1,5)$
D — нейтральний	$-(1,5 - 0,5)$
E — інверсія	$+(0,5 - 1,5)$
F — сильна інверсія	$+(1,5 - 4,0)$ і більше

Таблиця П.13

**КЛАСИФІКАЦІЯ РЕЧОВИН ЗА КЛАСАМИ НЕБЕЗПЕКИ**

Показник	Клас токсичної небезпеки			
	1	2	3	4
Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони (ГДК <sub>р.з.</sub> ), мг/м <sup>3</sup>	$<0,1$	0,1...1,0	1,1...10	$>10$
Середня смертельна концентрація у повітрі, мг/м <sup>3</sup>	$<500$	500...5000	5001... 50 000	$>50 000$
Середня смертельна доза під час потрапляння у шлунок, мг/кг	$<15$	15...150	151...500	$>500$
Середня смертельна доза під час потрапляння на шкіру, мг/кг	$<100$	100...500	501...2500	$>2500$

**Примітка.** До класу токсичної небезпеки НХР відносять за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки.



Таблиця П.14

**МОЖЛИВІ ВТРАТИ РОБІТНИКІВ І СЛУЖБОВЦІВ  
ТА НАСЕЛЕННЯ ВІД ДІЇ НХР В ОСЕРЕДКУ  
ХІМІЧНОГО УРАЖЕННЯ, %**

Умови перебування людей	Без проти-газів	Забезпеченість людей протигазами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На відкритій місцевості	90—100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
У простіших укриттях, будівлях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	4

**Примітка до табл. П.14** Орієнтовна структура втрат може розподілятися за такими даними: легкі — до 25 %, середньої тяжкості (з втратою працездатності не менше ніж на 2 — 3 тижні і потребі у госпіталізації) — до 40 %, зі смертельними наслідками — до 35 %.

Таблиця П.15

**ВЕЛИЧИНИ КОЕФІЦІЄНТІВ,  
ЩО ВРАХОВУЮТЬ ОСОБЛИВОСТІ ІВ  
ВІДПОВІДНОГО ВИДУ**

Вид випромінювання	Значення коефіцієнту
Фотони будь-яких енергій	1
Електрони і мюони будь-яких енергій	1
Протони, крім протонів віддачі, з енергією більш 2 МэВ	5
$\alpha$ -частинки, осколки поділу, важкі ядра	20
Нейтрони з енергією:	
менше за 10 кэВ	5
від 10 кэВ до 100 кэВ	10
від 100 кэВ до 2 МэВ	20
від 2 МэВ до 20 МэВ	10
більше за 20 МэВ	5

Таблиця П.16

**РІВНІ РАДІАЦІЇ НА ВІСІ СЛІДУ РАДІОАКТИВНОЇ ХМАРИ  
(у контрольних точках) ЧЕРЕЗ 1 ГОДИНУ ПІСЛЯ АВАРІЇ (Р<sub>1</sub>, Р/г)  
ДЛЯ РЕАКТОРІВ ПОТУЖНІСТЮ 1000МВт**

Кількість реакторів	Відстань від АЕС (R, км)											
	1	1,3	1,5	1,7	2	2,3	2,5	3	3,2	3,8	4	
1	1600	1070	960	800	535	480	400	320	267	240	200	
2	3200	2140	1920	1600	1070	960	800	640	535	480	400	
3	4800	3200	2880	2400	1600	1440	1200	960	800	720	600	
4	6400	4280	3840	3200	2140	1920	1600	1280	1070	960	800	
1	180	160	135	120	110	60	55	40	32	25	20	
2	360	320	270	240	220	120	110	80	64	50	40	
3	540	480	400	360	330	180	160	120	96	80	60	
4	720	640	540	480	440	240	220	160	128	100	80	
	Відстань від АЕС (R, км)											
	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
1	17	13	10	8	6,5	5,3	4,7	4	3,7	3,5	3,2	
2	34	26	20	16	13	11	9	8	7,4	7	6	
3	50	40	30	24	19	16	14	12	11	10	9	
4	70	52	40	32	26	22	19	16	15	14	13	
	Відстань від АЕС (R, км)											
	85	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	
1	2,9	2,7	2,5	2,2	2	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,06	
2	5,7	5,5	5	4,4	4	3,6	3	2,6	2,4	2,2	2,1	
3	8,6	8	7	6,6	6	5,4	4,5	4	3,6	3,3	3,2	
4	12	11	10	9	8	7	6	5,2	4,8	4,4	4,2	
	Відстань від АЕС (R, км)											
	190	200	250	300	325	350	375	400				
1	1,03	1	0,4	0,02	0,008	0,003	0,002	0,0007				
2	2,06	2	0,8	0,04	0,016	0,006	0,004	0,0014				
3	3,1	3	1,2	0,06	0,024	0,01	0,006	0,002				
4	4,1	4	1,6	0,08	0,032	0,012	0,007	0,0026				

**Примітка.** Прийнята умова — викид РР відбувається одноразово і одночасно від усіх аварійних реакторів при максимально можливій швидкості середнього вітру у районі АЕС (з урахуванням усіх напрямків на протязі року).

Таблиця II.17

**КОЕФІЦІЄНТ ПЕРЕРАХУВАННЯ  
РІВНІВ РАДІАЦІЇ НА БУДЬ-ЯКИЙ ЧАС,  $K_{пер}$**

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

Таблиця II.18

**СЕРЕДНЄ ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ ОСЛАБЛЕННЯ,  $K_{осл}$**

Найменування приміщення і транспортного засобу	$K_{осл}$
Відкриті траншеї, щілини	3
Прикриті щілини	50
Автомобілі	2
Пасажирські вагони	3
Виробничі споруди	7
Адміністративні споруди	8
Житлові дома (кам'яні):	
— одноповерхові	10
— підвал	40
— двоповерхові	15
— підвал	100
— п'ятиповерхові	27
— підвал	400
Житлові дерев'яні дома:	
— одноповерхові	2
— підвал	7
В середньому для населення:	
— міського	8
— сільського	4

ЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА НАКОПИЧЕННЯ ДОЗИ РАДІАЦІЇ,  $A_t$ 

	Час кінця опромінення ( $t_k$ , г)																
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	10	12	24	36	48	72	96	120	240	
0,5	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,5	2,8	4,2	4,7	6,7	8,1	9,2	11	12	14	18,5	
1,0	1,8	0,9	1,0	1,3	1,6	1,8	2,2	3,6	4,0	6,0	7,5	8,6	10	11	13	18	
1,5	0,4	0,7	0,8	0,9	1,1	1,5	1,7	3,2	3,6	5,6	7,1	8,2	9,7	10,5	12,5	17,6	
2,0		0,3	0,6	0,7	0,8	1,0	1,4	2,8	3,3	5,3	6,7	7,8	9,5	10	12	17	
2,5			0,25	0,5	0,6	0,7	0,9	2,4	2,8	4,8	6,3	7,4	9,1	9,9	11,2	16,6	
3,0				0,2	0,4	0,5	0,6	2,0	2,4	4,4	6,0	7,0	8,7	9,8	11,6	16,3	
3,5					0,15	0,3	0,4	1,9	2,3	4,3	5,8	6,8	8,6	9,7	11,5	16,2	
4,0						0,1	0,2	1,8	2,2	4,2	5,7	6,7	8,5	9,6	11,4	16,1	
4,5							0,1	1,6	2,0	4,0	5,5	6,5	8,3	9,4	11,2	15,9	
5,0								1,4	1,9	3,9	5,3	6,4	8,1	9,3	11,0	15,7	
5,5								1,2	1,7	3,7	5,1	6,2	7,9	9,1	10,8	15,5	
6,0								1,1	1,5	3,5	4,9	6,0	7,7	8,9	10,7	15,3	
6,0								1,0	1,3	3,3	4,7	5,8	7,5	8,7	10,5	15,2	
7,0								0,9	1,1	3,1	4,6	5,6	7,4	8,6	10,4	15,0	
7,5								0,8	0,9	2,9	4,4	5,5	7,2	8,4	10,2	14,8	
8,0								0,7	0,8	2,8	4,3	5,3	7,0	8,2	10,1	14,7	
9,0								0,5	0,6	2,6	4,1	5,2	6,9	8,1	9,9	14,5	
10									0,4	2,4	3,9	5,0	6,7	7,9	9,7	14,3	

Час початку опромінення з моменту аварії ( $t_0$ , г)

## СТУПЕНІ ПРОМЕНЕВОЇ ХВОРОБИ

Ступінь захворювання	Експозиційна доза, (Кл/кг)/Р	Основні ознаки
I	0,02...0,05/100...200	Скритий період 2...3 тижні, потім недомагання, слабкість, підвищення потовиділення, зменшення змісту лейкоцитів
II	0,05...0,1/200...400	Скритий період близько 1 тижня, розлад функцій нервової системи, головний біль, запаморочення, блювота, пронос, зменшення кількості лейкоцитів (особливо лімфоцитів) вдвічі
III	0,1...0,15/400...600	Скритий період тягнеться кілька годин, важкий загальний стан, сильний головний біль, пронос, блювота, некроз слизових оболонок в області ясен, різке зменшення кількості лейкоцитів, а потім еритроцитів та тромбоцитів. Без лікування у 20...70 % захворювання закінчується смертю, частіше від інфекційних ускладнень та кровотеч
IV	>0,15/>600	Без лікування — смерть на протязі двох тижнів

## КРИТЕРІЙ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЩОДО ЗАХОДІВ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ У РАЗІ АВАРІЇ ЯДЕРНОГО РЕАКТОРУ

Захисні заходи залежно від фази розвитку аварії та прогнозованої дози опромінення населення	Дозові критерії (доза, що пропонується за перші 10 діб або рік після аварії),бер (мЗв)	
	Все тіло	Окремі органами
А. На ранній фазі аварії при $D_{\text{пр}} = D_{10, \text{діб}}$	нижній рівень	верхній рівень
	верхній рівень	нижній рівень
		верхній рівень

Захисні заходи залежно від фази розвитку аварії та прогнозованої дози опромінення населення	Дозові критерії (доза, що пропонується за перші 10 днів або рік після аварії), бер (мЗв)			
	Всє піло		Окремі органами	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Оповіщення та інформація				
1. Обмеження перебування на відкритій місцевості	0,5(5)	5(50)	5(50)	50(500)
2. Захист органів дихання та шкірних покривів	0,5(5)	5(50)	5(50)	50(500)
3. Укриття	0,5(5)	5(50)	5(50)	50(500)
4. Йодна профілактика: — Дорослі — Діти, вагітні жінки			5(50) 5(50)	50(500) 25(250)
5. Евакуація (тимчасова): — Дорослі — Діти, вагітні жінки	5(50) 1(10)	50(500) 5(50)	50(500) 5(50)	500(5000) 50(500)
Б. На середній фазі аварії при $D_{\text{пр}} = D_1$ рік				
6. Обмеження споживання забруднених продуктів та води	0,5(5)	5(50)	5(50)	50(500)
7. Евакуація (на тривалій термін)	5(50)	50(500)		

**Примітки:** Дані відповідають рекомендаціям МАГАТЕ.

**РІВНІ БЕЗУМОВНОГО ВИПРАВДАНОГО ТЕРМІНОВОГО ВТРУЧАННЯ  
У РАЗІ ГОСТРОГО ОПРОМІНЕННЯ**

Орган або тканина	Прогнозована поглинута доза в органи чи тканини за період не менше 2 діб, Гр. (1 Гр = 100 Р)
Все тіло (кістковий мозок)	1
Окремі органи:	
Легені	6
Шкіра	3
Щитовидна залоза	5
Кришталік ока	2
Гонади	2
Плід	0,1

**Примітка.** Для прийняття рішень з прогнозованої дози зовнішнього опромінення використовується графа «Все тіло» і частково графа «Окремі органи» (для йодної профілактики), а стосовно дози внутрішнього опромінення — тільки графа «окремі органи» (печінка, щитовидна залоза, шкіра).

Таблиця III.1

**ЗАЛЕЖНІСТЬ СТУПЕНЯ УРАЖЕННЯ  
(руйнування)  $R_{пор}$ , %,   
ВІД ПРОБІТ-ФУНКЦІЇ**

$R_{пор}$ , %	Пробіт-функція									
	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	5,52	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	6,08	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

Таблиця III.2

**ХАРАКТЕРИСТИКИ КРИТИЧНИХ  
ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ ( $q_{кр}$ , кВт/м<sup>2</sup>) і ЗАЛЕЖНІСТЬ  
ЧАСУ ЗАПАЛЕННЯ ( $\tau$ , с) ВІД ЩІЛЬНОСТІ ТЕПЛОГО  
ПОТОКУ ( $q$ , кВт/м<sup>2</sup>) ДЛЯ РІЗНИХ РЕЧОВИН  
І МАТЕРІАЛІВ**

Речовина, матеріал	$q_{кр}$	Щільність теплового потоку $q_{кр}$				
		20	50	100	150	200
Солома	7,0	70,3	10,2	2,9	1,4	0,91
Пінопласт	7,4	73,7	10,3	2,9	1,5	0,91
Бавовна-волокно	7,5	74,7	10,4	2,9	1,5	0,92
Х/п тканини	8,37	83,9	10,7	3,0	1,5	0,92
Торф кусковий	9,8	103,6	11,4	3,1	1,5	0,93
Картон сірий	10,8	122,4	11,8	3,1	1,5	0,94
Картон білий	10,88	124,1	11,9	3,1	1,5	0,94
Темна деревина, ДСП	12,56	172,3	12,7	3,2	1,5	0,96
Бензин А-66	12,6	173,8	12,8	3,2	1,6	0,96
Деревина соснова шорстку- вата	12,8	181,5	12,9	3,3	1,6	0,96
Резина	7,0	70,0	10,2	3,4	1,6	0,97
Бітумна покрівля	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	0,97
Пластик шаруватий	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	0,98
Фанера	7,0	70,3	10,2	3,4	1,6	0,99
Деревина фарбована	7,0	70,3	10,2	3,4	1,7	1,00
Деревина обвуглена	7,0	70,3	10,2	3,4	1,7	1,02



Таблиця III.3

## ЧАСТОТА ВИНИКНЕННЯ ТЕХНОГЕННИХ АВАРІЙ

Тип відмовлення обладнання	Частота аварії
Розгерметизація обладнання з повним руйнуванням	
Розгерметизація трубопроводів: — довжиною більш 30 м — довжиною менш 30 м (довжина трубопроводу не враховується)	$5 \cdot 10^{-6}$ (м·год) <sup>-1</sup> $2 \cdot 10^{-4}$ год <sup>-1</sup>
Розгерметизація ємнісного обладнання (включаючи розрив зварених швів і фланців трубопроводів, що подають робоче тіло)	$10^{-4}$ год <sup>-1</sup> $5 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup>
Відмовлення компресорного та насосного обладнання	$10^{-3}$ заправок/год
Розрив сполучних шлангів рукавів при заправленні системи небезпечною речовиною з ємностей (цистерн)	$10^{-2}$ шланг(устроїв)/год
Аварійні вибухи	
Газо-паро-повітряні суміші: вуглеводневі гази пари ЛЗР водень Пил органічних продуктів Конденсовані нестабільні ВР Вибухи в атмосфері Аварійні вибухи, що спричинили значні руйнування будівель, споруд і промислового обладнання Вибух в технологічній апаратурі	$2,1 \cdot 10^{-2}$ год <sup>-1</sup> $7,6 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $9,0 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $2,7 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $6,0 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $2,2 \cdot 10^{-2}$ год <sup>-1</sup> $2,4 \cdot 10^{-2}$ год <sup>-1</sup> $2,8 \cdot 10^{-2}$ год <sup>-1</sup>
Викиди токсичних речовин	
Викиди: — хлору — аміаку оксидів вуглецю та азоту	$5,7 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $3,7 \cdot 10^{-3}$ год <sup>-1</sup> $6,7 \cdot 10^{-4}$ год <sup>-1</sup>

Таблиця III.4

КОЕФІЦІЄНТ ЗАХИЩЕНОСТІ НАСЕЛЕННЯ  
ЗА МІСЦЕМ ЙОГО ПЕРЕБУВАННЯ

Місце перебування чи застосовувані засоби захисту	Час перебування				
	15 хв.	30 хв.	1 год.	2 год.	3...4 год.
1. Відкрито на місцевості	0	0	0	0	0
2. У транспорті	0,95	0,75	0,41	—	—
3. У виробничих приміщеннях	0,67	0,5	0,25	0,09	0
4. У житлових і суспільних приміщеннях	0,97	0,92	0,80	0,38	0,09
5. У сховищах: — з режимом регенерації повітря — без режиму регенерації повітря	1	1	1	1	1
6. У засобах індивідуального захисту органів дихання	0,7	0,7	0,7	0,7	0

**Примітка.** Коефіцієнт захищеності населення при використанні протигазів наведено для району перебування людей не менш 1000 м від джерела зараження. Значення коефіцієнтів наведено з урахуванням імовірності відмовлення частки протигазів через неправильне застосування, збереження тощо.

Таблиця III.5

**СЕРЕДНЬОДОБОВИЙ РОЗПОДІЛ МІСЬКОГО  
НАСЕЛЕННЯ ЗА МІСЦЕМ ЙОГО ПЕРЕБУВАННЯ**

Час доби, год.	Місце перебування, %							
	Житлові споруди та споруди культурно-побутового призначення	Виробничі споруди	У транспорті			На вулиці (відкрито)		
			міста з населенням (млн.чол)					
			0,25... 0,5	0,5... 1,0	більш 1,0	0,25... 0,5	0,5... 1,0	більш 1,0
1...6	94	6	—	—	—	—	—	—
6...7	74	6	7	9	12	13	11	8
7...10	22	50	9	11	17	19	17	11
10...13	28	52	6	7	10	14	13	10
13...15	45	37	4	4	7	14	14	11
15...17	27	49	8	9	13	15	15	12
17...19	45	24	10	12	15	20	18	15
19...24	77	14	4	4	6	5	5	3

Таблиця III.6

**СЕРЕДНЬОДОБОВИЙ РОЗПОДІЛ СІЛЬСЬКОГО  
НАСЕЛЕННЯ ЗА МІСЦЕМ ЙОГО ПЕРЕБУВАННЯ, %**

Час доби, год.	Місце перебування			
	Поля і с/х виробництво		Житлові приміщення	
	удень	вночі	удень	вночі
1...6	25	10	75	90
6...7	60	40	40	60
7...10	75	75	25	25
10...13	80	80	20	20
13...15	85	75	15	25
15...17	85	50	15	50
17...19	80	40	20	60
19...24	50	20	50	80

Таблиця III.7

**ШКАЛА РОССЕРА**

Ступінь погіршення стану здоров'я людини	Рівень дистресу			
	відсутній	легкий	середній	важкий
1. Немає втрати	1,000	0,995	0,990	0,967
2. Легка недієздатність, що не приводить к перериванню роботи	0,990	0,980	0,973	0,932
3. Легке порушення працездатності	0,980	0,972	0,956	0,912
4. Обмежена працездатність (можливість виконувати обмежений перелік работ)	0,964	0,956	0,942	0,870
5. Недієздатність виконувати оплачувану роботу	0,946	0,935	0,900	0,760
6. Пересування в колясці, можливість сидіти	0,875	0,845	0,680	0,000
7. Прикованість до ліжка, контакт з навколишніми	0,677	0,564	0,000	смерть -1,486

## ОСНОВНІ ВИДИ ЗБИТКІВ, ХАРАКТЕРНИХ ДЛЯ РІЗНИХ ТИПІВ НС

Типи НС	Рівень НС				
	об'єктовий	місцевий	регіональний	державний	
1	2	3	4	5	
Надзвичайні ситуації техногенного характеру					
Транспортні аварії	$H_p M_p M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p M_{п}; P_{р/г} A_{ф} B_{ф} З_{ф}$			
Пожежі та вибухи	$H_p M_p M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p M_{п}; A_{ф}; P_{р/г} B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}; P_{рек} P_{пзф}$		
Аварії з викидом (загрозою викиду) НХР, РР, БНР	$H_p M_{п} M_p A_{ф} B_{ф}; P_{р/г} P_{рек} P_{с/г} P_{л/г}$	$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} M_{п}; A_{ф} B_{ф}; P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} З_{ф}$	$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	
Раптове руйнування споруд	$M_p H_p M_{п}$	$M_p H_p M_{п}$			
Аварії на об'єктах електроенергетики	$M_p M_{п}; H_p$	$M_p M_{п}; H_p$	$M_p H_p$		$M_p H_p$
Аварії на комунальних мережах життєзабезпечення	$M_p H_p M_{п}; B_{ф}; З_{ф}$	$M_p H_p M_{п}; B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} M_{п}; B_{ф} З_{ф}$		$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} M_{п}; B_{ф} З_{ф}$
Аварії на очисних спорудах	$M_p H_p M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	$M_p H_p M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$	$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$		$H_p M_p P_{р/г} P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} M_{п}; A_{ф} B_{ф} З_{ф}$
Гідродинамічні аварії	$M_p H_p M_{п}; P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} B_{ф}$	$M_p H_p M_{п}; B_{ф}; P_{рек} P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} З_{ф}$	$H_p M_p P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} M_{п}; B_{ф} З_{ф}; P_{рек} P_{пзф}$		$H_p M_p P_{с/г} P_{л/г} P_{пзф} P_{рек} P_{пзф} B_{ф} З_{ф}; M_{п}$



*Таблиця IV.2*  
**УСЕРЕДНЕНІ ПОКАЗНИКИ ВТРАТ ВІД ВИБУТТЯ ТРУДОВИХ РЕСУРСІВ З ВИРОБНИЦТВА**

	Вид нещасного випадку	Втрати на одну людину, тис. гривень
1	Легкий нещасний випадок з втратою працездатності до 9 днів	$M_{л} = 0,28^*$
2	Тяжкий нещасний випадок без встановлення інвалідності з втратою працездатності понад 9 днів	$M_{т} = 6,5^*$
3	Тяжкий нещасний випадок, внаслідок якого потерпілий отримав інвалідність з втратою працездатності понад 3980 днів	$M_{і} = 37^*$
4	Нещасний випадок, що призвів до загибелі: — дорослої людини віком до 60 років — дитини віком до 16 років	$M_{3} = 47^*$ $M_{3} = 22^*$

**Примітка.** Втрати, зазначені у пунктах 1-3 цієї таблиці, розраховуються для громадян, які в період отримання травми були працювальштовані. Для не працювальштованих громадян віком до 60 років розраховуються лише втрати, зазначені у пункті 4. Збитки від загибелі працюючого не повинні бути менше ніж його п'ятирічний заробіток, тобто сума втрат від загибелі дорослої людини може бути більшою, ніж зазначена у таблиці IV.2;

*Таблиця IV.3*  
**НОРМАТИВИ ЗБИТКІВ ДЛЯ РІЗНИХ ВИДІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ ОБЛАСТЕЙ ТА АВТОНОМНОЇ РЕСПУБЛІКИ КРИМ (тис. грн./га)**

Регіон	Види сільськогосподарських угідь	
	рілля і багаторічні насадження	сіножаті
Автономна Республіка Крим	495,5	182,1
Області:		
Вінницька	502,3	261,3
Волинська	466,5	226,5
Дніпропетровська	537,6	225,6
		пасовища
		158,5
		228,3
		198,8
		198,4

Регіон	Види сільськогосподарських угідь		
	рілля і багаторічні насадження	сіножагі	пасовища
Донецька	509,1	215,6	188,9
Житомирська	424,4	215,1	188,4
Закарпатська	368,2	124,6	108,7
Запорізька	587	269	235,5
Івано-Франківська	374,6	175,3	153,5
Київська	481	225,6	198,8
Кіровоградська	516,3	241,9	212,9
Луганська	481	225,6	198,8
Львівська	424,4	220,1	192,5
Миколаївська	473,8	173,9	152,6
Одеська	459,7	165,3	142,2
Полтавська	502,3	240,5	211,1
Рівненська	445,7	231,5	202,5
Сумська	495,5	276,7	241,4
Тернопільська	481	267	234,6
Харківська	523,1	250,9	220,6
Херсонська	445,7	199,3	174,4
Хмельницька	509,1	247,8	218,3
Черкаська	551,7	324,8	283,5
Чернівецька	424,4	233,3	203,4
Чернігівська	523,1	286,3	253,6

**НОРМАТИВИ ЗБИТКІВ ДЛЯ ГРУП ЛІСОВИХ  
УГІДЬ ЗА РЕГІОНАМИ УКРАЇНИ (тис. грн./га)**

Регіон	Нормативи збитків	
	для лісів 1 групи	для лісів 2 групи
Автономна Республіка Крим	123,1	
Області:		
Вінницька	84,7	50,2
Волинська	77,7	46
Дніпропетровська	145	
Донецька	163	
Житомирська	75	44,4
Закарпатська гірська частина області	29,8 123,1	17,9 123,1
Запорізька	250,9	
Івано-Франківська гірська частина області	31,9 123,1	19,9 123,1
Київська	80,5	47,7
Кіровоградська	159,1	94,3
Луганська	118,6	

Регіон	Нормативи збитків	
	для лісів 1 групи	для лісів 2 групи
Львівська гірська частина області	70,1 123,1	41,6 123,1
Миколаївська	241,6	
Одеська	141,8	
Полтавська	135	
Рівненська	74,1	43,9
Сумська	79,6	47,1
Тернопільська	100,4	59,5
Харківська	91,9	
Херсонська	167,3	
Хмельницька	93,2	55,2
Черкаська	75,8	44,9
Чернівецька гірська частина області	31,1 123,1	18,7 123,1
Чернігівська	75	44,4



**КОЕФІЦІЄНТИ ПРОДУКТИВНОСТІ ЛІСОВИХ УГІДЬ  
ЗА ТИПАМИ ЛІСОРΟΣЛІННИХ УМОВ**

Ступінь зволоження грунтів	Група лісів	Групи родючості ґрунтів			
		A	B	C	D
1	1	0,496	0,734	0,971	1,21
	2	0,387	0,737	0,98	1,22
2	1	0,6	1	1,32 (1,92)	2,19 (3,61)
	2	0,559	1	1,35 (1,73)	2,22 (3,6)
3	1	0,548	0,867 (1)	1,53 (2,58)	3,13 (5,59)
	2	0,474	0,834 (1)	1,53 (2,28)	3,17 (5,59)
4	1	0,496	0,6	0,584	0,896
	2	0,387	0,558	0,592	0,906
5	1	0,496	0,6	0,584	0,584
	2	0,387	0,558	0,592	0,591



## ДОВІДКОВА ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про аварійно-рятувальні служби» від 14.12.1999 № 1281.
2. Закон України «Про державний матеріальний резерв» від 24.01.1997 № 51/97-ВР (із зм. і доп., внесеними Законами України від 18.11.1997 № 642/97-ВР, від 16.07.1999 № 988-XIV, від 11.05.2000 № 1709-III, від 16.02.1998 № 174).
3. Закон України «Про захист людини від іонізуючих випромінювань» від 24.02.1998 № 35.
4. Закон України «Про захист людини від інфекційних хвороб» від 06.04.2000 № 1645-III.
5. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру» від 16.09.2000 № 149.
6. Закон України «Про зону надзвичайної екологічної ситуації» від 13.07.2000 № 1908-III.
7. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» від 18.01.2001 № 2245-III.
8. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» // Відомості Верховної Ради України. — 1992. — № 50. — Ст. 678.
9. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» // Відомості Верховної Ради України. — 1991. — № 41. — Ст. 546.
10. Закон України «Про правові засади цивільного захисту» від 24.06.2004 № 1859-IV.
11. Закон України «Про правовий режим території, що зазнала радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи» // Відомості Верховної Ради України. — 1991. — № 16. — Ст. 198; 1992. — № 13. — Ст. 177.
12. Закон України «Про Цивільну оборону України» від 06.03.1993 (додаток — 24.03.1999).
13. Законодавство України про охорону праці: У з т. Т. 1. — К.: Основа, 1995. — 558 с.
14. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие: В 2 ч. Ч. 2 / Под ред. проф. Э. А. Арустамова. — М.: Информ. внедр. центр «Маркетинг», — 1999. — 304 с.
15. Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. / О. С. Баб'як, О. М. Сітенко, І. В. Ківва та ін. — Х.: Ранок, 2000. — 304 с.

16. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. посіб. / В. В. Бегун, І. М. Науменко — К.: Освіта, 2004. — 328 с.

17. *Глотов С. М.* Безопасность жизнедеятельности человека на морских судах. — М., 2000. — 320 с.

18. *Глухов В. В., Лисочкина Т. В., Некрасова Т. П.* Экономические основы экологии. — СПб.: Спец. лит., 1997. — 304 с.

19. ГОСТ 27.310.95. Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения.

20. ДБН-97. Державні будівельні норми України. — К.: Держстандарт, 1999.

21. Державний класифікатор НС. ДК019. — 2001. Київ. — 2002.

22. Джиргей В.С., Жидецький В.Ц. Безпека життєдіяльності. — Л.: Афіша, 1999. — 254 с.

23. ДСТУ 3891-99. Безпека у надзвичайних ситуаціях. — К.: Держстандарт, 1999.

24. ДСТУ 2156-93. Безпечність промислових підприємств. Терміни та визначення.

25. *Желібо Є. П., Завіруха Н. М., Зацарний В. В.* Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. для студ. ВЗО 1-4 рівнів акредитації / За ред. Є. П. Желібо і В. М. Пічі. — К.: Каравела; Л.: Новий світ-2000, 2001. — 320 с.

26. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения, Справочник под ред. Демиденко Г. П., Киев, Высш. шк. 1989, 287 с.

27. Збірник нормативно-правових актів з питань надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру / Під заг. ред. В. В. Дурдинця. — К.: Агентство «Чорнобильінтерінформ», 2001. — Вип. 3. — 532 с.

28. *Козлов К. А.* Прогностические оценки опасностей субъектов (регионов) РФ. — Управление риском. — 2001. — № 6. — с.41-47.

29. *Кофф Г. Л. и др.* Оценка последствий чрезвычайных ситуаций. — М.: ИПК РЭФИА, 1997. — с.364.

30. Концепція освіти з напрямку «Безпека життя і діяльності людини» / В. О. Кузнецов, В. В. Мухін, О. Ю. Буров та ін. // Інформаційний вісник. Вища освіта. — К.: Вид-во наук.-метод. центру вищої освіти МОНУ, 2001. — № 6. — С. 6—17.

31. *Літвак С. М., Михайлюк В. О., Доній В. М.* Безпека життєдіяльності. — Миколаїв: МФ НаУКМА, 1998. — 188 с.

32. *Літвак С. М., Михайлюк В. О.* Безпека життєдіяльності: Навч. посіб. — Миколаїв: ТОВ «Компанія ВІД», 2001. — 230 с.

33. *Майстрюков Б. С.* Безопасность в чрезвычайных ситуациях: Учебник для студентов ВУЗов. — М.: Изд.центр «Академия», 2003. — 336 с.

34. *Маршалл В.* Основные опасности химических производств. — М.: Мир, 1989. — 672 с.

35. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки. Дернаглядохоронпраці. Київ. — 2002. — 123 с.

36. Михайлюк В. О. Цивільний захист. Навчальний посібник. — Миколаїв: НУК, 2005, — Ч. 1. Соціальна, техногенна та природна безпека. — 136 с., Ч. 2. Надзвичайні ситуації. — 124 с., Ч. 3 Цивільна оборона. — 147 с.

37. Норми радіаційної безпеки в Україні. НРБУ — 97/Д — 2000.

38. Організація медичного забезпечення при природних та техногенних катастрофах. — К., 1998.

39. Пістун І. П. Практикум з безпеки життєдіяльності. — Л., 2000. — 232 с.

40. Постанова КМ України «Про Державну комісію з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій» від 16.02.1998 № 174 (із зм. і доп., внесеними постановами КМ України від 24.09.1999 № 1763, від 21.10.1999 № 43).

41. Постанова КМ України «Про єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру» від 03.08.1998 № 1198.

42. Постанова КМ України «Про затвердження Методики оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру» від 15 лютого 2002 № 175 (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 862 (862-2003-п) від 04.06.2003).

43. Постанова КМ України «Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв'язку у НС» від 15.02.1999 № 2.

44. Постанова КМ України «Про порядок класифікації надзвичайних ситуацій» від 15.07.1998 № 1099.

45. Програма дій «Порядок денний на ХХІ сторіччя». — К.: Інтерсфера, 2000. — 359 с.

46. Стоєцький В. Ф., Дранишников Л. В., Єсипенко А. Д., Жартовський В. М., Найверт О. В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. — Тернопіль: Видавництво Астон, 2005. — 408 с.

47. Указ Президента України «Про систему реагування на надзвичайні ситуації на водних об'єктах» від 15.06.2001 № 436/2001.

48. Хван Т. А. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов. — М., 2001. — 352 с.

49. Хенли Э. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска / Пер. с англ. В. С. Сыромятникова, Г. С. Деминой; Под общ. ред. В. С. Сыромятникова. — М.: Машиностроение, 1984. — 528 с.

50. Шиян В. Д., Чернишов В. Ю., Хлонь О. М Наукові основи викладання курсу БЖД у ВНЗах. Київ // Безпека життєдіяльності № 8/2006., С. 31—33.



<b>Вступ</b> . . . . .	5
<b>Розділ I. Умови стійкого функціонування територій, адміністративно-територіальних одиниць та об'єктів економіки у надзвичайних ситуаціях</b> . . . . .	7
<b>Розділ II. Управління цивільною безпекою</b> . . . . .	12
2.1. Зміст концепції прийнятого ризику . . . . .	12
2.2. Застосування ризик-орієнтованого підходу до попередження надзвичайних ситуацій . . . . .	16
2.3. Кількісна оцінка ризику . . . . .	24
2.4. Методика якісного аналізу небезпек . . . . .	38
<b>Розділ III. Методи визначення характеристик надзвичайних ситуацій</b> . . . . .	52
3.1. Методика визначення величини негативного впливу надзвичайної ситуації на людину та довкілля. . . . .	52
3.2. Особливості структури системи управління ризиками . . . . .	53
<b>Розділ IV. Визначення вихідних даних під час підготовки управлінських рішень для мінімізації наслідків надзвичайних ситуацій</b> . . . . .	62
4.1. Типові методика та розрахункові залежності оцінки негативних впливів надзвичайних ситуацій. . . . .	62
<b>Розділ V. Визначення зон негативного впливу надзвичайних ситуацій</b> . . . . .	96
5.1. Зони збитку, потенційної небезпеки і ризику . . . . .	96
5.2. Оцінка збитків від наслідків надзвичайних ситуацій . . . . .	103
<b>Післямова</b> . . . . .	121
<b>Додатки</b>	
Додаток I . . . . .	122
Додаток II . . . . .	132
Додаток III . . . . .	144
Додаток IV . . . . .	147
<b>Довідкова література</b> . . . . .	154

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Валерій Олександрович МИХАЙЛЮК,  
Батир Данатарович ХАЛМУРАДОВ

# ЦИВІЛЬНА БЕЗПЕКА

**Навчальний посібник**

Керівник видавничих проектів – *Б.А.Сладкевич*  
Друкується в авторській редакції  
Дизайн обкладинки – *Б.В. Борисов*

Підписано до друку 07.03.2008. Формат 60x84 1/16.  
Друк офсетний. Гарнітура PetersburgC.  
Умовн. друк. арк. 10.  
Наклад 1000 прим.

Видавництво “Центр учбової літератури”  
вул. Електриків, 23  
м. Київ, 04176  
тел./факс 425-01-34, тел. 451-65-95, 425-04-47, 425-20-63  
8-800-501-68-00 (безкоштовно в межах України)  
e-mail: office@uabook.com  
сайт: WWW.CUL.COM.UA

**Свідоцтво ДК №2458 від 30.03.2006**