

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

О. Г. ЯНЧИК, О. І. БОГАТОВ, О. І. ІЛЬІНСЬКА, О. В. ТОЛСТОУСОВА

ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

Навчальний посібник

з дисципліни «Запобігання аварій на виробництві» для здобувачів вищої
освіти першого (бакалаврського) рівня
із спеціальності: 263 – Цивільна безпека

Затверджено
редакційно-видавничою радою
університету,
протокол № 1 від 28.01.2022 р.

Харків
НТУ «ХПІ»
2022

УДК 331.453

Б 40

Рецензенти:

Сукач С. В. – д-р техн. наук, професор, Кременчуцький національний університет імені М. Остроградського

Филипчук В. Л. – д-р техн. наук, професор, Національний університет водного господарства та природокористування

Кусковець С. Л. – к-т техн. наук, доцент, Національний університет водного господарства та природокористування

Янчик О.Г.

Б 40 Запобігання аварій на виробництві : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня із спеціальності 263 – Цивільна безпека / Янчик О.Г., Богатов О. І., Ільїнська О. І., Толстоусова О. В.– Харків: НТУ «ХП», 2022. – 180 с.

Наведено теоретичні основи та практичні заняття за програмою дисципліни «Запобігання аварій на виробництві» із організації безпечних умов праці з питань запобігання можливих аварійних ситуацій при виконання робіт підвищеної небезпеки на потенційно небезпечних об'єктах, так у звичайних умовах.

Призначено для здобувачів вищої освіти вищих навчальних закладів.

Іл. 7. Табл. 38. Бібліогр. 10 назв.

УДК 331.453

© Янчик О. Г., Богатов О. І.,
Ільїнська О. І, Толстоусова О. В., 2022 р.
© НТУ «ХП», 2022 р.

ЗМІСТ

Перелік скорочень та умовних позначень	5
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. ОСНОВИ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИХ СИ- ТУАЦІЙ І АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ	8
1.1. Загальні питання щодо запобігання аварій на виробництві та класифікація техногенних аварій	8
1.2. Порядок забезпечення проти дії аварія та аварійним ситуаці- ям на виробництві	14
1.3. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки.....	27
1.4. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на ра- діаційно-небезпечних об'єктах	34
1.5. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на хі- мічно-небезпечних об'єктах.....	46
1.6. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на пожежовибухонебезпечних об'єктах	57
1.7. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на гідротехнічних спорудах та об'єктах комунального гос- подарства.....	65
1.8. Підсистема запобігання аваріям та аварійним ситуаціям те- хногенного характеру	74
1.9. Аналіз і розслідування аварій та аварійних ситуацій на ви- робництві.....	86
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКИ ЗАХОДІВ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ	98
Практичне заняття 1. Визначення можливих осередків розповсюдження ударної хвилі в наслідок аварій	98
Практичне заняття 2. Оцінка стійкості об'єкта і його еле- ментів до впливу ударної хвилі, як наслідок аварії на об'єкті під- вищеної небезпеки.....	105
Практичне заняття 3. Розрахунок основних критеріїв ви- бухопожежної небезпеки для приміщень категорій А, Б.....	117

Практичне заняття 4. Обґрунтування та оцінка хімічної обстановки на об'єкті підвищеної небезпеки.....	128
Практичне заняття 5. Порядок розробки плану запобігання аварій на виробництві.....	146
Додаток 1. Нормативні значення для визначення величини надлишкового тиску під час вибуху та вихідні данні для виконання розрахункових завдань	167
Додаток 2. Прогнозування та оцінка хімічної обстановки на об'єкті підвищеної небезпеки	174

Перелік скорочень та умовних позначень

БНР – біологічних небезпечна речовина;
ГГ – горючі гази;
ГР – горючі речовини;
ДСНС – державна служба надзвичайних ситуацій;
ЗМХЗ – зона можливого хімічного зараження;
ЛЗР – легкозаймисті речовини;
НС – надзвичайна ситуація;
СГ – суб'єкт господарювання;
ОПН – об'єкти підвищеної небезпеки;
ПЗХЗ – прогнозована зона хімічного зараження;
ПНО – потенційно-небезпечний об'єкт;
РФА – рання фаза аварії;
СВСП – ступінь вертикальної стійкості повітря;
СДОР – сильнодіюча отруйна речовина;
СФА – середня фаза аварії.
ХО – хімічна обстановка;
НХР – небезпечна хімічна речовина;
ХНО – хімічно небезпечний об'єкт;

Вступ

Проведений аналіз аварій та аварійних ситуацій на виробництві за останній час показує основні причинами є зношеність виробничих фондів, які становлять у середньому 50 відсотків, використання старих технологій та обладнання, а також обмеження коштів на підтримання техногенної безпеки на підприємствах як наслідок, рівень техногенно-екологічної безпеки щорічно знижується.

Це важливе питання з формульоване в змісті вивчення дисципліни «Запобігання аварій на виробництві» – забезпечення майбутніх фахівців з цивільної безпеки методичними основам захисту працівників в умовах аварійних ситуаціях.

Підготовка здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня вищої освіти із спеціальності 263 – Цивільна безпека за освітньою програмою «Охорона праці» за даним напрямком визначена відповідними програмними компетентностями і результатами навчання, які відповідають змісту даного навчального посібника.

Методичний матеріал для проведення лекційних та практичних занять підготовлений на основі відповідних законодавчих документів та нормативно-правових актів з охорони праці України. Зміст навчального посібника надає можливість здобувачам вищої освіти практично виконувати розрахунки з організації заходів запобігання аварій на виробництві. Його зміст може бути корисним для здобувачів вищої освіти інших спеціальностей, а також для інженерів, котрі за родом своєї діяльності організовують роботи на об'єктах підвищеної небезпеки.

Навчальний посібник складається з двох розділів. У першому розділі розглядаються основи запобігання аварійних ситуацій і аварій на виробництві. У

другому розділі – розрахунки заходів запобігання аварій на виробництві. У додатках наведений довідковий матеріал для проведення розрахунків.

Даний навчальний посібник написаний на основі лекцій, які читають автори з дисциплін «Запобігання аварій на виробництві», «Основи професійної безпеки та здоров'я людини» та «Безпека праці в професійній діяльності».

Автори будуть дуже вдячні усім колегам за критичні зауваження та побажання.

Розділ 1

ОСНОВИ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ І АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

1.1 Загальні питання щодо організації запобігання аварій на виробництві та класифікація техногенних аварій

Надзвичайна ситуація – обстановка на окремій території чи суб'єкті господарювання на ній або водному об'єкті, яка характеризується порушенням нормальних умов життєдіяльності населення, спричинена катастрофою, *аварією*, пожежею, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, застосуванням засобів ураження або іншою небезпечною подією, що призвела (може призвести) до виникнення загрози життю або здоров'ю населення, великої кількості загиблих і постраждалих, завдання значних матеріальних збитків, а також до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності.

Відповідно надзвичайних ситуацій (НС) поділяються на види: техногенного характеру; природного характеру; соціальні та воєнні, а також за масштабістю на рівні: державний; регіональний; місцевий; об'єктовий.

Як правило причинами НС техногенного характеру є аварії.

До *аварій*, що супроводжуються пошкодженнями та збитками відносяться:

- пошкодження, вихід із ладу, руйнування, що сталося з техногенних (конструктивних, виробничих, технологічних, експлуатаційних) або природних причин;
- відмова мережі, споруди водопостачання й каналізації або їх конструктивних елементів, у зв'язку з якими порушується працездатність об'єкта;
- значне пошкодження або вихід з ладу обладнання (машин, агрегату, апарату, свердловини, трубопроводу тощо), гірничих виробок, споруд, що супроводжується тривалим порушенням виробничого процесу, роботи ділянки чи підприємства в цілому.

Виробнича аварія – це раптова зупинка роботи або порушення встановленого процесу виробництва на об'єкті, яка призводить до пошкодження або знищення матеріальних цінностей, травмування або загибелі людей.

До аварій, що трапляються в наслідок неправильних дій персоналу підприємств, організацій установ відносяться:

- порушення (в процесі експлуатації) режимів, норм і параметрів, встановлених правилами технічної експлуатації, правилами безпеки, інструкціями, нормативними документами, невчасне проведення оглядів, ремонтів;
- конструктивні недоліки обладнання, недостатність його надійності, невідповідність обладнання і матеріалів вимогам державних стандартів, а також недосконалість обладнання.

Причиною аварії можуть бути також стихійні природні явища (землетруси, лавини, повені, селі та ін.).

У законодавчих та нормативних документа «аварія» має наступні визначення.

Аварія – небезпечна подія техногенного характеру, що спричинила ураження, травмування населення або створює на окремій території чи території суб'єкта господарювання загрозу життю або здоров'ю населення та призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи спричиняє наднормативні, аварійні викиди забруднюючих речовин та інший шкідливий вплив на навколишнє природне середовище (Закон України Кодекс цивільного захисту України. Затв. ВР України 02.10.2012 р., № 5403 - VI. (із змінами і доповненнями від 02.06.2016 р., № 1404-VIII).

Аварія – пошкодження, вихід з ладу, відмова, неможливість експлуатації внутрішньобудинкових систем, а також пошкодження несучих, огорожувальних та несучоогорожувальних конструкцій будівлі, які спричинили або можуть спричинити шкоду життю та здоров'ю людей, пошкодження майна, унеможливають надання житлово-комунальних послуг споживачам (Закон України Про житлово-комунальні послуги від 09.11.2017, ВРУ № 2189-VIII).

Аварія – подія під час перевезення, внаслідок якої втрачено контроль над радіоактивним матеріалом і яка призводить або може призвести до радіаційного впливу на людей та навколишнє природне середовище, що перевищує допустимі межі, встановлені нормами, правилами і стандартами з безпеки

(Про затвердження Положення щодо планування заходів та дій на випадок аварій під час перевезення радіоактивних матеріалів: наказ №38 Держатомрегулювання України від 07.04.2005.).

Аварія – порушення експлуатації об’єкта, де має місце перевищення нормованих меж впливу на персонал об’єкта, його основні фонди та навколишнє середовище (Про затвердження Правил безпеки в газовому господарстві коксохімічних підприємств і виробництв:наказ № 6 Держгірпромнагляд України від 27.03.2007.).

Аварія – порушення експлуатації об’єкта, призначеного для поводження з радіоактивними відходами, внаслідок якого стався вихід радіоактивних речовин та/або іонізуючого випромінювання у кількості, що перевищує визначені проектом (робочим проектом) межі безпечної експлуатації (Про затвердження Загальних положень безпеки при поводженні з радіоактивними відходами до їх захоронення: наказ Держатомрегулювання України від 01.08.2017. № 279).

Аварія характеризується початковою подією, шляхами протікання і наслідками. Початковою подією може бути в першу чергу аварійна ситуація на потенційно-небезпечному об’єкті чи об’єкті підвищеної небезпеки.

У вище розглянутих законодавчих та нормативно-правових документах наведені такі основні визначення.

Аварійна ситуація – стан потенційно небезпечного об’єкта, що характеризується порушенням меж та/або умов безпечної експлуатації, але не перейшов в аварію, при якому всі несприятливі впливи джерел небезпеки на персонал, населення та навколишнє середовище утримуються у прийнятних межах за допомогою відповідних технічних засобів, передбачених проектом.

Потенційно-небезпечний об’єкт – об’єкт, на якому можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, що можуть спричинити виникнення надзвичайної ситуації на підприємстві.

Об’єкт підвищеної небезпеки – об’єкт, який згідно із законом вважається таким, на якому є реальна загроза виникнення аварії та/або надзвичайної ситуації техногенного чи природного характеру.

Підприємство потенційно небезпечне – промислове підприємство, що використовує в своїй діяльності або має на своїй території потенційно небезпечні об'єкти.

Небезпечні режими роботи устаткування – режими, які характеризуються такими відхиленнями технологічних параметрів від регламентних значень, при яких може виникнути аварійна ситуація та/або статися зруйнування обладнання, будинків, споруд.

Ліквідація наслідків аварії – режим функціонування, під час якого підприємство (об'єкт) після аварії переводиться в режим нормальної експлуатації або перетворюється в екологічно безпечну природно-технологічну систему.

Ліквідація наслідків надзвичайної ситуації – проведення комплексу заходів, що включає аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи, які здійснюються у разі виникнення надзвичайної ситуації і спрямовані на припинення дії небезпечних факторів, рятування життя та збереження здоров'я людей, а також на локалізацію зони надзвичайної ситуації.

Критичні значення параметрів – граничні значення одного або кількох взаємопов'язаних параметрів (щодо складу матеріального середовища, тиску, температури, швидкості руху, часу перебування в зоні із заданим режимом, співвідношення компонентів, що змішуються, роз'єднування суміші та ін.), при яких можливе виникнення вибуху в технологічній системі або розгерметизація технологічної апаратури та викиди горючої або токсичної речовини в атмосферу.

Катастрофа – велика за масштабами аварія чи інша подія, що призводить до тяжких (або неповоротних) наслідків.

До НС (аварій) техногенного характеру за сферою виникнення відносяться аварії, що пов'язані з:

- **радіаційною небезпекою** (основні чинники – АЕС, сховища відпрацьованого ядерного палива, підприємства з видобутку та переробки уранової руди, підприємства, що використовують джерела іонізуючого випромінювання та радіаційно небезпечні технології);

- **хімічною небезпекою** (основні чинники – заводи і комбінати хімічних галузей промисловості, підприємства, які утримують на своїй території хімічні речовини, що не використовуються у виробництві, заводи (комплекси) з переробки нафтопродуктів, підприємства, які мають на оснащенні холодильні

установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують хлор або аміак, залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних виробництв, термінали і склади НХР, транспортні засоби, що перевозять хімічні продукти тощо);

– **пожежовибухонебезпекою** (основні чинники - вибухо- та пожежонебезпечних об'єктів з наявністю вибухо- та пожежонебезпечних речовин);

– **гідродинамічною небезпекою** (основні чинники – гідротехнічні споруди – греблі, дамби, шлюзи, тобто інженерні споруди, за допомогою яких створюється і концентрується певний об'єм води);

– **небезпекою на транспорті** (основні чинники – транспорт загального користування (автомобільний, залізничний, морський, річковий, авіаційний, а також міський електротранспорт, у тому числі метрополітен); промисловий залізничний транспорт; відомчий транспорт; трубопровідний транспорт; шляхи сполучення загального користування);

– **небезпекою на об'єктах життєзабезпечення** (основні чинники – системи водопостачання, водовідведення, енергопостачання, газопостачання, теплопостачання, житловий фонд тощо).

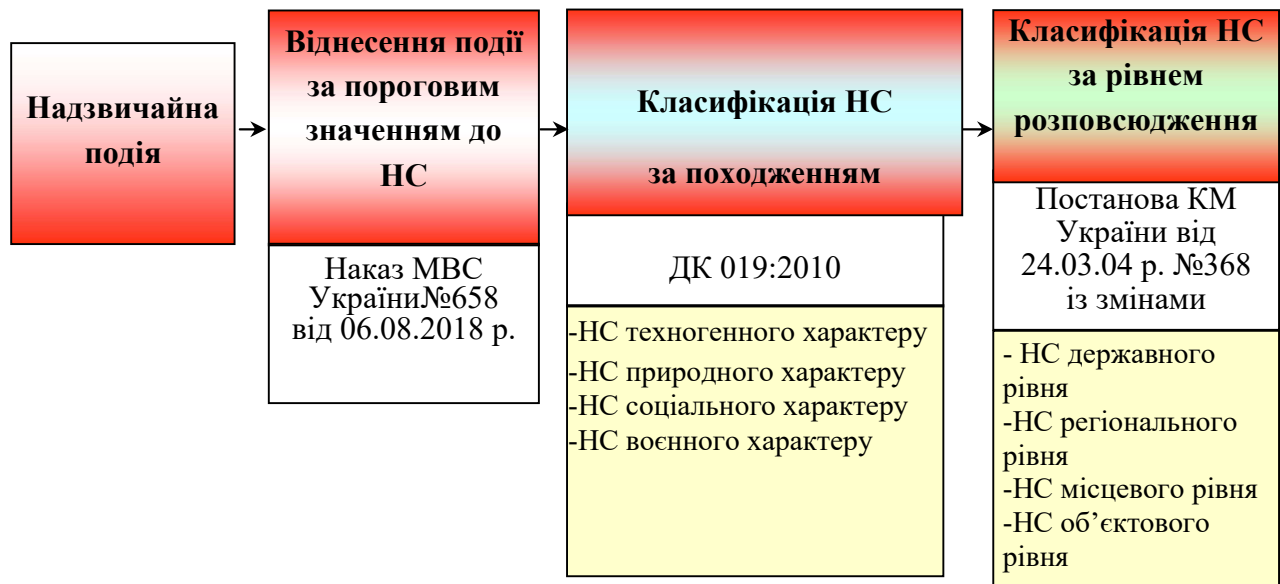


Рисунок 1.1 – Алгоритм класифікації надзвичайних ситуацій

На рис. 1.1 схематично показано алгоритм класифікації надзвичайної ситуації. Він складається з трьох етапів: віднесення події за пороговим зна-

ченням до надзвичайної ситуації, класифікація її за походженням та класифікація за рівнем. При цьому враховується характер походження надзвичайної ситуації, ступінь поширення її небезпечних факторів та розмір людських втрат і матеріальних збитків.

Небезпечна подія – подія, у тому числі катастрофа, аварія, пожежа, стихійне лихо, епідемія, епізоотія, епіфітотія, яка за своїми наслідками становить загрозу життю або здоров'ю населення чи призводить до завдання матеріальних збитків.

Небезпечний чинник – складова частина небезпечного явища (пожежа, вибух, викидання, загроза викидання небезпечних хімічних, радіоактивних і біологічно небезпечних речовин) або процесу, що характеризується фізичною, хімічною, біологічною чи іншою дією (впливом), перевищенням нормативних показників і створює загрозу життю та/або здоров'ю людини.

Для віднесення небезпечної події до надзвичайної ситуації необхідно порівняти фактичні наслідки події (кількість загиблих людей, масштаби порушення життєдіяльності населення, функціонування транспорту, об'єктів виробничої сфери, забруднення навколишнього середовища та інші) з пороговими значеннями показників ознак надзвичайної ситуації, які затверджені наказом МВС України № 658 від 06.08.2018 р. «Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій». При перевищенні фактичними показниками порогових значень надзвичайна подія вважається надзвичайною ситуацією.

Якщо схематично розглянути сукупність усіх надзвичайних подій у вигляді трикутника, то НС займуть його верхню частину (рис.1.2).

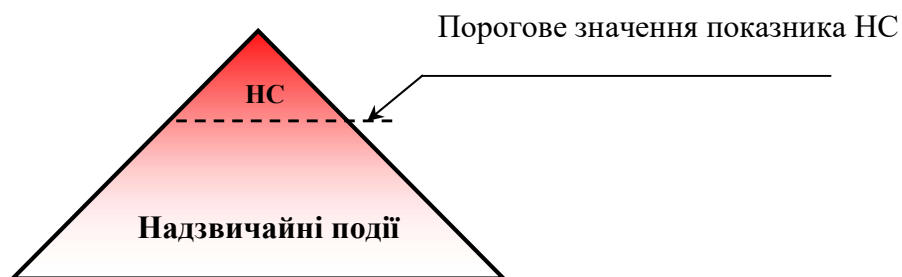


Рисунок 1.2 – Схема переходу надзвичайної події до надзвичайної ситуації

Межею переходу надзвичайної події до надзвичайної ситуації буде порогове значення показника ознаки НС.

Слід підкреслити, що об'єктами класифікації можуть бути лише надзвичайні ситуації. Критерії класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру встановлюються Кабінетом Міністрів України на основі аналізу.

Отже, для успішного вирішення першочергових організаційно-управлінських проблем техногенно-природного характеру одними з важливих питань є володіння термінологією та нормативною базою в системі захисту населення і територій від НС. Важливим також в системі прогнозування та оцінки надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру є вміння класифікувати ці надзвичайні ситуації.

1.2. Порядок забезпечення протидії аваріям та аварійним ситуаціям на виробництві

При розгляді даного питання будь використувуватись такі терміни як:

Промислове підприємство – це державна, змішана, спільна, іноземна, кооперативна виробнича одиниця (декілька одиниць), що діє на території держави і створена з метою одержання товарної продукції.

Реципієнт – це об'єкт негативного впливу небезпеки, ініційованої промисловим підприємством.

Встановлення вимог до безпечності конкретного підприємства, що будується чи реконструюється, полягає у визначенні:

- складу (номенклатури) показників, які використовують для кількісного опису безпечності;
- гранично припустимих числових значень (норм) цих показників.

Для підприємств, що являють собою сукупність технологічних комплексів, до складу яких входять потенційно небезпечні об'єкти, і при цьому для кожного з них можна сформулювати поняття аварій, що можуть виникати і протікати незалежно одна від одної, вимоги до безпечності повинні задаватись для:

- кожного потенційно небезпечного об'єкта;
- окремого підприємства в цілому;
- групи підприємств (промислових вузлів).

Вимоги до безпечності підприємства встановлюються органами Державного регулювання в особі органів:

- Міністерства внутрішніх справ України;
- Міністерства економіки України;
- Міністерства охорони здоров'я України;
- Міністерства енергетики України;
- Міністерства розвитку громад і територій України;;
- Міністерства соціальної політики України;;
- Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України;
- національних і територіальних органів управління згідно з чинним законодавством.

Державне регулювання безпечності здійснюється:

- Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України
- Міністерством охорони здоров'я України;
- *Державною службою України з надзвичайних ситуацій (ДСНС)* як

центральный орган виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Міністра внутрішніх справ і який реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій та запобігання їх виникненню, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, рятувальної справи, гасіння пожеж, пожежної та техногенної безпеки, діяльності аварійно-рятувальних служб, а також гідрометеорологічної діяльності;

- *Державною службою України з питань праці (Держпраці)* як центральний орган виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується Кабінетом Міністрів України через Першого віце-прем'єр-міністра України - Міністра економіки, і який реалізує державну політику у сферах промислової безпеки, охорони праці, гігієни праці, поводження з вибуховими матеріалами промислового призначення, здійснення державного гірничого нагляду, а також з питань нагляду та контролю за додержанням законодавства про працю, зайнятість населення, загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності, у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, на випадок безробіття в частині призначення, нарахування та виплати до-

помоги, компенсацій, надання соціальних послуг та інших видів матеріального забезпечення з метою дотримання прав і гарантій застрахованих осіб;

- іншими органами державної виконавчої влади згідно з законодавством України.

Регулювання безпечності спрямоване на зниження до прийняттого рівня впливу небезпечних і шкідливих факторів (зокрема виробничих) і полягає:

- в розробці принципів, критеріїв та умов, які враховують світовий досвід та вимоги чинних нормативних документів;
- у виданні нормативних документів з безпеки та якості робіт на всіх стадіях та етапах циклу існування підприємства;
- у здійсненні державної експертизи;
- у наданні дозволу або ліцензій на всі види діяльності, визначені державними нормативними документами з безпеки;
- в інспектуванні проведення робіт на відповідність наданим ліцензіям,
- у визначенні процедури звітності, структури звіту та переліку параметрів та показників, які повинні бути в ньому відображені.

Державні органи регулювання для підприємств окремих видів та груп :

- встановлюють параметри та характеристики, які визначають їхній негативний вплив на екологічний стан та його розвиток і сукупність яких потребує реалізації заходів для захисту працівників, населення регіону та навколишнього середовища;
- призначають екологічну експертизу як для підприємств, що проєктуються, так і для підприємств, що діють;
- установлюють процедуру та форми звітності про безпечність підприємств;
- відповідальність посадових осіб за якість і своєчасність звітності.

Нагляд за додержанням вимог до безпечності підприємств здійснюють органи Держнагляду:

- Державна служба України з питань праці (Держпраці України) та її територіальними органами;
- Державна екологічна інспекція України (Держекоінспекція України) та її територіальні органи;
- Державна архітектурно-будівельна інспекція України та її територіальні органи;

○ Державна інспекція ядерного регулювання України (Держатомрегулювання).

Нагляд за додержанням вимог до безпечності підприємств здійснюють органи Держнагляду:

- Департамент запобігання надзвичайним ситуаціям є самостійним структурним підрозділом Державної служби України з надзвичайних ситуацій, до повноважень якого відповідно до розподілу обов'язків належить питання державного нагляду (контролю) у сфері цивільного захисту, пожежної та техногенної безпеки;

- Головний державний інспектор України з нагляду (контролю) у сфері пожежної та техногенної безпеки.

- Державна санітарно-епідеміологічна служба України (Держсанепідслужба України) – центральний орган виконавчої влади, діяльність якого спрямовується і координується КМ України через МОЗ України.

Вимоги до безпечності підприємства формуються у вигляді:

- організаційних заходів;
- технічних заходів;
- гранично допустимих значень показників безпечності.

Технічні та організаційні заходи, що формуються у вигляді настанов і правил, визначаються вимогами фізичного захисту підприємства:

- перешкоджають несанкціонованому поширенню дії джерел небезпеки, що є на підприємстві;
- попереджають несанкціонований доступ до встановлених проєктом вразливих місць.

Види та номенклатура показників безпечності повинні встановлюватись таким чином, щоб надати можливість визначити як окремий, так і сукупний збиток для різних реципієнтів від впливу окремих факторів, зокрема і транс-кордонний ефект цього впливу.

Потрібні числові значення показників безпечності встановлюють на підставі аналізу технологічного процесу з урахуванням як наслідків функціонування, так і цінності створюваного продукту чи наданих послуг.

Показники безпечності поділяють:

- проєктні показники характеризують безпечність, закладену в технічній документації підприємства;

- оперативні показники описують поточні значення рівня безпечності і відображають стан підприємства на час проведення контролю.

Оперативні показники служать мірою наближення підприємства до межі безпечної експлуатації і тому для них у проєктній документації мають бути встановлені граничні значення.

Забезпечення потрібного рівня безпечності досягається проведенням спеціального комплексу робіт на всіх стадіях проєктування, будівництва, експлуатації, зняття з експлуатації та ліквідації підприємства.

Під час вирішення питань, пов'язаних з забезпеченням потрібного рівня безпечності, необхідно враховувати особливості підприємств.

Кожне підприємство в усіх режимах його функціонування, тією чи іншою мірою впливає на: здоров'я та тривалість життя персоналу; населення регіону; на стан навколишнього середовища.

Як реципієнти виступають: люди; флора і фауна; атмосфера, гідросфера і літосфера; урбанізовані та сільськогосподарські території; об'єкти рекреації; території, які охороняються особливо (національні парки, заповідники пам'ятки історії та культури тощо); інші матеріальні об'єкти будь-якої форми власності.

Забезпечення безпечності підприємства полягає в зниженні потенційної небезпеки до припустимого рівня.

Забезпечення безпечності пов'язано з витратами, які, з одного боку, повинні порівнюватись із цінністю продукції чи послуг, що надаються підприємствам; з другого боку, з можливими прямими та побічними втратами від його функціонування в усіх режимах експлуатації.

Під час вирішення питань безпечності здійснюється кількісний опис, аналіз, оцінювання, контроль та заходи для забезпечення безпечності. Дані заходи повинні виконуватись по кожному джерелу небезпеки, виду аварій, режиму функціонування, з урахуванням композиційних, технічних та ергатичних факторів.

До композиційних факторів належать:

- природно-кліматична характеристика району розташування підприємства;
- розміщення цехів, ділянок, а також технологічного обладнання стосовно можливості локалізації аварійної ситуації;

- забезпечення доступу до обладнання під час робіт по відновленню об'єкта;

- інші зовнішні природні та техногенні фактори, що впливають на виникнення аварійних ситуацій і розповсюдження дії джерел небезпеки, які є на підприємстві.

До технічних факторів належать:

- технологія виробництва;
- рівень надійності технологічного обладнання, а також будівель, споруд і елементів інженерної інфраструктури;
- рівень надійності системи керування підприємством і технологічним процесом;
- склад і рівень надійності системи безпеки;
- склад, кількість і якість компонентів, що забезпечують нормальну експлуатацію, а також функціонування підприємства в аварійному режимі та під час ліквідації наслідків аварії;
- внутрішній самозахист об'єктів, що входять до складу підприємства, зокрема наявність аварійного планування (перелік заходів, які повинні бути вжиті в аварійному режимі).

До ергатичних факторів належать:

- склад, умови, режим роботи та рівень культури безпеки осіб, які виконують та забезпечують всі види робіт на всіх стадіях та етапах циклу існування підприємства;
- точність, повнота і доступність настанов, правил та інструкцій для персоналу, які регламентують його дії для забезпечення безпечності підприємства, зокрема наявність аварійного планування.

Розрізняють такі режими функціонування підприємства: нормальна експлуатація; аварійна ситуація; аварійний режим; ліквідація наслідків аварії; зняття з експлуатації; ліквідація підприємства.

До нормальної експлуатації належить регламентне виконання всіх процедур, що передбачені технологічним процесом підприємства (пуск, зупинка, робота на проектному рівні потужності та зміни потужності, завантаження силовини і таке інше).

Аварійна ситуація характеризується такими порушеннями у протіканні технологічних процесів або появою таких відмов у роботі обладнання та стану

споруд, за яких для забезпечення безпечності на час усунення цих відмов здійснюється передбачене проєктом переведення обладнання чи інших технічних систем в особливий режим функціонування, відмінний від режиму нормальної експлуатації (наприклад, робота із зниженою потужністю).

У разі успішного завершення ремонтних робіт підприємство повертається до режиму нормальної експлуатації, в разі неуспішного – можлива його зупинка або перехід в аварійний режим.

Аварійний режим починається з появи критичних відмов на об'єкті і закінчується завершенням усіх захисних дій (благополучне завершення) або після припинення виконання цих дій внаслідок неможливості чи недоцільності їхнього подальшого виконання (неблагополучне завершення).

Ліквідація наслідків аварії, що починається від моменту завершення захисних дій, завершується поверненням підприємства до режиму нормальної експлуатації або його ліквідацією.

Зняття з експлуатації відбувається в тому випадку, коли подальша експлуатація підприємства або технічно (фізично) неможлива (зокрема не може вестись без порушення норм та правил безпеки), або економічно недоцільна.

Ліквідація підприємства полягає у перетворенні його в екологічно безпечну природно-техногенну систему. Зняття з експлуатації відбувається в тому випадку, коли подальша експлуатація підприємства або технічно (фізично) неможлива (зокрема не може вестись без порушення норм та правил безпеки), або економічно недоцільна.

Ліквідація підприємства полягає у перетворенні його в екологічно безпечну природно-техногенну систему.

Аварії, які можуть відбуватися на підприємстві, поділяють на проєктні та позапроєктні.

Проєктна аварія характеризується вихідною подією аварії, шляхами протікання і кінцевим станом, в який переводиться підприємство.

Для проєктної аварії має бути сформульовано:

- поняття захисту від аварії;
- визначені функції захисту;
- перелік обладнання, на яке покладено виконання цих функцій системи (пристрої, елементи) безпеки;
- аварія які супроводжуватись виникненням пожежі або вибуху.

Для позапроектної аварії в проєкті повинен бути визначений комплекс організаційних і технічних заходів, які належить реалізувати в разі:

- появи аварії – з метою зменшення її наслідків, а також управління нею і планування захисту персоналу і населення;
- супроводжування аварії виникненням пожежі або вибуху.

Перелік та визначення проєктних аварій, режимів функціонування і кінцевих станів, якими може закінчитися ліквідації наслідків аварії, після узгодження з проєктною організацією вноситься в завдання на проєктування із зазначенням умов експлуатації, за яких розглядається виникнення кожної аварії.

Якщо до складу підприємства входять особливо небезпечні об'єкти діяльності, перелік яких визначається згідно з чинним законодавством, до складу технічної документації підприємства повинен входити:

- спеціальний паспорт екологічний;
- спеціальний паспорт санітарно-епідеміологічний;
- паспорт реакторної установки.

Конкретний перелік і зміст робіт для забезпечення безпечності для кожного потенційно небезпечного підприємства визначається державними нормативними документами з безпечності, який повинен бути складений до початку експлуатації підприємства, і його рекомендується оформлювати в складі технічної документації як «Програму забезпечення безпечності».

Оцінювання та контроль безпечності підприємства виконують на всіх стадіях циклу існування:

✓ під час проєктування з метою прогнозу очікуваного рівня безпечності підприємств і подальшому проведенні експертизи проєктної документації на безпечність визначають проєктну оцінку рівня безпечності;

✓ під час відведення земельної ділянки під будівництво підприємства перевіряють принципову можливість забезпечення безпечності на відведеній та прилеглих територіях;

✓ під час будівництва чи модернізації здійснюють авторський нагляд чи технічний контроль за будівництвом;

✓ під час введення підприємства в експлуатацію та під час дослідної та промислової експлуатації з метою визначення фактично досягнутого рівня безпечності підприємства та перевірки його відповідності вимогам безпечнос-

ті, встановленим у технічному завданні, виконують апостеріорне оцінювання і імовірнісний прогноз безпечності на підставі аналізу роботи підприємства;

✓ під час функціонування підприємства з метою визначення оперативного рівня безпечності підприємства проводять оперативний контроль;

✓ у разі зняття з експлуатації проводять технічний контроль за визначеною процедурою ліквідації підприємства.

Проектне оцінювання безпечності підприємства залежно від його особливостей і стадії проектування технологічного, допоміжного та іншого обладнання, а також систем їхнього захисту, проводять з урахуванням:

- технічних, композиційних і ергатичних факторів;
- принципового розміщення споруджень підприємства на місцевості;
- склад, структура та розміщення елементів системи забезпечення безпеки працівників підприємства, а також його території.

При оцінці рівня безпечності підприємства допускається здійснювати такими методами:

- ✓ аналітичними;
- імовірнісного моделювання;
- комбінованими, які являють собою поєднання аналітичних методів і методів моделювання;
- експертними.

Апостеріорне оцінювання рівня безпечності підприємства може здійснюватись методами проектного оцінювання та експериментальними методами.

Експериментальне оцінювання (контроль) рівня безпечності підприємства допускається проводити шляхом збирання та оброблення статистичних даних про безпечність в умовах дослідного та промислового функціонування підприємства.

Для окремих комплексів технологічного обладнання за погодженням з проектувальником підприємства допускається організація та проведення спеціальних випробувань на безпечність.

Під час прогнозів аварій повинен використовуватись консервативний підхід, який полягає в тому, що для параметрів і характеристик об'єкта приймають значення і границі, про які наперед відомо, що вони призводять до найбільш несприятливих результатів.

Під час проведення оцінювання чи контролю безпечності підприємства використовують програми та методики, які атестовані в установленому порядку.

Результати оцінювання та контролю безпечності підприємства повинні в регламентованому порядку вноситись до технічної документації.

Забезпечення суворого дотримання вимог указаних нормативних документів ДСТУ 3273-95 передбачено оформлення «Програми забезпечення безпечності промислового підприємства», яка містить перелік таких обов'язкових робіт.

Для визначення потрібного рівня безпечності промислового підприємства на стадії проєктування проводять:

- збір даних про режим, умови роботи та надійність технологічного устаткування (чи його аналогів), яким буде обладнуватись промислове підприємство, про склад та організацію роботи працівників, про склад та якість експлуатаційної документації;
- аналіз одержаних даних і визначення попередніх вимог до безпечності підприємства;
- аналіз відмов устаткування, які призводять до проєктних аварій на підприємстві, і формулювання вимог до його надійності, а також формулювання вимог до систем (пристроїв, елементів) безпеки;
- аналіз характеристик майданчиків, де передбачається будівництво підприємства;
- визначення вимог до безпечності підприємства, які виносяться в технічну та експлуатаційну документацію;
- вибір методів оцінювання чи контролю безпечності підприємства на подальших стадіях його створення, затвердження "Програми забезпечення безпечності".

Для досягнення потрібного рівня безпечності промислового підприємства на стадії проєктування виконують:

- аналіз безпечності різних варіантів проєкту підприємства та його розміщення на промисловому майданчику, попереднє оцінювання безпечності перспективних варіантів підприємства;
- порівняння варіантів проєкту і вибір варіанта, який переважає за критерієм безпечності;

- підготовка вихідних даних і проведення попередніх розрахунків відносно складу і кваліфікації працівників, які відповідають за безпечність підприємства;

- аналіз впливу рівня безпечності різних варіантів проєкту на показники техніко-економічної ефективності підприємства;

- розробка вимог до устаткування, яке виконує функції захисту об'єкта;
- розроблення вимог до персоналу, що бере участь у виконанні функцій, важливих для безпеки, і складання інструкцій для цього персоналу, зокрема, інструкцій з керування проєктними і позапроєктними аваріями, та планів захисту персоналу і населення;

- вибір остаточного варіанта проєкту;
- уточнення даних про надійність технічних засобів, важливих для безпечності підприємства;

- уточнення проєктної оцінки показників безпечності підприємства;
- експертиза і (у разі необхідності) доробка технічних умов на заплановану до випуску продукцію з метою забезпечення її безпечності для життя, здоров'я людей, їхнього найма та навколишнього середовища під час експлуатації чи вживання цієї продукції.

З метою дослідження та підвищення безпечності промислового підприємства в умовах дослідної та промислової експлуатації здійснюють:

- уточнення (розробка) системи збирання та оброблення інформації про надійність устаткування, важливого для безпечності, збирання та оброблення інформації, про надійність технологічного устаткування і дії персоналу в аварійних ситуаціях, аналітичне оцінювання безпечності підприємства на підставі одержаної інформації;

- уточнення (за необхідності) параметрів технічної експлуатації технологічного устаткування підприємства, складу і кваліфікації персоналу підприємства, корекція експлуатаційної документації;

- перевірка виконання правил, нормативів і регламентів, які відносяться до безпечності підприємств, передбачених інструкціями з їхньої експлуатації.

Для запобігання аварій, локалізації та ліквідації її наслідків залучаються сили та засоби цивільного захисту. У відповідності до вимог Постанови КМ України від 26.10. 2016 р. № 763, суб'єкти господарювання в яких є об'єкти підвищеної небезпеки і потенційно-небезпечні об'єкти зобов'язанні заключати

договори з відповідними структурами цивільного захисту з метою забезпечення швидкої локалізації аварій та ліквідації її наслідків.

До складу сил цивільного захисту відносяться:

- оперативно-рятувальна служба цивільного захисту;
- аварійно-рятувальні служби;
- формування цивільного захисту;
- спеціалізовані служби цивільного захисту;
- пожежно-рятувальні підрозділи (частини);
- добровільні формування цивільного захисту.

Відповідно до Кодексу цивільного захисту, суб'єкти господарювання усіх форм власності, зобов'язанні створювати формування цивільного захисту. Формування цивільного захисту належать до комплексу сил цивільного захисту держави та взаємодіють з оперативно-рятувальною службою, аварійно-рятувальними службами, спеціалізованими службами цивільного захисту, пожежно-рятувальними підрозділами.

Завдання та функції формувань цивільного захисту визначені відповідними постановами Кабінету Міністрів України, але керівники органів державної влади, органів місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання, що утворюють формування, можуть визначати для формувань також інші завдання та функції залежно від їх функціонального призначення.

Основними завданнями формувань цивільного захисту є:

- проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій (крім аварійного обслуговування суб'єктів господарювання та окремих територій), у тому числі ситуацій, що виникли внаслідок воєнних (бойових) дій або терористичних актів;
- проведення відновлювальних робіт, що потребують залучення великої кількості людей і техніки у мирний час та в особливий період;
- здійснення заходів щодо життєзабезпечення населення, яке постраждало від надзвичайних ситуацій, воєнних (бойових) дій або терористичних актів;
- виконання робіт з локалізації зони впливу шкідливих і небезпечних факторів, що виникають під час аварійних ситуацій і аварій на об'єкті підвищеної небезпеки;
- гасіння великих пожеж;

- проведення спеціальної обробки техніки, будівель, майна, територій та санітарної обробки людей;
- інженерне, транспортне, матеріально-технічне забезпечення заходів цивільного захисту;
- забезпечення функціонування системи зв'язку цивільного захисту;
- обслуговування захисних споруд цивільного захисту.

Основними функціями формувань, відповідно до покладених завдань, є:

- проведення загальної та спеціальної розвідки у зоні надзвичайної ситуації;
- пошук, рятування та надання домедичної допомоги постраждалим;
- здійснення заходів щодо локалізації надзвичайних ситуацій, у тому числі тих, що виникли внаслідок воєнних (бойових) дій або терористичних актів;
- рятування матеріальних та культурних цінностей;
- здійснення заходів щодо відновлення роботи пошкоджених об'єктів життєзабезпечення населення;
- санітарне очищення та знезараження території.

Функції конкретних формувань цивільного захисту визначаються в положеннях про ці формування. Формування мають право на:

- отримання інформації про надзвичайну ситуацію та заходи необхідної безпеки;
- безперешкодний доступ на територію суб'єктів господарювання, що постраждали внаслідок надзвичайної ситуації;
- вимогу від усіх осіб, які перебувають у зоні надзвичайної ситуації, дотримання встановлених норм безпеки.

За порядком утворення формування цивільного захисту розподіляються на: *об'єктові, територіальні та добровільні*.

Об'єктові формування є також базою для утворення територіальних формувань цивільного захисту на відповідній території (область, місто обласного значення, район).

Потреба у кількості та видах формувань цивільного захисту визначається керівником суб'єкта господарювання відповідно до потенційних небезпек природного, техногенного, соціального характеру, що загрожують підпорядкованому об'єкту та його працівникам з урахуванням того, що «...основну частину робіт, пов'язаних з реагуванням на надзвичайну ситуацію або усунен-

ням загрози її виникнення, виконують сили цивільного захисту підприємства, установи чи організації, де виникла така ситуація...».

Відповідно до Плану реагування об'єкта на надзвичайні ситуації, кількість створених на об'єкті формувань повинна:

- максимально відповідати можливим обсягам проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій, відновлювальних робіт, заходів щодо життєзабезпечення населення, робіт з локалізації зони впливу шкідливих і небезпечних факторів, що виникають під час аварійних ситуацій і аварій на об'єкті підвищеної небезпеки;
- забезпечувати гасіння великих пожеж, заходи зі спеціальної обробки техніки, будівель, майна, територій та санітарної обробки людей;
- забезпечувати якісне обслуговування наявних захисних споруд цивільного захисту та систем оповіщення.

1.3. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки

Згідно з Кодексом ЦЗ України об'єктом підвищеної небезпеки – є об'єкт, який згідно із законом вважається таким, на якому є реальна загроза виникнення аварії та/або надзвичайної ситуації техногенного чи природного характеру.

Згідно із Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» дані наступні терміни та визначення:

об'єкт підвищеної небезпеки (ОПН) – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру;

небезпечна речовина – хімічна, токсична, вибухова, окислювальна, горюча речовина, біологічні агенти та речовини біологічного походження, які становлять небезпеку для життя і здоров'я людей та довкілля, сукупність властивостей речовин або особливостей їх стану, і наслідок яких за певних обста-

вин може створитися загроза життю і здоров'я людей, довкілля, матеріальним та культурним цінностям;

порогова маса небезпечних речовин – нормативно встановлена маса окремої небезпечної речовини або категорії небезпечних речовин, чи сумарна маса небезпечних речовин різних категорій;

ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки – порядок визначення об'єктів підвищеної небезпеки серед потенційно небезпечних об'єктів;

потенційно небезпечний об'єкт (ПНО) – об'єкт, на якому можуть використовуватися або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються небезпечні речовини, біологічні препарати, а також інші об'єкти, що за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення аварії;

транскордонний вплив аварії – шкода, заподіяна населенню та довкіллю однієї держави внаслідок аварії, яка сталася на території іншої держави;

декларація безпеки – документ, який визначає комплекс заходів, що вживається суб'єктом господарської діяльності з метою запобігання аваріям, а також забезпеченням готовності до локалізації, ліквідації аварій та їх наслідків;

суб'єкт господарської діяльності – юридична або фізична особа, у власності або у користуванні якої є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки;

селитебна територія – ділянки житлових будинків, громадських установ, будівель та споруд, зокрема навчальних, проектних, науково-дослідних та інших інститутів без дослідних виробництв, внутрішньоселитебна, вулично-дорожня і транспортна мережа, площі, парки, сади, сквери, бульвари, інші об'єкти зеленого будівництва і місця загального користування.

Згідно Постанови Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 р., № 956 «Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки» (Постанова) передбачено:

- нормативи порогових мас небезпечних речовин для ідентифікації ОПН;
- порядок ідентифікації та обліку ОПН;
- порядок декларування безпеки ОПН.

Відповідно територія де розміщенні ОПН та ПНО умовно поділяться на чотири типи секторів:

сектор 1 – об'єкти з небезпечними речовинами;

сектор 2 – гідротехнічні споруди (клас гідротехнічної споруди в залежності від висоти (чи глибини) і категорії небезпеки);

сектор 3 – хвостосховища, шламонакоплювачі, накоплювачі токсичних відходів (клас сховища у відповідності до його технічних характеристик і ступеню відповідальності споруди, а також категорію небезпеки);

сектор 4 – інші об'єкти підвищеної небезпеки, що не входять в перші 3 сектори (об'єкти: воєнного призначення, присутні радіоактивні речовини, розвідки і видобудку корисних копалин, наявність небезпечних речовин у яких обумовлена природними явищами, і їх кількість не може бути контрольована та інше).

Ідентифікація об'єктів підвищеної небезпеки організовується в суб'єкті господарської діяльності, у власності або користуванні якого є хоча б один ПНО, чи який має намір розпочати будівництво такого об'єкта.

Відповідно до даної Постанови ПНО вважається:

- об'єкт підвищеної небезпеки відповідного класу у разі, коли значення сумарної маси небезпечної або декількох небезпечних речовин, що використовуються або виготовляються, переробляються, зберігаються чи транспортуються на об'єкті, перевищує встановлений норматив порогової маси;
- апарат або сукупність пов'язаних між собою потоками в технологічний цикл апаратів, об'єднаних за адміністративною та/або територіальною ознакою;
- структурний підрозділ (виробництво, цех, відділення, дільниця, тощо) суб'єкта господарської діяльності.

Для проведення ідентифікації ОПН визначена відповідна категорія небезпечних речовин за їх властивостями і впливом уражувальними факторами.

Перша категорія за властивостями небезпечних речовин:

- горючі (займисті) гази;
- горючі рідини; горючі рідини, перегріті під тиском;
- вибухові речовини;
- речовини-окисники: окисляючі речовини та органічні пероксиди;
- високотоксичні та токсичні речовини;
- речовини, які становлять небезпеку для довкілля.

Друга категорія за видами аварій, що можуть статися виходячи з властивостей небезпечних речовин, та за впливом уражальних факторів цих аварій категорії небезпечних речовин об'єднуються в групи:

група 1 (вибух): горючі (займисті) гази, горючі рідини, перегріті під тиском, ініціюючі (первинні), бризантні (вторинні) та піротехнічні вибухові речовини, речовини-окислювачі, речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

група 2 (пожежа): горючі (займисті) гази, горючі рідини, горючі рідини, перегріті під тиском, речовини-окисники, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

група 3 (шкідливі для людей і довкілля): високотоксичні речовини, токсичні речовини, речовини, які становлять небезпеку для довкілля (високотоксичні для водних організмів), речовини, які становлять небезпеку для довкілля (токсичні для водних організмів) та/або можуть здійснювати довгостроковий негативний вплив на водне середовище, а також речовини, які вступають у бурхливу реакцію з водою з виділенням горючих та/або вибухонебезпечних чи токсичних газів.

Третя категорія – індивідуальні небезпечні речовини. До цієї категорії відносяться речовини та суміші речовин, для яких встановлено значення нормативів порогових мас, що відрізняються від значень нормативів порогових мас тих категорій.

Порогову масу небезпечних речовин однієї групи визначають за формулою (1.1):

$$Q_{\text{пгк}} = \sum g_i : \sum (g_i / Q_i), \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{пгк}}$ – порогова маса небезпечних речовин однієї групи або ПГК категорії; g_i – сумарна маса небезпечної речовини або категорії і небезпечної речовини, що перебуває на об'єкті; Q_i – норматив порогової маси небезпечної речовини або категорії і небезпечної речовини відповідного класу; i – змінюється від 1 до n , де n – загальна кількість індивідуальних небезпечних речовин та категорій небезпечних речовин.

Розрахунок значення порогової маси небезпечних речовин однієї категорії або групи для 1 класу проводиться з використанням значення Q_i для 1 кла-

су і для 2 класу – з використанням значення і Q_i для 2 класу згідно з додатками 1 і 2 до нормативів.

У разі коли найменша відстань від елементів потенційно небезпечного об'єкта до елементів селитебної території або промислових об'єктів не перевищує 500 метрів для небезпечних речовин 1 і 2 групи і 1000 метрів для небезпечних речовин 3 групи, пороговою масою вважається маса небезпечних речовин, визначена за формулою (1.2):

$$Q_{ir} = Q_i \cdot (R_x / R_n)^2, \quad (1.2)$$

де Q_{ir} – порогова маса небезпечних речовин; Q_i – встановлений або розрахований згідно з пунктом 10 цього Порядку норматив порогової маси 2 класу; R_x – відстань від потенційно небезпечного об'єкта до межі найближчого елемента селитебної території або промислового об'єкта; R_n – гранична відстань від потенційно небезпечного об'єкта до найближчого промислового об'єкта або елемента селитебної території, починаючи з якої проводиться перерахунок нормативу порогової маси (для речовин 1 і 2 групи R_n дорівнює 500 метрів, для речовин 3 групи R_n дорівнює 1000 метрів).

У разі коли Q_{ir} менше 1 відсотка встановленого або розрахованого згідно з пунктом 10 цього Порядку нормативу порогової маси 2 класу, порогова маса приймається рівною 1 відсотку незалежно від відстані потенційно небезпечного об'єкта до елементів селитебної території.

Повідомлення про результати ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки включають в себе:

- ✓ відомості про потенційно небезпечні об'єкти;
- ✓ перелік потенційно небезпечних об'єктів з небезпечними речовинами, виділених для ідентифікації, у тому числі тих, що ідентифіковані як об'єкти підвищеної небезпеки;
- ✓ маса небезпечних речовин, що знаходяться на потенційно небезпечних об'єктах;
- ✓ перелік нормативно-правових актів, нормативних документів, довідкових та науково-технічних видань, що використовувалися під час проведення ідентифікації;
- ✓ відомості про організацію, що провела ідентифікацію (заповнюється у разі проведення ідентифікації іншим суб'єктом господарської діяльності).

Суб'єкт господарської діяльності, у власності або користуванні якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки, організовує розроблення і складання декларації безпеки об'єкта підвищеної небезпеки, повинна включати:

- результати всебічного дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику;
- оцінку готовності до експлуатації об'єкта підвищеної небезпеки відповідно до вимог безпеки промислових об'єктів;
- перелік прийнятих з метою зниження рівня ризику рішень і здійснених з метою запобігання аваріям заходів;
- відомості про заходи щодо локалізації і ліквідації можливих наслідків аварій.

Експертизу декларації безпеки проводять суб'єкти господарської діяльності всіх форм власності, що займаються науковою і науково-технічною діяльністю у сфері безпеки промислових об'єктів, у тому числі спеціалізовані експертні організації, які акредитовані.

Висновок експертизи включає:

- найменування виду експертизи із зазначенням її об'єктів;
- виклад підстав для проведення експертизи;
- відомості про експертну організацію та експертів;
- дані про замовника та перелік об'єктів експертизи;
- відомості про розглянуті в процесі експертизи документи та об'єкти;
- результати проведення експертизи.

Основні робочі документи, які знаходяться на об'єктах підвищеної небезпеки визначенні Постановою КМ України від 17.04.2019 № 337 «Порядок розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві»:

- журнал обліку аварій на підприємстві;
- журнал обліку нещасних випадків на виробництві;
- план усунення порушень і недоліків, виявлених під час перевірок об'єкта органами державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки.

Основні документи, які регламентують роботу на об'єктах підвищеної небезпеки:

- результати ідентифікації об'єкта підвищеної небезпеки або довідка про їх відсутність із зазначенням причин;
- свідоцтво про державну реєстрацію об'єкта підвищеної небезпеки у Державному реєстрі об'єктів підвищеної небезпеки;
- дозвіл на експлуатацію об'єкта підвищеної небезпеки;
- наявність декларації безпеки об'єкта підвищеної небезпеки та результатів експертизи;
- наявність договору обов'язкового страхування цивільної відповідальності суб'єкта господарювання за шкоду, яка може бути заподіяна пожежами та аваріями на об'єкта підвищеної небезпеки;
- наявність акту прийняття в експлуатацію систем раннього виявлення виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення.

Основними напрямками забезпечення техногенної (аварійної) безпеки об'єкту підвищеної небезпеки є:

- інженерний захист;
- радіаційний та хімічний захист;
- медичний та протибактеріологічний захист;
- оповіщення керівного складу, населення у разі виникнення;
- евакуаційні заходи.

Суб'єкт господарювання відповідає безпосередньо за організацію евакуаційних заходів, в якому визначається: наказ про створення евакокомісії організації, установи, підприємства; положення про евакокомісію організації, установи, підприємства; план роботи комісії на рік; список членів евакокомісії організації; установи, підприємства; функціональні обов'язки посадових осіб комісії та їх знання; робочі папки членів комісії; план евакуації (приймання) населення та карта (схема); виписки з Плану евакозаходів району; підготовка евакуаційних заходів; підготовка районів розміщення працівників, майна та обладнання.

1.4. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на радіаційно-небезпечних об'єктах

За останні чотири десятиліття атомна енергетика й використання матеріалів, що розщеплюються, міцно ввійшли в життя людства. У цей час у світі працює близько 450 ядерних реакторів. Атомна енергетика дозволила істотно знизити «енергетичний голод» і оздоровити екологію в ряді країн. Так, у Франції більше 75% електроенергії одержують від атомних електричних станцій (АЕС) і при цьому кількість вуглекислого газу, що надходить в атмосферу, вдалося скоротити в 12 разів.

В умовах безаварійної роботи АЕС – є однією з найбільш економічно й екологічно чистих виробництв енергії. Радіоактивні речовини широко використовуються також і в інших галузях економіки, у медицині й військовій справі. Разом з тим, розширення сфери застосування джерел радіоактивності призводить до збільшення ризику виникнення аварій з викидом радіоактивних речовин і забрудненням навколишнього середовища. У результаті таких аварій можуть виникати великі зони радіоактивного забруднення місцевості й відбуватися опромінення персоналу радіаційно-небезпечних об'єктів (РНО) і населення, що буде характеризувати ситуацію, що створюється, як надзвичайну. Подібні аварії будуть носити характер радіаційних.

Найнебезпечнішими за наслідками є аварії на АЕС з викидом в атмосферу радіоактивних речовин, внаслідок яких має місце довгострокове радіоактивне забруднення місцевості на величезних площах.

Потенційна небезпека експлуатації РНО полягає в можливості виникнення «критичності» і, відповідно, самопідтримуючої ланцюгової реакції при аварійних ситуаціях, а також при переробці, зберіганні та транспортуванні ядерних матеріалів. Основний показник ступеня їх потенційної небезпеки, за інших рівних умов (надійність технологічних процесів, якість професійної підготовки фахівців тощо), – це загальна кількість радіоактивних речовин, які знаходяться в об'єкті.

До типових радіаційно небезпечних об'єктів відносяться:

- атомні станції;
- підприємства з видобування та переробки уранових руд;
- підприємства з виготовлення ядерного палива;

– підприємства з переробки відпрацьованого ядерного палива і захоронення радіоактивних відходів (у загальному вигляді всі вони можуть бути названі підприємствами ядерного паливного циклу – ПЯПЦ). Головними місцями накопичення радіоактивних відходів є атомні станції, на яких здійснюється їх первинна переробка та тимчасове зберігання. На АЕС не існує повного циклу первинної переробки відходів відповідно до вимог норм, правил та стандартів з ядерної та радіаційної безпеки, що призводить до нераціонального використання сховищ та збільшує ризик радіаційних аварій. У 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС у тимчасових, не пристосованих для зберігання сховищах зберігається велика кількість радіоактивних відходів, серед яких є відходи ядерної енергетики. Головним джерелом небезпеки у 30-кілометровій зоні Чорнобильської АЕС залишається об'єкт «Укриття», в якому зосереджено небезпечні радіоактивні речовини та ядерні матеріали, радіоактивність яких становить близько 20 млн Кюрі;

– науково-дослідні та проєктні організації, які мають дослідні реактори, критичні збірки та стенди;

– ядерні енергетичні установки на морських та космічних судах і апаратах;

– стаціонарні військові об'єкти для зберігання ядерних боєприпасів і ракетні старти, а також транспорт, що перевозить радіоактивні матеріали;

– джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ) у багатьох сферах господарства і наукової діяльності. На сьогодні в Україні існує близько 8 тисяч підприємств та організацій, які використовують понад 100 тисяч ДІВ.

До радіаційно-небезпечних об'єктів відносяться також підприємства, які використовують у невеликих кількостях радіоактивні речовини та вироби на їх основі в тому числі прилади, апарати і установки, що не становлять ядерної небезпеки.

Крім техногенних (штучних) джерел радіоактивності існують і джерела радіоактивності природного походження. За геологічними та геохімічними природними особливостями Україна належить до держав з високим рівнем опромінення радоном. Середньозважена індивідуальна ефективна доза опромінення населення радоном-222 дорівнює 3,8 мЗв/рік.

Середня сумарна індивідуальна ефективна доза опромінення населення від джерел радіоактивності природного походження (насамперед, ^{222}Rn і ^{220}Rn

у приміщеннях та вміст ^{238}U і ^{226}Ra у питній воді з джерел підземного водопостачання становить 4,86 мЗв/рік).

З перерахованих вище ядерно небезпечних об'єктів найнебезпечнішим джерелом потенційної радіаційної небезпеки для персоналу, населення і оточуючого середовища є працюючі ядерні реактори. Це обумовлено накопиченням (чим потужніший реактор, тим більша кількість продуктів поділу накопичується в ньому за однаковий період роботи; їх сумарна активність залежить також від часу роботи реактора в період між його зупинками на чергову (планову) профілактику) і можливим викидом продуктів поділу ядерного палива вказаних об'єктів, а також інших джерел радіаційної небезпеки (сховищ відпрацьованого ядерного палива, транспортних та перевантажуючих контейнерів для транспортування ядерного палива і радіоактивних відходів, сховищ радіоактивних відходів тощо).

Величину накопиченої в реакторі активності можна розрахувати теоретично. Наприклад, у аварійному реакторі Чорнобильської АЕС накопичена на день аварії активність складала близько 5500 МКі.

Для забезпечення надійної роботи АЕС і радіаційної безпеки персоналу та населення проєктами передбачаються відповідні системи безпеки.

Під системами безпеки АЕС розуміють системи, призначені для запобігання аваріям та обмеження їх наслідків. За характером виконуваних ними функцій розрізняють:

- захисні;
- локалізуючі;
- керівні;
- забезпечувальні системи (елементи) безпеки.

Захисні системи (елементи) безпеки призначені запобігати (обмежувати) пошкодженням ядерного палива, оболонок тепловидільних елементів, контуру теплоносія і аваріям, що викликані порушенням контролю та управління поділу в активній зоні реактора, а також порушенням відведення тепла з реактора. До захисних відносяться системи аварійного захисту реактора (система бар'євих стержнів - поглиначів нейтронів, які опускаються в активну зону для управління ходом ланцюгової реакції і зупинки реактора) й аварійного охолодження.

Локалізуючі системи (елементи) безпеки мають запобігати чи обмежу-

вати розповсюдження радіоактивних речовин, що виділяються під час аварій, усередині станцій і вихід їх до оточуючого середовища. Для цього контур теплоносія розміщується в герметичних приміщеннях або повністю, або таким чином, щоб на випадок проектної аварії забезпечувалася локалізація радіоактивних речовин, що виділяються, в межах герметичних приміщень.

Керівні системи (елементи) безпеки призначені для ініціювання дій захисних і локалізуючих систем безпеки, здійснення контролю та керування ними у процесі виконання заданих функцій.

Забезпечувальні системи (елементи) безпеки призначені для постачання всіх систем безпеки енергією, робочим середовищем і створення необхідних умов для їх функціонування. Найважливішими складовими систем безпеки є дизель-генератори, які автоматично запускаються при знеструмленні АЕС у аварійній ситуації.

Безпека населення та оточуючого середовища забезпечуються включенням до проекту АЕС бар'єрів безпеки – незалежних одна від одної перешкод на шляху іонізуючих випромінювань від палива до навколишнього середовища.

Аварією на РНО називають непередбачений випадок, викликаний несправністю обладнання чи порушенням нормального ходу технологічного процесу, який створює радіаційну небезпеку для людей та оточуючого середовища.

Основними причинами аварій на АЕС можуть бути:

- втрата теплоносія внаслідок розриву трубопроводу відповідного контуру;
- пошкодження тепловиділяючих елементів через швидке підвищення потужності реактора;
- механічні пошкодження (внаслідок вибуху) систем водопостачання;
- розрив трубопроводу контуру робочого тіла.

Найбільш небезпечною, як для обслуговуючого персоналу, так і для населення, що мешкає поблизу АЕС, є аварія зі зруйнуванням активної зони, яка супроводжується масовим викидом радіоактивних речовин у зовнішнє середовище.

Залежно від меж розповсюдження радіоактивних речовин та масштабів радіаційних наслідків радіаційні аварії на радіаційно небезпечних об'єктах по-

діляються на декілька видів: промислові, комунальні, локальні, регіональні, глобальні та транскордонні.

Аварія промислова – це така радіаційна аварія, наслідки якої не поширюються за межі території виробничих приміщень і промайданчика об'єкта, аварійного опромінювання при цьому зазнає лише персонал.

Аварія комунальна – це така радіаційна аварія, наслідки якої не обмежуються приміщеннями об'єкта і його промайданчиком, а поширюються на оточуючі території, де проживає населення, яке може реально або потенційно зазнавати опромінювання.

Аварія локальна – це комунальна радіаційна аварія, якщо в зоні аварії проживає населення загальною кількістю до десяти тисяч чоловік.

Аварія регіональна – це така комунальна радіаційна аварія, при якій у зоні аварії потрапляють території кількох населених пунктів, один чи декілька адміністративних районів і навіть областей із загальною кількістю населення понад десять тисяч чоловік.

Аварія глобальна – це комунальна радіаційна аварія, під вплив якої підпадає значна частина або вся територія країни та її населення.

Аварія транскордонна – це така глобальна радіаційна аварія, коли зона аварії поширюється за межі державних кордонів країни, в якій вона відбулася.

На практиці можуть виникати випадки невеликих проливів, розсипань технологічних середовищ та відходів, що призводять до незначного радіоактивного забруднення приміщень, території, спецодягу персоналу. Ці випадки, якщо вони не призвели до опромінення персоналу та викиду радіоактивних речовин до зовнішнього середовища, відносяться до радіаційних інцидентів.

Ще на етапі проєктування РНО, передбачаючи початкову подію, яка здатна призвести до порушення його нормальної експлуатації, виділяють два типи аварій (проєктну, позапроєктну), для яких планують різні технічні та організаційні заходи.

Для проєктної аварії проєктом визначені початкові події і кінцеві стани та передбачені системи безпеки, що забезпечують, з урахуванням принципу одиничної відмови системи (каналу системи) безпеки або однієї, не залежної від початкової події, помилки персоналу, обмеження її наслідків встановленими для таких аварій межами.

Для позапроєктного типу аварій не передбачаються технічні заходи для

забезпечення радіаційної безпеки персоналу і населення, а тільки плануються організаційно-технічні заходи. Позапроектна аварія супроводжується переважно частковим або повним розплавленням активної зони реактора.

Для оцінки небезпеки позаштатних ситуацій на АЕС, однакового розуміння подій, що відбуваються, швидкого інформування населення, громадськості, державних органів і зацікавлених організацій (у тому числі міжнародних) щодо масштабів аварійного викиду та оперативної передачі повідомлень про значущість подій з точки зору безпеки у світі розроблена та використовується Міжнародна шкала оцінки ядерних подій на АЕС (таблиця 1.1).

Однак, при роботі АЕС виникає ще цілий ряд порушень у роботі обладнання, «аварійних зупинок блоків» атомних станцій, незапланованих викидів, які не враховані у наведеній міжнародній шкалі.

Таблиця 1.1 – Міжнародна шкала оцінки ядерних подій на АЕС

Рівень аварії	Тип	Критерії	Приклади
1	2	3	4
7	Велика аварія	Зовнішній викид значної частини радіоактивного матеріалу на великій установці (наприклад, з активної зони енергетичного реактора). Звичайно він складається з суміші коротко- та довгоживучих радіоактивних продуктів поділу (в кількостях, радіологічно еквівалентних десяткам тисяч терабеккерелей йоду-131). Такий викид призводить до можливості гострого впливу на здоров'я людей, уповільненого впливу на здоров'я в більшості районів, які, можливо, охоплюють території кількох країн, та до тривалих екологічних наслідків.	Чорнобильська АЕС, 1986 рік, Україна Аварія на АЕС Фукусіма-1, 2011 рік, Японія
6	Серйозна аварія	Зовнішній викид радіоактивних матеріалів (у кількостях, радіологічно еквівалентних тисячам/десяткам тисяч терабеккерелей йоду-131). Після такого викиду імовірно повне здійснення контрзаходів, передбачених місцевими планами протиаварійних заходів з метою обмеження серйозних наслідків для здоров'я.	Завод з переробки палива у Киштімі, 1957 рік, Росія

Продовження таблиці 1.1

5	Аварія, що супроводжується ризиком за межами майданчика	Зовнішній викид радіоактивного матеріалу (в кількостях, радіологічно еквівалентних сотням або тисячам терабеккерелей йоду-131). Такий викид може призвести до часткового здійснення контрзаходів, передбачених планами протиаварійних заходів з метою зниження імовірності впливу на здоров'я. Серйозне пошкодження ядерної установки. Воно може являти собою пошкодження значної частини активної зони реактора, велику аварію, пов'язану з критичністю, або велику пожежу чи вибух з викидом великої кількості радіоактивності в межах установки.	Реактор в Уіндскейлі, 1957 рік, Сполучене Королівство АЕС Три-Майл Айленд, 1979 рік, США
4	Аварія, що не супроводжується значним ризиком за межами майданчику	Зовнішній викид радіоактивності, що призводить до дози опромінення найбільш опромінених осіб за межами майданчика в кілька мілізіверт*. При такому викиді необхідність у контрзаходах за межами майданчика звичайно малоімовірна, за винятком, можливо, місцевого контролю продуктів харчування. Значне пошкодження ядерної установки. Така аварія може включати пошкодження ядерної установки, в результаті якого виникають серйозні проблеми з відновними роботами, як, наприклад, часткове розплавлення активної зони енергетичного реактора та подібні події на нереакторних установках. Опромінення одного чи кількох робітників, яке призводить до переопромінення з високою імовірністю ранньої передчасної смерті.	Завод з переробки палива в Уіндскейлі, 1973 рік, Сполучене Королівство АЕС Сен-Лоран, 1980 рік, Франція Критична збірка у Буенос-Айресі, 1983 рік, Аргентина
3	Серйозна подія	Зовнішній викид радіоактивності, який перевищує встановлені ліміти та призводить до дози опромінення найбільш переопромінених осіб за межами майданчика в десять частки мілізіверту*. При такому викиді контрзаходи за межами майданчика можуть не знадобитися. Події на майданчику, які призводять до доз опромінення персоналу, достатніх для виникнення гострих впливів на здоров'я, та/чи подія, що призводить до серйозного розповсюдження забруднення, наприклад, кількох тисяч терабеккерелей активності, які містяться у викиді до другої захисної оболонки, коли матеріал може бути повернено до відповідної зони зберігання. Інциденти, при яких подальша відмова систем безпеки може призвести до аварійних умов, або ситуація, коли системи безпеки будуть не в змозі відвернути аварію у випадку виникнення певних ініціюючих подій.	АЕС Вандельос, 1989 рік, Іспанія

Закінчення таблиці 1.1

2	Подія	Інциденти, що супроводжуються значною відмовою приладів забезпечення безпеки, але зі збереженням достатнього глибоко ешелонованого захисту, який забезпечує компенсацію додаткових відмов. Подія, що призводить до доз опромінення персоналу, які перевищують встановлений річний ліміт, та/чи подія, яка призводить до появи значних кількостей радіоактивності в зонах, не призначених для цього за проектом, що вимагає застосування корегуючих заходів.	
1	Аномалія	Аномалія, що виходить за межі дозволеного режиму експлуатації. Вона може бути обумовлена відмовою обладнання, помилкою людини чи невірним виконанням процедур. (Такі аномалії слід відрізняти від ситуацій, при яких не перевищуються експлуатаційні межі та умови і які можуть бути відповідним чином урегульовані згідно з належними процедурами. Зазвичай вони класифікуються як такі, що знаходяться «нижче шкали»).	
(нижче шкали) «нуль»	Відхилення	немає значення з точки зору безпеки	

Примітка. Дози опромінення виражаються в ефективних дозах. Ці критерії можуть також, залежно від обставин, виражатися відповідними лімітами річного викиду інфлюентів, дозволеними національними компетентними органами.

Набутий вітчизняний та закордонний досвід ядерної енергетики свідчить про те, що при роботі на АЕС та інших об'єктах ядерного паливного циклу в технологічному нормальному режимі радіаційний вплив на оточуюче середовище суттєво нижчий від природного. Принципово інша ситуація може склестися у разі великої ядерної чи радіаційної аварії, внаслідок яких радіоактивний вплив та забруднення можуть бути розповсюджені на значні території, природні, а також агроекологічні системи.

У нормальному режимі роботи радіаційно-небезпечного об'єкта (на відміну від аварійних ситуацій) здійснюється значна часова затримка радіонуклідів перед їх викидом до навколишнього середовища, внаслідок чого короткоживучі радіонукліди розпадаються переважно раніше, ніж потрапляють за межі технологічних систем. Існують і активно використовуються системи очищення викидів та скидів від середньо- і довгоживучих радіонуклідів, що, влас-

не, і дозволяє знизити радіаційний вплив на навколишнє середовище до безпечних рівнів.

На відміну від нормалізованих викидів (скидів) у аварійній ситуації надходження радіонуклідів залежно від типу аварії і заходів, які застосовуються з метою її обмеження, може відбуватися в різній фізико-хімічній формі та в кількостях, що значно перевищують гранично допустимі норми (рівні).

До числа основних чинників, які визначають радіоекологічні наслідки радіаційних аварій, можна віднести:

- параметри викиду, включаючи сумарну кількість радіонуклідів, що надійшли до навколишнього середовища, особливості формування і перенесення радіоактивної хмари, радіонуклідний та фізико-хімічний склад випадінь, час (пору року) викиду;

- екологічні особливості забрудненої території, в тому числі ґрунтовий покрив, природно-кліматичні умови, структура агропромислового виробництва та інші характеристики природних екосистем.

Найбільш складний характер носить ядерна аварія з руйнуванням реактора. Процес її протікання й розвитку радіаційної обстановки, на прикладі катастрофи на ЧАЕС, може бути представлений трьома фазами: ранньої, середньої й пізньої.

Рання фаза (РФА) включає проміжок часу від моменту виникнення аварійної ситуації до припинення викиду продуктів розпаду в навколишнє середовище й завершення формування радіаційних полів (осідання радіоактивних опадів). У цей період люди будуть піддаватися зовнішньому опроміненню – від радіоактивної хмари й радіоактивного забруднення місцевості й внутрішньому – за рахунок інгаляційного надходження радіонуклідів (насамперед йоду-131) в організм людини, що є найнебезпечнішим (критичним) видом опромінення. Тривалість фази буде залежати від особливостей аварії й ефективності заходів по її локалізації й може коливатися від кількох годин до кількох діб. У Чорнобилі викиди з аварійного реактора були припинені через 10 діб, а формування радіаційних полів закінчилося трохи пізніше (з осіданням пилу й аерозолів на землю) і залежало від відстані забруднених територій від ЧАЕС.

При деяких аваріях, в основному на реакторах типу РБМК, можлива наявність *початкової стадії ранньої фази аварії (ПС РФА)*, що характеризується виникненням аварійної ситуації в активній зоні реактора з високою ймовірніс-

тю викиду радіоактивних речовин і триває від початку виникнення аварійної ситуації й до викиду. Залежно від типу реактора й конкретних умов аварії тривалість початкової стадії може бути від декількох годин до доби.

Середня фаза аварії (СФА) триває від закінчення ранньої фази до завершення прийняття основних екстрених заходів по захисту населення. У цей період основний вплив радіації на людину буде включати зовнішнє опромінення від забрудненої радіонуклідами місцевості й, частково, внутрішнє опромінення за рахунок надходження радіонуклідів в організм із харчовими продуктами місцевого виробництва й водою з місцевих джерел водопостачання. Тривалість середньої фази буде залежати від масштабу аварії, наявності сил і засобів, що здійснюють проведення заходів щодо захисту населення, і обсягу цих заходів. При ліквідації аварії на ЧАЕС ця фаза тривала біля року.

Пізня фаза аварії (ПФА) триває доти, поки повністю не зникне необхідність у проведенні планових заходів захисту людей. Тут основну небезпеку для населення буде представляти надходження радіонуклідів в організм людини із продуктами місцевого виробництва, «дарунками лісу», а також зовнішнє опромінення, коли люди будуть перебувати на забруднених територіях по виробничій або особистій потребі.

Під час аварії на атомних станціях за межами санітарно-захисної зони АЕС може мати місце лише один уражальний чинник – радіоактивне забруднення навколишнього середовища. Воно буде мати певні особливості, на відміну від випадку ядерного вибуху, які необхідно враховувати, визначаючи способи та засоби захисту людей від радіоактивних продуктів викиду під час аварії на об'єктах ядерної енергетики.

Перша особливість. При аваріях на АЕС зі зруйнуванням реактора процес поділу ядерного палива після аварії не припиняється і реактор перетворюється на постійне джерело надходження радіоактивних продуктів до атмосфери. Цей процес відбуватиметься, доки реактор не буде ізольований від зовнішнього середовища, як це було зроблено після аварії на четвертому енергоблоці ЧАЕС (спорудження об'єкта «Укриття»).

Друга особливість. У реакторі АЕС окрім звичайних продуктів поділу ^{235}U додатково утворюється велика кількість (до 15 кг на 1 т ядерного палива) біологічно небезпечних ізотопів актинідів (нептунію, америцію, кюрію тощо) і плутонію. Окрім того, зараження реакторного походження характеризується

наявністю з ньому великої кількості найнебезпечніших газоподібних ізотопів (ксенону, криптону, йоду), а також довгоживучих радіонуклідів (стронцію, цезію). Забруднення місцевості відбувається за рахунок продуктів поділу ядерного палива, більшість із яких має відносно великі періоди напіврозпаду, і тому воно може існувати упродовж десятиків, сотень і навіть тисяч років.

Унаслідок ланцюгової реакції під час ядерного вибуху вихідна ядерна речовина майже миттєво практично повністю ділиться з мінімальним виходом ізотопів з гамма-випромінюванням, а радіоактивне забруднення місцевості відбувається переважно за рахунок наведеної радіації в частинках піднятого вибухом ґрунту, які, осідаючи на місцевості, створюють зону забруднення. Більшість радіоізотопів коротко- і середньоживучі, тому тривалість забруднення буде значно меншою, ніж під час аварії на АС.

Третя особливість. Радіоактивні речовини реакторного походження утворюються у вигляді газоподібних продуктів і дрібнодисперсних аерозолів (діаметром близько 1 мкм), здатних проникнути як до живих організмів, так і до різноманітних матеріалів. Під час ядерного вибуху забруднення місцевості відбувається за рахунок ґрунтового пилу, що адсорбує дрібнодисперсні радіоактивні структури. Частинки пилу мають достатньо великі розміри і можуть бути «затримані» будь-якими засобами індивідуального захисту, включаючи найпростіші.

Стаціонарний характер джерела зараження, а також часта зміна метеоумов призводять до збільшення масштабів і нерівномірності зараження, тоді як зараження місцевості під час ядерного вибуху має спрямований характер з плавним падінням щільності зараження залежно від відстані.

Під час аварій на АЕС можливі три (за формою) типи викидів.

1. Викид через вентиляційну трубу:

$$H_1 = H_{\Gamma} + H_{\Phi}, \quad (1.3)$$

де H_{Γ} – геометрична висота зрізу труби; H_{Φ} – висота підйому факелу викиду, яка дорівнює:

$$H_{\Phi} = \frac{1,5 \cdot w \cdot R}{v} \left[2,5 + \frac{3,3 \cdot g \cdot R (T_{\Phi} - T_B)}{T_B \cdot v} \right] \quad 1.4$$

де H_{Φ} – висота підйому факела викиду; w – початкова потужність потоку,

який виходить; R – радіус отвору труби; v – швидкість вітру на висоті труби; T_{ϕ} – температура факела викиду на зрізі труби; T_B – температура навколишнього повітря.

За існуючими концепціями позаштатних аварій на серійних реакторах вітчизняних АЕС ефективна висота викиду радіоактивних продуктів може сягати 1,5-2 км. Під час аварії на Чорнобильській АЕС саме висота викиду радіоактивних мас до атмосфери, що становила 2 км, визначила глобальний характер забруднення.

2. Просочування радіоактивного забруднення до будівлі реактора і звідти через нещільності до атмосфери:

$$H_2 = H_{\text{буд}}, \quad (1.5)$$

де $H_2 = H_{\text{буд}}$ – висота будівлі.

3. Викид безпосередньо зі зруйнованої будівлі та корпусу реактора.

Спад активності з часом при аварії на АЕС відбувається значно повільніше, ніж під час ядерного вибуху. Так, активність зараження місцевості при ядерних вибухах протягом першої години зменшується до 3000 разів, через 10 діб – в 1000000 разів, а при аварії на АЕС, відповідно, у 2,5 і 3 рази. З часом ізотопний склад при аваріях на АЕС змінюється у бік збільшення відносної кількості довгоживучих біологічно небезпечних радіонуклідів.

Важливою особливістю радіоактивного забруднення місцевості при аварії на АЕС є неоднорідність його розповсюдження на площині, «плямистість», що пов'язана з впливом на осадження радіоактивного пилу під час переміщення радіоактивної хмари висхідних та низхідних повітряних потоків.

Зараженню, що утворюється внаслідок аварії на АЕС, притаманні суттєві особливості уражальної дії. Під час ядерного вибуху – це тільки зовнішнє гамма-опромінення людей, при аварії ж на АЕС – це зовнішнє гамма-опромінення і внутрішнє альфа-, бета- гамма-опромінення людей.

Отже, для об'єктивного визначення обстановки під час виникнення надзвичайних подій на ядерно- (радіаційно-) небезпечних об'єктах одним із найбільш важливих питань є знання технології виробництва, причин можливих аварій та наслідків тих чи інших надзвичайних ситуацій, що можуть трапитися на подібних об'єктах.

1.5. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на хімічно-небезпечних об'єктах

У світі виготовляється більше 1 млн найменувань хімічних речовин в рік, причому в промислове виробництво, сільське господарство та сферу побуту щорічно впроваджується приблизно 1000 нових хімікатів.

Номенклатура небезпечних вантажів у світі включає близько 3000 найменувань, з яких 100 приходить на долю сильнодіючих отруйних речовин.

Сучасні підприємства хімічної, нафтохімічної промисловості характеризуються не тільки великим різноманіттям технологічних процесів, але і великою номенклатурою застосовуваної сировини, одержуваних продуктів, що мають велику пожежовибухонебезпеку, а також токсичні властивості.

Сьогодні в країнах СНД продовжують експлуатуватися більше 1000 великих хімічних об'єктів з великою кількістю отруйних та вибухонебезпечних речовин.

Хімічна промисловість України включає сьогодні більше 80 об'єднань і підприємств, що виробляють близько 2-х десятків тисяч найменувань хімічної галузі.

Найбільш великими хімічними об'єктами України є Горлівське ВАТ «Концерн Стирол», ВАТ «Азот» (м.Рівне), Черкаське ВАТ «Азот», Черкаське ВАТ „Хімволокно”, ВАТ „Сумихімпром”, ДАК (державна акціонерна компанія) „Титан” (АР Крим), Державне підприємство „Аргентум” (м.Львів), Одеський державний припортовий завод, Сєвєродонецьке ДВ „Об'єднання Азот”, ВАТ „Укрпластик”, ВАТ „Дніпрошина”, Запорізьке ДП „Кремній полімер” і ін.

На відміну від інших хімічних виробництв, на цих об'єктах виробництво промислової продукції практично не перетерпіло змін.

Найбільший приріст випуску продукції спостерігався у виробництві базової хімічної продукції – 13,8 %, лакофарбових матеріалів – 19,4 %, виробництва товарів побутової хімії – 11,4 %, хімічних волокон та ниток – 63,2 %, випуск пластмасових виробів зріс 45,5 %, випуск гумових виробів – на 42,2 %. Слід відмітити, що в галузі нарощуються обсяги виробництва сірчаної кислоти, каустичної соди, кальцинованої соди, пігментного діоксиду титану, хлору, адипінової кислоти, вуглеводнів, пластмас, шин. Зростає також експорт хіміч-

ної продукції – синтетичний аміак, кальцинована сода, хлорвініл, оцтова та адипінова кислоти, етилен, пропілен, бензол, мінеральні добрива (карбамід). Експорт шинної продукції з 192 тис. шт.(7,5 млн дол.) до 689 шт (21 млн дол.).

Аналіз стану і перспектив розвитку хімічної галузі дозволив виділити основні напрямки хімічного виробництва, де необхідна стратегія промислової безпеки. Це такі потенційно небезпечні виробництва:

- виробництво аміаку;
- мінеральних добрив (аміачна селітра, карбамід);
- пластмас;
- лаків та фарб.

На жаль сьогодні продукція галузі є неконкурентоспроможною. Матеріалоемність та енергоемність основних хімічних виробництв у 1,5 -5 разів вища, ніж в іноземних державах, 80-88% основних фондів морально застаріли. Іноземні інвестиції в хімічну галузь становлять лише 5%, хоча галузь є однією з найбільших експортерів в економіці України: 75% усіх обсягів випуску хімічної продукції йде на експорт (з них 80% становлять мінеральні добрива).

Одними з пріоритетних напрямків роботи наукових установ хімічної галузі є розробка енергозберігаючих та ресурсозберігаючих технологій, а також утилізація небезпечних відходів (наприклад, утилізація сірководневих газів). Сьогодні важливим є забезпечення виробництва шин (автомобільних та авіаційних) полімерною сіркою, яка застосовується як вулканізуючий агент. Також полімерна сірка застосовується як домішка до бетонних та асфальтових композицій, що різко покращують експлуатаційні характеристики дорожніх покриттів. Виробництва полімерної сірки в країнах СНД немає. 80 % обсягів світового випуску сірки виробляється із природного газу.

Найбільш техногенно-небезпечними об'єктами є виробництва з обертанням, небезпечних хімічних речовин, горючих речовин і матеріалів, виробництва, пов'язані з веденням процесів при критичних параметрах (тиск, температура й ін.), зі складним апаратурним оформленням. До таких об'єктів слід віднести газо- і нафтопроводи, об'єкти хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної промисловості, склади нафти і нафтопродуктів, об'єкти енергетики, виробництва з обертанням пилу і волокон та ін.

Слід зазначити, що забезпечення безпеки промислових об'єктів є складною задачею, тому що насамперед залежить не тільки від правильної оцінки

техногенної небезпеки об'єкта, але і знання характерних небезпек технологічних процесів, поглибленого їхнього аналізу, виділення найбільш небезпечних об'єктів, виходячи з особливостей розвитку галузі в цілому.

Терміни, що розглядаються нижче, даються у відповідності з їх визначенням у ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять».

Аварія з викиданням, проливанням небезпечних хімічних речовин – аварія на хімічно небезпечному об'єкті, що супроводжується викиданням (проливанням) небезпечних хімічних речовин, які можуть призвести до загибелі чи ураження людей або хімічного забруднення навколишнього природного середовища.

Небезпечна хімічна речовина (НХР) – хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої на людину може спричинити загибель, гостре або хронічне захворювання людей, завдає шкоди навколишньому середовищу.

Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) – об'єкт, на якому використовують, переробляють, зберігають або транспортують небезпечні хімічні речовини, у разі аварії на якому чи під час руйнування якого можуть загинути чи отримати ушкодження люди, а також це може призвести до хімічного забруднення навколишнього середовища.

Хімічне забруднення – розповсюдження небезпечних хімічних речовин у навколишньому середовищі в концентраціях чи кількостях, що протягом певного часу створюють загрозу життю та здоров'ю людей і/або негативно впливають на навколишнє природне середовище.

Викидання (проливання) небезпечної хімічної речовини – викидання (проливання) в разі розгерметизації технологічних установок, місткостей для зберігання чи транспортування небезпечної хімічної речовини (продукту) за певний проміжок часу і кількістю, що може спричинити техногенну надзвичайну ситуацію.

Зона хімічного забруднення – територія чи акваторія, у межі якої потрапили небезпечні хімічні речовини у концентраціях чи кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому природному середовищу.

Хмара НХР – це суміш парів і дрібних крапель НХР з повітрям в обсягах (концентраціях), небезпечних для довкілля (уражальних концентраціях). Роз-

різняють первинну і вторинну хмару забрудненого повітря.

Первинна хмара НХР – це пароподібна частина НХР, яка є в будь-якій ємності над поверхнею зрідженої НХР і яка виходить в атмосферу безпосередньо при руйнуванні ємності без випару з підстилаючої поверхні.

Вторинна хмара НХР – це хмара НХР, яка виникає протягом певного часу внаслідок випаровування НХР з підстильної поверхні (для легколетючих) речовин, час розвитку вторинної хмари після закінчення дії первинної хмари відсутній, для інших речовин він залежить від властивостей НХР, стану обвалування та температури повітря.

У наш час у промисловості, сільському господарстві, інших сферах економіки використовується велика кількість різних хімічних токсичних речовин.

Крім цього небезпечного потенціалу набуває багато підприємств, транспорт і інші техногенні джерела, що постійно забруднюють природне середовище в процесі свого функціонування.

Вплив усього цього комплексу небезпечних хімічних речовин (НХР) являє певну загрозу для життя й здоров'я населення.

За *критерієм характеру впливу* на населення НХР можна умовно розбити на *три групи*:

- аварійно хімічні небезпечні речовини (АХНР), використовувані в економіці, здатні викликати масові поразки населення при аваріях на об'єктах;
- постійно діючі хімічні небезпечні речовини (ПДХНР), що систематично чинять шкідливий вплив на організм людини;
- бойові хімічні небезпечні речовини (БХНР), здатні викликати поразки населення при їхньому бойовому застосуванні можливим супротивником або при аваріях на об'єктах їхнього тимчасового зберігання і на підприємствах по знищенню.

Класифікація аварійно хімічно небезпечних речовин може бути проведена за наступними ознаками:

за основними фізико-хімічними властивостями та умовами зберігання:

- рідкі та летючі, що зберігаються під тиском (стиснені та скраплені гази) хлор, аміак, сірководень, фосген та ін.;
- рідкі та летючі, що зберігаються в ємностях без тиску – синильна кислота, нітрил, антилова кислота, хлорпикрин тощо;
- кислоти, що димлять – сірчана, азотна, соляна тощо;

– сипучі та тверді нелетючі при температурі зберігання до 40⁰С – сулема, фосфор, жовтий, миш'яковистий ангідрид;

– сипучі та тверді летючі речовини, при температурі зберігання до 400С – солі синильної кислоти, меркурани тощо.

за класом небезпеки (ступінь впливу на організм людини):

– надзвичайно небезпечні,

– високо небезпечні;

– помірно небезпечні;

– мало небезпечні.

Відповідно до токсикологічної класифікації всі НХР поділяють на шість груп:

перша – речовини з переважно задушливою дією (хлор, трихлористий фосфор, фосген, хлориди сірки тощо) впливають на організм людини через вдихання парів, через деякий час ці речовини викликають токсичний набряк легенів.

друга – речовини переважно загально-токсичної дії (кислота синильна, вуглецю діоксид тощо) – викликають гострі порушення енергетичного обміну в організмі та поділяються на отрути крові, гемолітичні отрути, тканинні отрути (інгібітори ферментів дихальної системи, відокремлювач процесів окислення), а також речовини, які виснажують запаси субстратів для процесів біологічного окислення. Уразі потрапляння до організму людини смертельних доз з'являються клонікотонічні судоми, різкий ціаноз, гостра серцево-судинна недостатність, зупинка дихання.

третья – речовини, яким властива задушлива і загально отруйна дія (сірководень, сульфатний ангідрид, азоту оксид тощо) мають здатність до сильної опікової дії, що значно ускладнює надання допомоги потерпілим. У разі високих концентрацій спостерігаються судоми, знепритомніння, глибокий наркоз зі зникненням усіх рефлексів.

четверта – нейротропні отрути, що діють на виникнення, проведення і передавання нервових імпульсів (ФОС, сірковуглець) діють на нервову систему людини. Уразі високих концентрацій - це глибокий наркоз зі зникненням усіх рефлексів. Падіння артеріального тиску, порушення серцевого ритму.

п'ята – речовини із задушливою і нейротропною дією (аміак, гептил, гідразин тощо) – викликають гіпертонію, кон'юнктивіт носоглотки, кашель,

блювання. При високих концентраціях – набряк губ і кон'юнктиви, кашель з мокротинням, ціаноз, тахікардія.

шоста – метаболічні отрути (отрути) (діоксан, метилбромід, метилхлорид, спирт метиловий) втручаються в процес метаболізму речовин в організмі. Отруєння ними характеризується відсутністю певної реакції організму на отруту, але поступово у процес ураження втягується багато органів.

за ступенем горючості:

- негорючі речовини – фосген, діоксан;
- негорючі, пожежонебезпечні речовини – хлор, азотна кислота, чадний газ, фтористий водень, хлорпикрин;
- важкогорючі речовини – скраплений аміак, ціаністий водень;
- горючі речовини – газоподібний аміак, гептил, сірковуглець, гідразин, оксиди азоту, дихлоретан тощо.

Хімічні об'єкти відносяться до потенційно небезпечних об'єктів для яких діють вимоги закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки». Згідно цього закону всі потенційно небезпечні об'єкти повинні пройти ідентифікацію у відповідності з постановою Кабінету Міністрів України від 11.07. 2002 р. №956 «Порядок ідентифікації та обліку об'єктів підвищеної небезпеки».

Найбільшу небезпеку для населення представляють аварії на ХНО.

ХНО можуть класифікуватися за наступними показниками:

за сферою використання:

- підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості, що виготовляють та використовують аварійно хімічні небезпечні речовини;
- підприємства целюлозно-паперової, текстильної, металургійної, харчової та інші видів промисловості, що використовують у своїх технологіях аварійно хімічні небезпечні речовини;
- промислові холодильні установки;
- водоочисні споруди;
- залізничні станції, порти, термінали і склади тимчасового зберігання НХР;
- транспортні засоби (контейнери, наливні поїзди, автоцистерни, річкові та морські танкери, трубопроводи тощо);
- склади тимчасового зберігання біологічних небезпечна речовина (БНР);
- підприємства по знищенню БНР.

за способами та умовами зберігання:

- скраплені гази (наземне);
- стиснені гази (наземне);
- рідини (наземне);
- тверді речовини (наземне).

Для визначення *категорії ХНО* встановленні критерії – кількість населення, що потрапляє в зону можливого (прогнозованого) хімічного ураження (ЗМХУ), що представляє собою площу кола, обкресленого радіусом, який дорівнює найбільшій глибині розповсюдження хмари ураженого повітря з пороговою концентрацією.

Усього в Україні налічується близько 1,5 тис. хімічно-небезпечних промислових об'єктів, де зберігається, використовується понад 300 тис. тон небезпечних хімічних речовин, зокрема понад 9 тис. тон хлору, 200 тис. тон аміаку та близько 100 тис. тон інших небезпечних хімічних речовин.

Ці об'єкти розподілені за *ступенями хімічної небезпеки*:

- I ступінь – 75 об'єктів (у зонах можливого хімічного зараження від кожного з них мешкає більше 3 тис. чол.);
- II ступінь – 191 об'єкт (у зонах можливого хімічного зараження від кожного мешкає від 0,3 до 3 тис. чол.);
- III ступінь – 408 об'єктів (у зонах можливого хімічного зараження від кожного мешкає від 0,1 до 0,3 тис. чол.);
- IV ступінь – 901 об'єкт (у зонах можливого хімічного зараження від кожного мешкає менше 0,1 тис. чол.).

Всього у зонах можливого хімічного зараження від цих об'єктів мешкає понад 17 млн чол. (35 % від населення країни).

Понад 400 адміністративно-територіальних одиниць мають ступень хімічної небезпеки, з них до I ступеня хімічної небезпеки (в зоні хімічного ураження знаходиться понад 50 % мешканців) віднесено понад 90 адміністративно-територіальних одиниць, до II ступеня хімічної небезпеки (від 30 до 50 % мешканців) – понад 20, до III ступеня (від 10 до 30 %) – більше 70, до IV ступеня (до 30 %) – 245.

При хімічній аварії на хімічно небезпечних об'єктах може діяти комплекс уражальних факторів:

- безпосередньо на об'єкті аварії – токсичний вплив ХНР, ударна хвиля за

наявністю вибуху, тепловий вплив та вплив продуктами згоряння при пожежі;
– ззовні об'єкта аварії – в районах розповсюдження зараженого повітря тільки токсичний вплив як результат хімічного ураження навколишнього середовища.

Основним уражальним фактором при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах є токсичний вплив аварійно хімічно небезпечних речовин, як безпосередньо при аварійному викиді (проливі), так і при хімічному зараженні навколишнього середовища.

Серед НС техногенного характеру аварії на хімічно небезпечних об'єктах займають одне з найважливіших місць. Інколи втрати при таких аваріях можуть бути порівнянні із втратами від застосування ядерної зброї.

Про реальність хімічної небезпеки, що існує у світі, свідчать численні аварії, в тому числі і пожежі та вибухи, що мали місце в останні роки в різних країнах світу.

Під *масштабом хімічного зараження* розуміються просторові межі (лінійні розміри й площі) прояви наслідків аварій і руйнувань об'єктів, що містять ХНР; *під тривалістю* – часові межі проявів наслідків аварії або руйнувань об'єктів, що містить ХНР.

Неконтрольовані викиди ХНР характеризуються частковим або повним руйнуванням технологічного устаткування, систем захисту, оболонок резервуарів. Вони можуть супроводжуватися пожежами й вибухами газо- і пароповітряних сумішей, що обумовлюють повторні руйнування устаткування й ушкодження сусідніх об'єктів.

Характер аварій на ХНО й поводження ХНР при аварії багато в чому залежать від способів зберігання ХНР на цих об'єктах, які можуть бути:

- у резервуарах під тиском насичених парів (16-18 кг/см²);
- в ізотермічних сховищах (ємності штучно охолоджуються) під тиском, що приблизно дорівнює атмосферному (зріджені гази);
- при температурі навколишнього середовища й тиску 0,7 – 30 кг/см² (стиснені гази);
- в закритих ємностях при атмосферному тиску й температурі навколишнього середовища (рідини).

У випадку руйнування оболонки ємності, що містить ХНР під тиском, і наступного розливу великої кількості ХНР у піддон (обвалування), його над-

ходження в атмосферу може відбуватися протягом тривалого часу. *Процес випаровування* при цьому можна умовно розділити на три періоди.

Перший період – бурхливе, майже миттєве, випаровування за рахунок різниці пружності насичених парів ХНР у ємності й парціального тиску у повітрі. У цей час в атмосферу надходить основна кількість парів речовини й утвориться первинна хмара. Крім того, частина ХНР переходить у пару за рахунок зміни тепломісткості рідини, температури навколишнього повітря й сонячної радіації. Враховуючи, що за даний період часу випаровується значна кількість ХНР, може утворитися хмара з концентрацією ХНР, яка значно перевищує смертельну.

Другий період – нестійке випаровування ХНР за рахунок тепла поверхні, на яку потрапила рідина (піддона, обвалування), зміни тепломісткості рідини й припливу тепла від навколишнього повітря. Цей період характеризується різким падінням інтенсивності випаровування з одночасним зниженням температури рідкого шару нижче температури кипіння.

Третій період – стаціонарне випаровування ХНР, що розлилася, за рахунок тепла навколишнього повітря, що може тривати на протязі кількох годин й навіть діб – відбувається утворення вторинної хмари.

Найнебезпечнішою стадією аварії в цьому випадку є перші 10 хв., коли випаровування ХНР відбувається найбільш інтенсивно. При цьому, у перший момент викиду зрідженого газу, що перебуває під тиском, утвориться аерозоль у вигляді важкої хмари, що моментально піднімається вгору до 20 м, а потім під дією власної ваги опускається на ґрунт. Межі хмари спочатку дуже виразні й тільки через 2-3 хв. розмиваються. На цьому етапі, формування й напрямку руху хмари носить вкрай невизначений характер, обумовлений тим, що передбачити його місце знаходження, керуючись тільки метеорологічними умовами, неможливо. Радіус хмари може досягати 0,5-1 км і більше.

У випадку розриву оболонки ізотермічного сховища й наступного розливу великої кількості ХНР у піддон (обвалування) характерні фази: спочатку нестационарного, а потім стаціонарного випаровування. Утвориться, в основному, вторинна хмара. Кількість речовини, що переходить у первинну хмару, не перевищує 3-5 %.

При розкритті оболонок з висококиплячими рідинами утворення первинної хмари (якщо не було попереднього перегріву оболонки) не відбувається.

ся. Випаровування рідини відбувається за стаціонарними процесами й залежить від фізико-хімічних властивостей ХНР і температури навколишнього повітря. З огляду на малі швидкості випаровування висококиплячих ХНР, вони будуть становити небезпеку тільки для людей, що безпосередньо перебувають у зоні аварії.

Основними чинниками хімічної небезпеки в Україні є:

- заводи і комбінати хімічних галузей промисловості;
- промислові підприємства, які утримують на своїй території хімічні речовини, що не використовуються у виробництві і потребують утилізації;
- заводи (комплекси) з переробки нафтопродуктів;
- підприємства, які мають на оснащенні холодильні установки, водонапірні станції і очисні споруди, які використовують хлор або аміак (особливо - ізотермічні сховища аміаку);
- залізничні станції і порти, де концентрується продукція хімічних виробництв;
- термінали і склади на кінцевих пунктах переміщення ХНР;
- транспортні засоби, контейнери і наливні поїзди, автоцистерни, річкові і морські танкери, що перевозять хімічні продукти;
- магістральні аміако- та етиленопроводи; склади та бази, на яких знаходяться запаси речовин для дезінфекції, дератизації сховищ для зерна і продуктів його переробки;
- склади і бази із запасами отрутохімікатів для сільського господарства).

Великою проблемою для України залишається забезпечення належних умов зберігання, утилізації та знешкодження відходів. Загальна площа земель, зайнятих під нагромадження відходів (відвали, терикони, шламонакопичувачі, звалища тощо), становить понад 160 тис га, а загальна кількість відходів перевищує 5 млрд. тон, причому близько 60 млн тон відносяться до 1-3 класів хімічної небезпеки. Недотримання вимог до їх зберігання причиняє забруднення ґрунтів, поверхневих і підземних вод та атмосферного повітря.

Рівень безпеки хімічних, нафтохімічних та нафтопереробних виробництв характеризується як моральним старінням застосовуваних технологій, так і ресурсним зношенням, моральним та фізичним старінням основних фондів. Близько 140 тис. одиниць технологічного обладнання та транспортних засобів хімічного комплексу (близько 1 %) не відповідають вимогам безпеки, а

понад 16,2 тис. одиниць (12 %) технологічного обладнання вичерпали встановлений ресурс експлуатації, (0,6 % технологічних процесів хімічних виробництв не відповідають вимогам безпеки.

На підприємствах хімічного комплексу близько 900 (12 %) будівель та споруд не проходили капітальних ремонтів, близько 125 будівель та споруд не відповідають вимогам будівельних норм та правил, а понад 40 знаходиться в аварійному стані.

Проблематичним залишається питання щодо поводження з непридатними до використання пестицидами та забруднення земель сільськогосподарського призначення.

В Україні на 5831 складі зберігається близько 22 тис. тон непридатних та заборонених до використання хімічних засобів захисту рослин, їх сумішей, пестицидів. Найбільша кількість їх зберігається на території Вінницької обл. (до 2 тис. тон), Харківської обл. (до 1.1 тис. тон), Полтавської обл.. (до 760 т).

Аналіз статистичних даних дає можливість виділити найбільш характерні небезпеки хімічних виробництв:

- утворення вибухонебезпечної хмари паро-газоповітряних сумішей над територією підприємства та поблизу розміщених житлових районів, а також в об'ємі приміщень виробничих будівель;

- утворення вибухонебезпечних паро -газових сумішей в апаратурі та ініціювання вибуху їх внутрішніми джерелами спалахування в апаратурі та трубопроводах;

- утворення рідких або твердих вибухонебезпечних продуктів та накопичення їх в апаратурі, а також ініціювання вибуху внутрішніми джерелами запалювання;

- утворення вибухонебезпечних пило-повітряних сумішей у виробничих приміщеннях та в апаратурі і ініціювання вибуху внутрішніми та зовнішніми джерелами спалахування;

- прояви зовнішніх джерел спалахування, ініціювання вибуху паро газових та рідинних технологічних викидів.

Безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів залежить від багатьох чинників:

- фізико-хімічні властивості сировини;
- характер технологічного процесу;

- конструкція та надійність технологічного обладнання;
- умови зберігання транспортування хімічних речовин;
- стан контрольно-вимірних приладів та засобів автоматизації;
- ефективність засобів протиаварійного стану тощо.

Таким чином, техногенна небезпека хімічно небезпечних об'єктів буде залежати від багатьох факторів, найбільш значущими з яких є вид та умови зберігання небезпечних хімічних речовин. Аварійність об'єкта буде залежати від конструкції та надійності технологічного обладнання, а також від їх стану та стану засобів протиаварійного захисту.

1.6. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на пожежовибухонебезпечних об'єктах

Однією з актуальних проблем сучасності є попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, які можуть супроводжуватися численними людськими жертвами, великими матеріальними втратами та порушенням умов життєдіяльності. Знання основних небезпек, що несуть в собі надзвичайні ситуації техногенного характеру, дає можливість своєчасно оцінити рівень небезпеки тієї чи іншої НС та завчасно задіяти комплекс організаційно-технічних рішень для їх попередження або обмеження розвитку у разі їх виникнення.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру відносяться ситуації, що пов'язані із пожежами та вибухами на промислових об'єктах.

До об'єктів вибухопожежонебезпечних та пожежонебезпечних, у першу чергу, слід віднести об'єкти, до яких належать:

- підприємства хімічної, нафтохімічної та нафтопереробної промисловості;
- підприємства, що пов'язані зі зберіганням та транспортування продуктів нафтогазодобування, нафтогазопереробки, а також сировини, проміжних і кінцевих продуктів хімічних виробництв;
- об'єкти енергетики.

У наслідок експлуатації таких об'єктів виникають пожежі та вибухи, що іноді досягають масштабів катастроф. Всього з початку року виникло 44454

пожежі. З них 26362 – у житловому секторі; 1444 – у виробничій сфері; 2169 – на транспорті; 12325 – інші. В результаті пожеж загинуло 1877 осіб, 1104 – постраждало.

Пожежа являє собою позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для життя та здоров'я людей і навколишнього природного середовища.

Виникнення й розвиток процесу горіння можливий при наявності горючого матеріалу, окислювача (його роль звичайно виконує кисень повітря) і джерела запалювання. Горючий матеріал може перебувати у твердому, рідкому й газоподібному стані, а також у вигляді аерозольної хмари (дрібнодисперсного пилу або туману).

Джерелом запалювання найчастіше є іскра або полум'я, однак у ряді випадків воно може відбуватися й без джерела в результаті самозаймання або самозагоряння. Під *самозагорянням* розуміють властивості деяких горючих речовин загорятися без джерела запалення від одного контакту з окислювачем (повітрям, водою або іншою речовиною). При цьому горіння може починатися при температурі 10-20 °С. *Самозаймання* – це процес самоприскорення реакції окислювання з виділенням тепла й переходом її у фазу горіння. Температура загоряння при самозайманні для більшості горючих матеріалів становить кілька сотень градусів (для деревини 250 – 400 °С).

У просторі, де розвивається пожежа, можна виділити три зони:

- зона горіння;
- зона теплового впливу, де не можна перебувати без спеціального теплового захисту (температура на зовнішній межі цієї зони становить 60-70 °С);
- зона задимлення з небезпекою для життя й здоров'я.

Інтенсивність горіння при пожежі залежить від швидкості надходження в зону горіння кисню з навколишнього середовища а також від горючості речовини, яка складає пожежну навантагу.

Відповідно пожежі класифікуються:

- *за видом горючого матеріалу* (див. табл. 1.2).
- *за видом джерела запалювання* і в свою чергу вони поділяються на ті, що виникають від:
 - відкритого вогню, розпечених продукти горіння та нагрітих ними поверхонь;

- теплових проявів механічної енергії;
- теплових проявів електричної енергії;
- теплових проявів хімічних реакцій;
- *за ознаками зміни площі:*
 - ті, що поширюються;
 - ті, що не поширюються;
- *за масштабом:*
 - окремі – коли горить одна споруда (будинок);
 - суцільні – одночасне горіння більшості будинків і споруджень на ділянці забудови;
 - масові – сукупність окремих і суцільних пожеж;
 - вогневий шторм.

Класифікація пожеж залежно від матеріалу, що горить, викладена у ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж», який відповідає європейському першоджерелу EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT та наведено у табл. 1.2.

При слабкому вітрі, низькій вологості й суцільній забудові будинками з низкою вогнестійкістю (горінні нафтопродуктів на великій площі) масова пожежа може переростати у вогневий шторм, що представляє собою утворення одного гігантського турбулентного факела з радіальним припливом повітря до центра пожежі. Швидкість висхідного потоку при цьому може досягати 60-100 км/год, швидкість припливу повітря ззовні – 50-60 км/год і температура в центрі пожежі доходить до 1000 °C й більше.

За умовами масо- і теплообміну з навколишнім середовищем пожежі можуть бути:

- внутрішніми (в огороженні);
- відкритими (на відкритій місцевості);
- тління й горіння в завалах (руїнах) будинків підвищеної й високої вогнестійкості після потужного вибуху, що призвів до руйнування будинку й пожежі.

Таблиця 1.2 – Характеристика класу пожеж

Клас пожежі	Характеристика класу пожежі	Характеристика підкласу пожежі
	Горіння твердих речовин	Горіння твердих речовин, що: супроводжується тлінням (наприклад, дерева, паперу, соломи, вугілля, текстильних виробів); не супроводжується тлінням (наприклад, пластмаси).
	Горіння рідких речовин	Горіння рідких речовин, що: не розчиняються у воді (наприклад, бензину, ефіру, нафтового палива), а також зріджуваних твердих речовин (наприклад, парафіну); розчиняються у воді (наприклад, спирту, метанолу, гліцерину).
	Горіння газоподібних речовин	Горіння газоподібних речовин (наприклад, побутового газу, водню, пропану)
	Горіння металів	Горіння металів: легких (наприклад, алюмінію, магнію та їх сплавів); лужних та інших подібних металів (наприклад, натрію, калію); металовмісних сполук (наприклад, металоорганічних сполук, гідридів металів).
	Горіння речовин (рослинні і тваринні олії та жири)	Горіння речовин, які використовують для приготування їжі (рослинні і тваринні олії та жири) і містяться в кухонних приладах.
	Горіння електроустановок	Горіння електроустановок, що перебувають під напругою електричного струму до 1000 В.

Примітка: Даний стандарт не передбачає визначення конкретного класу Е пожежі, що супроводжується горінням електрообладнання під напругою

Внутрішні пожежі це пожежі усередині приміщень пов'язані з горінням твердих горючих матеріалів і починається із загоряння, що ініціюється відкритим полум'ям. Поступово за рахунок збільшення температури й інтенсифікації газообміну горіння підсилюється й з локального переходить у загальне. При досягненні температури в 100 °С починається руйнування віконного скла, зро-

стає приплив кисню, полум'я виривається назовні й може перекидатися на сусідні будівлі. Поширення горіння можливо також за рахунок теплового випромінювання й перекидання іскор і горючих елементів (головешок). Окремі голівешки можуть перекидатися на відстані до 150-200 м.

Причинами загибелі людей при внутрішній пожежі в 10-15 % випадків є опіки, в 3-5% – обвалення й падіння палаючих конструкцій і 60-70 % смертельних випадків припадає на отруєння чадним газом і токсичними продуктами горіння, що пов'язане з їхніми високими концентраціями й швидким поширенням по коридорах і сходових клітках. небезпека для людини настає вже через 0,5-6 хвилин після початку пожежі, тому евакуація з приміщень, охоплених вогнем, повинна здійснюватися негайно.

Критичний час евакуації визначають по температурі усередині приміщення (до 60 °C), по утворенню небезпечних концентрацій шкідливих речовин (виходять із середньої швидкості поширення продуктів згоряння по коридорах (30 м/хв) і по втраті видимості (небезпечним вважається задимлення при видимості не більше 3 м).

До *відкритих пожеж* відносяться пожежі на складах деревини, на газових і нафтових розробках, лісові, торф'яні й інші пожежі, що виникають на відкритих ділянках місцевості. Загальною їхньою особливістю є відсутність нагромадження тепла в газовому просторі зони горіння. Теплообмін відбувається з усім навколишнім повітрям, газообмін більш інтенсивний. Всі процеси на відкритій пожежі в значній мірі залежать від інтенсивності й напрямку вітру, вологості повітря й інших метеоумов. Зона теплового впливу визначається в основному променистим тепловим потоком, тому що конвекційні теплові потоки йдуть нагору. За винятком лісових і торф'яних пожеж зона задимлення гасінню пожеж істотно не перешкоджає.

Як наслідком пожежі є вибух. Вибух, як уже було сказано, являє собою швидкоплинний процес хімічного або фізичного перетворення речовини, що супроводжується вивільненням великої кількості енергії в обмеженому об'ємі. У результаті вибуху утворюється й поширюється ударна хвиля, здатна створити загрозу життю й здоров'ю людей, завдати шкоди економіці й навколишньому середовищу, а також стати джерелом аварії.

Класифікація вибухів дана на рисунку 1.3.

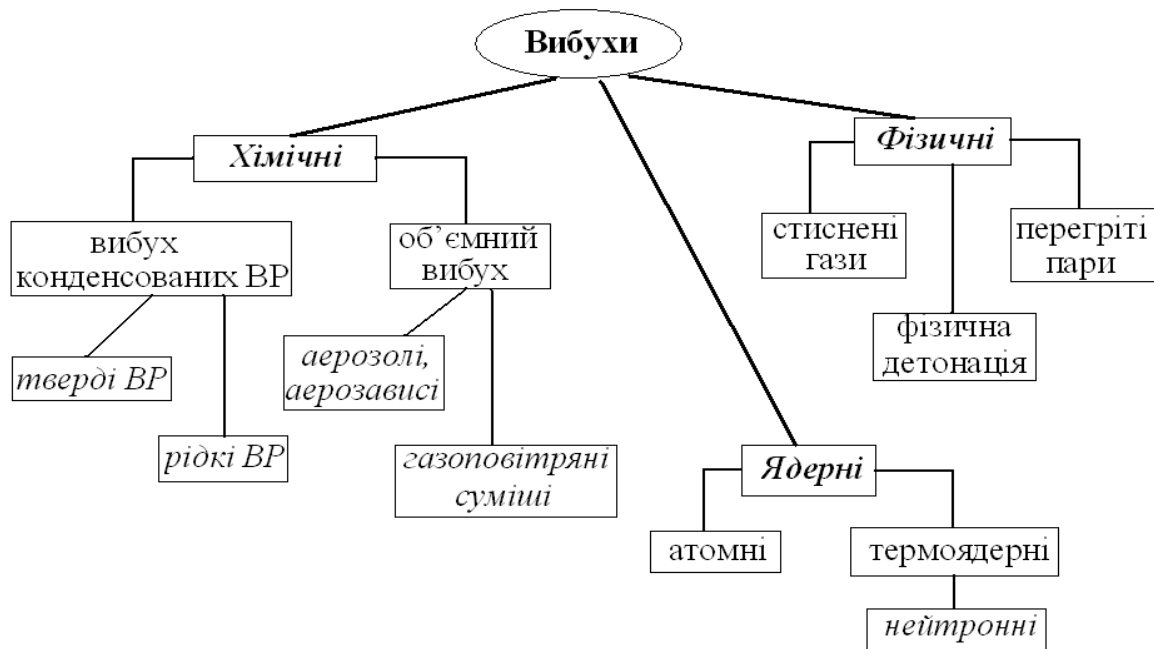


Рисунок 1.3 – Класифікація вибухів

Більшість вибухів має *хімічний* характер, що представляє собою по суті процес горіння, що протікає з величезною швидкістю (сотні м/с). Енергоносіями таких вибухів можуть бути тверді, рідкі й газоподібні речовини, а також аерозолі й аерозависі горючих речовин (пил, туман) у повітрі. Деякі тверді й рідкі вибухові речовини (ВР) мають окислювач у своїй хімічній структурі і тому можуть вибухати в умовах відсутності кисню (повітря).

До вибухів, обумовлених *фізичними* процесами, відносяться вибухи стиснених газів і перегрітої пари. Звичайно вибухи такого роду зустрічаються досить рідко, в основному, при аваріях. Прикладом вибуху, обумовленого фізичними процесами, є вибух парогазової суміші на Чорнобильській АЕС. До фізичних вибухів відноситься також явище фізичної детонації – вибух при змішанні гарячої й холодної рідин, коли температура однієї істотно перевершує іншу (особливо коли температура однієї із речовин перевищує температуру кипіння іншої).

Специфічний різновид вибуху являє собою *об'ємний вибух газоповітряних сумішей і аерозависів*, якому завжди передують утворення об'ємної хмари, де горючий компонент присутній у суміші з окислювачем (киснем повітря) у певній концентрації (у межах від нижньої до верхньої концентраційної межі поширення полум'я). Як уже згадувалося раніше, оксид вуглецю утворює вибу-

хову суміш із повітрям у співвідношенні 1:2. Вибух оксиду вуглецю часто буває на пожежі, коли при відкриванні дверей (вікон) у осередок горіння (приміщення), де утворилася велика кількість оксиду вуглецю, відбувається різкий приплив кисню.

Енергія згорання багатьох парогазових сумішей при об'ємному вибуху в багато разів перевершує енергію згорання твердих речовин, а швидкість поширення ударної хвилі в межах хмари ВР може досягати 1-3 км/с, що визначає величезну руйнівну силу об'ємних вибухів. Крім того, проникаючи в приміщення через вікна й прорізи, хмара ВР може вражати людей і здійснювати руйнування усередині приміщень і за перешкодами.

Швидкість згорання речовини становить:

- під час горіння – міліметри-сантиметри за секунду;
- під час спалаху – десятки метрів за секунду;
- під час вибуху – сотні метрів за секунду;
- під час детонації 1-4 км/с.

І нарешті, особливо необхідно виділити *ядерний вибух*, що представляє собою процес швидкого звільнення великої кількості внутрішньоядерної енергії в обмеженому об'ємі. Ядерні вибухи мають найбільшу вражаючу й руйнуючу дію.

Причинами вибухів можуть бути різкі впливи (удар, стиснення), зміна температури (іскра), хімічна реакція, ударна хвиля іншого вибуху й т.п.

Найбільш ризикованою з точки зору небезпеки виникнення пожеж та вибухів є вугільна промисловість України, а саме вугільні шахти.

В Україні нараховується близько 200 діючих шахт, значна кількість яких потребує, насамперед, реконструкції вентиляційного обладнання. Близько 90 % шахт є газонебезпечними, 35 % – небезпечні через раптові викиди вугілля, породи та газу, 70 % – небезпечні через вибухи вугілля, 30 % – через самозаймання вугілля. Високий рівень пожежовибухонебезпеки мають підприємства та об'єкти нафтогазового, нафтохімічного та нафтогазопереробного комплексу, які включають значну кількість пожежовибухонебезпечних об'єктів, а саме: майже 200 установок комплексної підготовки нафти та газу, 43 тис. км магістральних трубопровідних систем, 13 підземних сховищ газу, понад 1,3 тис. газорозподільних станцій, майже 230 тис. км газопроводів, систем газопостачання населених пунктів та понад 70 тис. систем газопостачання промисло-

вих підприємств, 8 виробництв вибухових речовин та утилізації непридатних боєприпасів, 12 нафтопереробних та 5 газопереробних заводів.

Основними причинами виникнення пожеж та вибухів є:

- порушення вимог безпеки при виконанні газонебезпечних робіт;
- незадовільний технічний стан лінійної частини;
- несвоєчасне виконання діагностичних та ремонтних робіт;
- порушення вимог безпеки при виконанні ремонтних та регламентних робіт.

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

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

Класифікація приміщень вибухопожежною та пожежною небезпекою.
За вибухо- та пожежонебезпечністю усі приміщення розподіляють на п'ять категорій: А, Б, В, Г та Д.

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

Визначення пожежонебезпечних властивостей речовин та матеріалів здійснюється на основі результатів випробувань та розрахунків за стандартними методиками з урахуванням параметрів їх стану (тиск, температура тощо). Методика визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок наведена у нормативному документі ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», цей документ набуває чинності з 1 січня 2017 року. Відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 виробничі приміщення за

вибухопожежною і пожежною небезпекою підрозділяються наступним чином і привенні таблиці Д1.2.

Визначення категорій зовнішніх установок слід здійснювати шляхом послідовної перевірки їхньої належності до категорій, які наведені у таблиці Д 1.3, від вищої (A_3) до нижчої (D_3). Одними з критеріїв, за якими зовнішня установка відноситься до певної категорії, є горизонтальний розмір зони (відстань від апарата (установки) до межі зони), що обмежує газопароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (C_{HKMP}), розрахунковий надлишковий тиск у разі загоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші та інтенсивність теплового випромінювання від осередку пожежі.

Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та організаційної діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємств, що відображено у трудових договорах, статутах підприємств, установ та організацій. Тому фахівцям з охорони праці необхідно знати основні небезпеки, що несуть у собі пожежі та вибухи, знати нормативно правову базу, яка стосується забезпечення пожежної безпеки окремих виробництв, а також вміти визначати категорію приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

1.7. Особливості запобігання аварій та аварійних ситуацій на гідротехнічних спорудах та об'єктах комунального господарства

Однією з актуальних проблем сучасності є попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, які можуть супроводжуватися численними людськими жертвами, великими матеріальними втратами та порушенням умов життєдіяльності. Знання основних небезпек, що несуть в собі надзвичайні ситуації техногенного характеру, дає можливість своєчасно оцінити рівень небезпеки тієї чи іншої НС та завчасно задіяти комплекс організаційно-технічних рішень для їх попередження або обмеження розвитку у разі їх виникнення.

До надзвичайних ситуацій техногенного характеру відносяться ситуації, що пов'язані із аваріями на гідротехнічних спорудах, об'єктах комунального

господарства транспорті.

Терміни, що розглядаються нижче відповідають їх визначенням у ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять».

Раптове руйнування будівель і споруд – аварія, пов’язана з раптовим цілковитим або частковим руйнуванням будівель або споруд, що створює загрозу життю та здоров’ю людей, які там перебувають, і/чи завдає матеріальних збитків.

Аварія в електроенергетичних системах – аварія, за якої відбувається часткове або цілковите руйнування електричних станцій, мереж і яка призводить до припинення електропостачання, травмування чи загибелі людей і/або завдає матеріальних збитків.

Аварія в системах життєзабезпечення – аварія, за якої відбувається часткове або цілковите руйнування каналізаційних, теплових і водопостачальних систем, комунальних газопроводів і яка призводить до викидання забруднювальних речовин, матеріальних збитків, припинення водо-, теплопостачання і яка завдає шкоди здоров’ю людей і/або навколишньому природному середовищу.

Аварія в системах зв’язку та телекомунікації – аварія, за якої відбувається часткове або цілковите руйнування систем зв’язку та телекомунікацій і яка призводить до порушення чи цілковитої втрати зв’язку та матеріальних збитків.

Аварія на очисних спорудах – аварія, за якої відбувається часткове або цілковите руйнування очисних споруд і яка призводить до забруднення навколишнього природного середовища, матеріальних збитків і/або завдає шкоди здоров’ю та життю людей.

Гідродинамічна аварія – аварія на гідротехнічній споруді, коли вода поширюється з великою швидкістю, що створює загрозу життю та здоров’ю людей, призводить до руйнування будівель і споруд, матеріальних збитків, затоплення та/чи підтоплення територій.

До основних чинників гідродинамічної небезпеки в Україні відносяться водосховища, греблі, дамби, шлюзи та інші гідроспоруди.

В Україні налічується 63119 річок, у тому числі великих (площа водозбору понад 50 тис. кв. км) – 9; середніх (від 2 до 50 тис. км²) – 81 і малих (ме-

нше 2 тис. км²) – 63029. Загальна довжина річок становить 206,4 тис. км, з них > 90% припадає на малі річки.

Усунення територіальної і часової нерівномірності розподілу стоку водозабезпечення в Україні здійснюється за допомогою 1160 водосховищ (загальним об'ємом майже 55 км³), понад 28 тис. ставків, 7 великих каналів (загальною довжиною 1021 км, пропускною здатністю 1000 м³ за секунду), 10 великих водоводів, якими вода подається у маловодні райони.

Найбільші водосховища створено на Дніпрі. Водосховища Дніпровського каскаду корисним об'ємом 18,7 км³ забезпечують більше половини об'єму водокористування. До складу Дніпровського каскаду входять наступні водосховища: Київське, Канівське, Кременчуцьке, Дніпродзержинське і Каховське.

Комплекс водозахисних споруд включає до свого складу 3,5 тис. км дамб 1,2 тис. км берегоукріплення, понад 600 насосних та компресорних станцій для перекачування надлишків води.

Будівництво малих ГЕС в Україні, в основному, здійснено наприкінці 40-х, а також у 50-х роках.

По завершенні цього періоду кількість ГЕС сягала близько 900 одиниць. Поступово більшість малих ГЕС припинила свою роботу. Нині загальна кількість працюючих ГЕС в Україні становить близько 50 одиниць.

Гідродинамічні аварії і пов'язані з ними надзвичайні ситуації в переважній більшості виникають внаслідок аварій на гідротехнічних спорудах, в основному при їх руйнуванні (прориві).

Руйнування (прорив) гідротехнічних споруд відбувається у результаті дії сил природи (землетрусів, ураганів, розмивання гребель) або впливу людини (нанесення ударів ядерною чи звичайною зброєю по гідротехнічних спорудах, великих природних греблях), а також через конструктивні дефекти чи помилки проектування.

До основних гідротехнічних споруд, руйнування (прорив) яких призводить до гідродинамічних аварій, відносяться греблі, водозабірні і водозбірні споруди (шлюзи).

Греблі – гідротехнічні споруди (штучні греблі) чи природні утворення (природні греблі), які створюють різницю рівнів по руслу річки.

Штучні греблі – гідротехнічні споруди, створені людиною для своїх потреб, які включають власне греблі гідроелектростанцій, водозаборів в ірига-

ційні системи, дамби, перемички, загати й ін.

Природні греблі створюються дією природних сил, наприклад, у результаті зсувів, селів, лавин, обвалів, землетрусів. Перед греблею вгору по водостокі накопичується вода і утворюється штучне чи природне водоймище.

Ділянка річки між двома сусідніми греблями на річці або ділянка каналу між двома шлюзами називається *б'єфом*. Верхнім б'єфом греблі називається частина річки вище підпірної споруди (греблі, шлюзу), а частина річки нижче підпірної споруди – нижнім б'єфом.

Водоймища можуть бути довгостроковими чи короткостроковими. Довгостроковим штучним водоймищем є, наприклад, водоймище верхнього б'єфа греблі гідроелектростанції, зрошувальної системи.

Довгострокове природне водоймище може утворитися в результаті перекриття річки після обвалу твердих гірських порід. Короткострокові штучні греблі створюються для тимчасової зміни напрямку течії річки при будівництві ГЕС або інших гідротехнічних споруд. Короточасні природні греблі виникають у результаті перекриття ріки рихлим ґрунтом, снігом чи льодом.

Як правило, штучні і природні греблі мають водоспуски: – для штучних гребель – направлені, для природних – випадково утворені.

Прорив греблі є початковою фазою гідродинамічної аварії і являє собою процес утворення прорану і некерованого потоку води водоймища з верхнього б'єфа, що спрямовується через проран у нижній б'єф.

Проран – вузька протока в тілі (насипу) греблі, косі, міліні, у дельті річки або спрямлена ділянка річки, яка утворилася в результаті розмиву закруту в повінь.

Хвиля прориву – хвиля, яка утворюється у фронті потоку води, що спрямовується в проран, і має, як правило, значну висоту гребеня, швидкість руху і велику руйнівну силу.

Висота хвилі прориву і швидкість її поширення залежать від розміру прорану, різниці рівнів води у верхньому і нижньому б'єфі, гідрологічних і топографічних умов русла річки і її заплави. Швидкість просування води прориву коливається в межах від 3 до 25 км/год (для гірських і передгірних районів – близько 100 км/год). Висота хвилі прориву, як правило, знаходиться в діапазоні від 2 до 12 метрів.

Основним наслідком прориву греблі при гідродинамічних аваріях є ка-

катастрофічне затоплення місцевості.

Катастрофічне затоплення – це гідродинамічне лихо, яке є результатом руйнування штучної чи природної греблі і полягає в стрімкому затопленні хвилею прориву нижче розташованої місцевості і виникненні повені.

Катастрофічне затоплення характеризується такими параметрами:

- максимально можливими висотою і швидкістю хвилі прориву;
- розрахунковим часом приходу гребеня і фронту хвилі прориву у відповідний створ;
- межами зони можливого затоплення;
- максимальною глибиною затоплення конкретної ділянки місцевості;
- тривалістю затоплення території.

Катастрофічне затоплення поширюється зі швидкістю хвилі прориву і призводить через якийсь час після прориву греблі до затоплення великих територій шаром води від 0,5 до 10 м і більше. Утворюються зони затоплення.

Зоною можливого затоплення при руйнуванні гідротехнічних споруд називається частина прилягаючої до річки (озера, водоймища) місцевості, затоплена водою.

В залежності від наслідків впливу гідропотоку, утвореного при руйнуванні гідротехнічних споруд, на території можливого затоплення слід виділити зону катастрофічного затоплення, що є частиною зони можливого затоплення, у межах якої поширюється хвиля прориву, яка викликає масові втрати людей, руйнування будинків і споруд, знищення інших матеріальних цінностей.

Зони можливого катастрофічного затоплення визначаються заздалегідь на стадії проектування гідротехнічного об'єкта.

Час, протягом якого затоплені території можуть знаходитися під водою, коливається від 4 годин до декількох діб. Параметри зони затоплення залежать від розмірів водоймища, напору води й інших характеристик конкретного гідровузла, а також від гідрологічних і топографічних особливостей місцевості.

До катастрофічних затоплень місцевості можуть призвести і прориви природних гребель (проривні селі, прориви озер, льодовиків, прориви моренних озер).

Прогнозування часу прориву природних гребель базується на прогнозі підйому рівня води до 80–85 % висоти перемишки водоймища з урахуванням даних прогнозу найближчої метеостанції.

Зони можливих, у тому числі катастрофічних, затоплень і характеристики хвилі прориву відображаються на картах і в спеціальних атласах, які складаються для гідровузлів і великих гребель. Власниками цих документів є штаби ЦЗ, міністерства, відомства та їх служби на місцях, що зводять і експлуатують гідротехнічні споруди.

Наслідками гідродинамічних аварій є:

- ✓ ушкодження і руйнування гідровузлів та короткочасне чи довгострокове припинення виконання ними своїх функцій;
- ✓ ураження людей і руйнування споруд хвилею прориву;
- ✓ затоплення великих територій.

Найтяжчими наслідками супроводжуються гідродинамічні аварії, що викликають катастрофічні затоплення.

Масштаби наслідків гідродинамічних аварій залежать від параметрів і технічного стану гідровузла, характеру і розмірів руйнувань греблі, обсягу запасів води у водосховищі, характеристик хвилі прориву і катастрофічної поведінки, рельєфу місцевості, сезону і часу доби події, багатьох інших факторів.

Основними вражаючими факторами катастрофічного затоплення є руйнівна хвиля прориву, водяний потік і спокійні води, які затопили територію суші й об'єкти. Дія хвилі прориву багато в чому аналогічна дії повітряної ударної хвилі, що утворюється при вибуху. Істотними відмінностями цих вражаючих факторів є набагато менша швидкість і вища щільність речовини в хвилі прориву.

У результаті великих гідродинамічних аварій переривається подача електроенергії в енергетичні системи, припиняється функціонування іригаційних та інших водогосподарських систем, а також об'єктів ставкового рибного господарства, руйнуються чи опиняються під водою населені пункти і промислові підприємства, виводяться з ладу комунікації й інші елементи інфраструктури, гинуть посіви і худоба, виводяться з господарського обороту сільськогосподарські угіддя, порушується життєдіяльність населення і виробничо-економічна діяльність підприємств, втрачаються матеріальні, культурні та історичні цінності, наносяться великі збитки природному середовищу, в тому числі в результаті змін ландшафту, гинуть люди.

Вторинними наслідками гідродинамічних аварій є забруднення води і місцевості речовинами зі зруйнованих (затоплених) сховищ, промислових і

сільськогосподарських підприємств, масові захворювання людей і сільськогосподарських тварин, аварії на транспортних магістралях, зсуви й обвали.

Довгострокові наслідки гідродинамічних аварій пов'язані із залишковими факторами затоплення – наносами, забрудненнями, зміною елементів природного середовища.

Основними показниками наслідків повені є:

- ✓ чисельність населення, яке опинилося в зоні можливого затоплення;
- ✓ число загиблих, поранених, людей, які залишилися без домівок;
- ✓ кількість населених пунктів, що потрапили в зону затоплення (міста, селища, сільські населені пункти – затоплені цілком, частково, які потрапили в зону підтоплення тощо);
- ✓ кількість житлових будинків і будинків соціально-культурного призначення, пам'ятників історії та культури;
- ✓ кількість об'єктів народного господарства, довжина залізничних і автомобільних шляхів, лінії електропередач, зв'язку, інші комунікаційні елементи, що опинилися в зоні затоплення;
- ✓ площа затоплення сільськогосподарських угідь;
- ✓ кількість загиблих сільськогосподарських тварин.

У цілому наслідки характеризуються величиною збитків, які наносяться народному господарству і населенню.

Прямі збитки, обумовлені руйнуваннями й іншими безпосередніми втратами в результаті гідродинамічних аварій, і непрямі збитки, пов'язані з порушенням нормальної господарської діяльності, становлять 70 % і 30 % від загальних збитків відповідно.

Аварії на об'єктах комунального господарства розглядають наступним чином. *Аварії на електроенергетичних системах.* Подібні аварії призводять до надзвичайних ситуацій, зазвичай через вторинні наслідки та за умови накладання на них будь-яких надзвичайних ситуацій. Особливо тяжкі і наслідки мають аварії на електроенергетичних мережах у зимовий сезон, і також у віддалених та важкодоступних районах. Особливо характерні такі надзвичайні ситуації для сільських регіонів або в дуже холодні зими через перевантаження електромереж у зв'язку з різким збільшенням витрат енергії на обігрів.

На цей час в електроенергетичній галузі експлуатується близько 1 млн км повітряних та кабельних ліній електропередачі всіх класів напруги, а також

20 тис. трансформаторних підстанцій з напругою 6-750 кВ загальною потужністю 201 тис. МВА.

У магістральних електромережах потребують відновлення 63 % повітряних ліній від їх загальної довжини напругою 220 кВ і 19 % напругою 330 кВ.

Стан українських електричних мереж із року в рік погіршується, що призводить до аварійних ситуацій нарівні окремих областей. Відсутність достатньою фінансування ремонтних робіт, заходів з модернізації та реконструкції електричних мереж і підстанцій може призвести до системної аварії.

Аварії на системах життєзабезпечення. Подібні аварії виникають переважно в містах, де велика скупченість людей промислових підприємств, сталий ритм життя. Будь-яка аварія систем життєзабезпечення, навіть така, що швидко ліквідується і не завжди небезпечна, сама по собі може спричинити негативні наслідки для населення.

Локалізація пошкоджень на зруйнованих мережах повинна проводитися негайно. Адже руйнування, які виникають при затримці локалізації осередку ураження, можуть значно перевищити початкові, а обсяги відбудовчих робіт та витрат на їх проведення збільшаться у кілька разів.

Особливо значні руйнування можуть виникнути при несвоєчасному переключенні бензопроводів, газопроводів та інших систем паливостачання і технологічних трубопроводів. Щоб уникнути замерзання теплових, водопровідних і каналізаційних систем у холодну пору року особливо важливо закрити вибиті вибухом віконні отвори, використовуючи фанеру, картон, поліетиленові плівки та інші матеріали.

Важливе завдання аварійно-відбудовчих робіт – це локалізація аварій на мережах водопостачання, каналізації, газо- і теплопостачання та відкачування води для запобігання загрози затоплення і загазованості підвалів, захисних споруд; цивільного захисту та окремо важливих споруд і об'єктів.

Загальна протяжність водопровідних мереж в Україні становить приблизно 180 тис. км, з яких 33 % нині перебувають в аварійному стані та потребують негайної заміни. Переважна більшість існуючих систем водовідведення у містах збудована 30-40 років тому.

До системи входять внутрішньоквартальні і вуличні мережі, головні колектори та насосні станції. Уся система водовідведення України складається приблизно з 47 тис. км мережі та 1,7 тис. насосних станцій. Із 42 тис. км ме-

реж, прокладених у міській місцевості, понад 10 тис. км каналізаційних труб (або 24 %) перебувають в аварійному стані і, з метою уникнення аварій, потребують негайної заміни

Український незадовільний стан мереж теплопостачання останнім часом спричинив ряд серйозних аварій у таких містах, як Одеса, Маріуполь, Полтава, Харків, Алчевськ та Херсон.

Понад 3 тис. км (14 %) теплових мереж перебуває в аварійному стані, більше 1,5 тис. км (32 %) – відпрацювало визначений термін експлуатації. На багатьох теплових пунктах експлуатуються застарілі водопідігрівачі з низьким коефіцієнтом теплопередачі, а понад 1760 теплових пунктів (29 %) перебувають у зношеному чи аварійному стані.

Довжина мереж газопостачання споживачам складає близько 269 тис. км. Необхідний режим газопостачання в цих мережах підтримує понад 48 тисяч газорегуляторних пунктів. За результатами проведення обстеження в Україні вже вичерпано термін експлуатації понад 12 тис. км газорозподільних мереж, близько 500 км газопроводів потребують капітального ремонту, а понад 100 км – заміни.

Особливо гостро стоїть ця проблема в тих регіонах, де газорозподільні мережі збудовані і експлуатуються вже понад 50 років, зокрема в Івано-Франківській, Львівській, Одеській, Чернівецькій областях.

Аварії на очисних спорудах. небезпека цього типу аварій обумовлена не тільки негативним впливом на обслуговуючий персонал та розташовані поблизу населені пункти, а також великими залповими викидами до навколишнього середовища у значній кількості отруйних, токсичних просто шкідливих речовин.

Понад 80 % стічних вод, що накопичуються у комунальному господарстві, проходять очистку на станціях механіко-біологічної очистки. 25 % станцій очистки перебувають в експлуатації понад 30 років, і лише близько 10 % – менше 15 років. Обладнання більшості з них є зношеним та застарілим і потребує заміни. Багато споруд станцій очистки, що зазнали впливу корозії, також потребують відновлення.

Протягом 2021 року до водних об'єктів України скинуто близько 10000 млн м³ стічних вод, з них понад 800000 млн м³ забруднених стічних вод, причому спостерігалось зростання обсягів скиду забруднених стічних вод. Іс-

тотний вплив на забруднення поверхневих вод мають скиди забруднюючих речовин у обсягах, що перевищують дозволений норматив вмісту гранично допустимих скидів (ГДС) від 5 до 10 разів та більше. Найбільша кількість перевищень дозованих обсягів нормативів ГДС фіксується найчастіше на підприємствах житлово-комунального господарства, на підприємствах харчової та переробної промисловості, епізодично на підприємствах інших галузей промисловості.

Загрози, що несуть в собі аварії на гідротехнічних спорудах, об'єктах комунального господарства та, особливо, транспортні аварії є суттєвими, про що свідчить статистика таких подій та заподіяні ними матеріальні втрати та людські жертви.

1.8. Підсистема запобігання аваріям та аварійним ситуаціям техногенного характеру

Законодавчі та нормативно-правові акти загальні вимоги до забезпечення техногенної безпеки об'єктів:

- Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»;
- Кодекс цивільного захисту України;
- Правила техногенної безпеки (затверджені Наказом № 879 МВС України 05.11. 2018 р.)

Визначають загальні вимоги до організації техногенної безпеки на підприємствах, в установах, організаціях та на небезпечних територіях і є обов'язковими для виконання керівниками, посадовими особами і працівниками міністерств та інших центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, фізичними особами - підприємцями, власниками, керівниками (суб'єкти господарювання) та працівниками підприємств, установ, організацій незалежно від форм власності.

Терміни та визначення:

забезпечення техногенної безпеки – сукупність дій органів влади, суб'єктів господарювання, керівників (власників) та відповідальних осіб об'єктів, спрямованих на запобігання аваріям, аварійним та надзвичайним си-

туаціям техногенного характеру на небезпечних об'єктах та небезпечних територіях;

об'єкт – цілісний комплекс підприємства, що включає виробництва (цехи, відділення, виробничі дільниці), окреме обладнання та будь-які будівлі, розташовані у межах адміністративної території підприємства. Об'єкти, що належать одному суб'єкту господарювання, але за територіальною ознакою мають різне місцезнаходження, вважаються різними об'єктами;

відповідальні особи – посадові особи (працівники) органів влади та об'єктів, на яких покладено відповідні функції з організації забезпечення техногенної безпеки;

керівник об'єкта – посадова особа, на яку функціональними обов'язками або статутом покладено функції управління об'єктом;

небезпечні території:

✓ території, що зазнали забруднення ґрунтів і земель понад установлені гранично допустимі концентрації небезпечними для довкілля речовинами внаслідок порушення нормальних умов функціонування небезпечних об'єктів або аварій, що сталися на небезпечних об'єктах, унаслідок аварій на транспорті з викидами небезпечних та шкідливих речовин (паливно-мастильних, біологічних, хімічних, радіоактивних тощо);

✓ території, поверхню яких порушено внаслідок землетрусу, зсуву, карстоутворення, ерозії, повені, добування корисних копалин, перезволоження, підвищення кислотності або солей (деградовані землі);

✓ зони особливого режиму використання земель, що створюються навколо військових об'єктів ЗС України та інших військових формувань, утворених відповідно до законодавства України, для забезпечення функціонування цих об'єктів, збереження озброєння, військової техніки та іншого військового майна, а також захисту населення, господарських об'єктів і довкілля від впливу аварійних ситуацій, стихійних лих і пожеж, що можуть виникнути на цих об'єктах. Межі небезпечної території встановлюються з урахуванням розрахованої зони можливого ураження.

Техногенна безпека об'єкта повинна забезпечуватись:

➤ системою запобігання надзвичайних ситуацій (аварій) техногенного характеру;

➤ системою локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій (аварій) техногенного характеру;

➤ організаційно-технічними заходами.

Система запобігання надзвичайних ситуацій (аварій) техногенного характеру - комплекс організаційних заходів та технічних засобів, що направлені на виключення можливості виникнення надзвичайних ситуацій та аварій.

Вона повинна розроблятися на кожному конкретному об'єкті з розрахунку, що прийнятний ризик знаходиться на рівнях:

➤ територіальний ризик $R_t \leq 10^{-7}$;

➤ індивідуальний ризик $R_i \leq 10^{-8}$;

➤ соціальний ризик $R_c \leq 10^{-7}$.

Система локалізації та ліквідації надзвичайних ситуацій (аварій) техногенного характеру – комплекс організаційних заходів та технічних засобів, що направлені на запобігання впливу на людей небезпечних факторів надзвичайних ситуацій та обмеження їх поширення та матеріального збитку від них.

Система включає:

➤ заходи, спрямовані на створення умов для евакуації людей із зони надзвичайних (аварійних) ситуацій;

➤ захист людей від негативних наслідків надзвичайних (аварійних) ситуацій з використанням колективних та індивідуальних засобів захисту;

➤ розробку інженерних засобів та технічних пристроїв для локалізації аварій, створення умов для успішної ліквідації наслідків надзвичайних (аварійних) ситуацій.

Організаційно-технічні заходи включають у себе комплекс заходів організаційного характеру, що спрямовані на:

➤ розробку посадових інструкцій, правил та інших організаційно-розпорядчих документів, що стосуються заходів щодо забезпечення цивільного захисту та техногенної безпеки;

➤ проведення в установленому порядку навчання персоналу діям у разі виникнення аварійних ситуацій та аварій;

➤ планування заходів щодо захисту персоналу від шкідливого впливу надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру;

➤ проведення ідентифікації потенційно-небезпечних об'єктів чи об'єктів підвищеної небезпеки;

➤ проведення паспортизації потенційно-небезпечних об'єктів чи об'єктів підвищеної небезпеки;

Організаційно-технічні заходи включають у себе комплекс заходів організаційного характеру, що спрямовані на:

- розробку декларацій безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- розробку паспортів (формулярів) на обладнання, устаткування та апаратуру;
- укладання угоди про постійне обов'язкове обслуговування державними аварійно-рятувальними службами відповідно до чинного законодавства.

Техногенна безпека об'єкта повинна бути забезпечена як в робочому стані, так і у випадках виникнення аварійної ситуації.

На виробництвах з небезпечними технологічними процесами майже завжди існують умови для швидкого поширення аварій.

Це пояснюється:

- ✓ наявністю у виробничих приміщеннях і на відкритих площадках великої кількості небезпечних речовин;
- ✓ відсутністю відповідних перешкод на шляхах можливого поширення аварій (по розгалужених комунікаціях продуктопроводів, в транспортних системах, в отворах будівельних конструкцій, по вентиляційних та аспіраційних системах тощо).

Поширенню аварії, яка виникла, будуть сприяти наступні умови:

- ✓ наявність значної кількості небезпечних речовин та матеріалів на виробничих та складських площах;
- ✓ наявність шляхів, які створюють можливість поширення аварії на обладнання та приміщення, що розташовані поблизу;
- ✓ поява в результаті аварії факторів, які прискорюють її розвиток (розтікання горючих рідин під час аварії, вихід горючих газів, вибух технологічного обладнання тощо);
- ✓ запізніле виявлення аварії та сповіщення про неї;
- ✓ відсутність або несправність первинних і стаціонарних засобів ліквідації аварій;
- ✓ неправильні дії людей на випадок аварії;

✓ велика кількість небезпечних речовин та матеріалів в апаратах, ємностях, біля робочих місць чи на відкритих площадках пояснюється вимогами виробництва для нормального ведення технологічних процесів;

✓ процесі експлуатації іноді виникає безпідставне збільшення запасів небезпечних речовин на складах та у виробничих приміщеннях;

Перевантаження призводить до того, що проходи між технологічним обладнанням, шляхи до засобів пожежогасіння, евакуаційні виходи загрожується горючими матеріалами.

✓ наявність у виробничих приміщеннях різних технологічних комунікацій (трубопроводів, систем вентиляції) та технологічних отворів без протипожежних та технологічних перешкод;

✓ під час аварій апаратів і трубопроводів при розтіканні горючих та легкозаймистих рідин на значні площі, при загазованості приміщень, відкритих установок та територій.

Для попередження поширення аварій на виробництві необхідно:

➤ розробляти та впроваджувати такі інженерно-технічні рішення, які б дозволили обмежити кількість небезпечних речовин та матеріалів, що обертаються у виробництві, створити умови для швидкої евакуації матеріалів та обладнання при виникненні аварії;

➤ створити перешкоди на шляхах поширення можливої аварії і забезпечити захист апаратів від руйнування під час вибуху;

➤ зменшення кількості небезпечних речовин та матеріалів, які одночасно обертаються в технологічному процесі, не тільки створює умови для обмеження можливості поширення аварій, а й знижує імовірність їх виникнення.

Ці питання повинні розглядатися та впроваджуватись як на стадії проектування, так і під час експлуатації виробництва.

Основні напрямки розробки рішень щодо зниження кількості небезпечних речовин в технології виробництва:

- вибір способу або методу виробництва;
- розробка технологічної схеми виробництва;
- вибір варіанту розміщення технологічного обладнання.

Забезпечення техногенної безпеки на об'єктах здійснюється на випадок:

- наявності будівель та споруд з порушенням умов експлуатації;

- наявності об'єктів з критичним станом виробничих фондів та порушенням умов експлуатації;

- можливості впливу сторонніх (зовнішніх) факторів (природних, терористичних, соціальних тощо) на діяльність та безпеку об'єкта;

- виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру (порушення умов експлуатації) на небезпечних об'єктах, ядерних установках.

Суб'єкти господарювання забезпечують техногенну безпеку шляхом:

- виконання вимог законів, правил, норм і стандартів стосовно забезпечення техногенної безпеки, а також приписів, розпоряджень і постанов, що відповідно до законодавства видаються посадовими особами центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту;

- розроблення організаційно-розпорядчих документів щодо забезпечення техногенної безпеки, здійснення постійного контролю за їх дотриманням;

- забезпечення відповідно до законодавства своїх працівників засобами колективного та індивідуального захисту;

- навчання працівників діям у надзвичайних (аварійних) ситуаціях;

Суб'єкти господарювання забезпечують техногенну безпеку шляхом:

- організації розроблення інженерно-технічних заходів цивільного захисту під час будівництва (реконструкції, технічного переоснащення) на об'єктах, включених до переліку об'єктів, що належать суб'єктам господарювання, проектування яких здійснюється з урахуванням вимог інженерно-технічних заходів цивільного захисту, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 09 січня 2014 року № 6;

- навчання працівників порядку укриття в захисних спорудах цивільного захисту та навчання персоналу з обслуговування захисних споруд цивільного захисту їх утриманню відповідно до Вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту, затверджених наказом Міністерства внутрішніх справ України від 09 липня 2018 року № 579, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 30 липня 2018 року за № 879/32331;

- проведення об'єктових тренувань і навчань з питань цивільного захисту з урахуванням вимог техногенної безпеки.

Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних об'єктах, здійснюється шляхом:

- оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру на підпорядкованих небезпечних об'єктах відповідної галузі;
- інформування органів влади, сил цивільного захисту про основні загрози на небезпечних об'єктах з метою вжиття ними ефективних заходів захисту населення, промислових і сільськогосподарських об'єктів від надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- інформування органів управління та сил цивільного захисту про аварійні та небезпечні ситуації, розвиток яких призвів або міг призвести до аварії і завдати шкоди життю та здоров'ю населення і навколишньому середовищу;
- організації заходів із захисту своїх працівників від шкідливого впливу надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- здійснення навчання працівників правилам техногенної безпеки;
- розроблення аварійних планів об'єктів, де здійснюється практична діяльність, пов'язана з радіаційними або радіаційно-ядерними технологіями;
- розроблення планів локалізації та ліквідації аварій;
- декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- створення, експлуатації і технічного обслуговування автоматизованих систем раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення у разі їх виникнення;
- створення та утримання в робочому стані засобів зв'язку, аварійно-рятувальної техніки та обладнання і використання їх за призначенням;
- аварійно-рятувального обслуговування небезпечних об'єктів створення об'єктового матеріального резерву для запобігання і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій та проведення невідкладних відновлювальних робіт;
- здійснення за власні кошти заходів, що зменшують рівень ризику виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- розроблення заходів щодо забезпечення техногенної безпеки з урахуванням досягнень науки і техніки, позитивного досвіду із зазначеного питання;
- фінансування витрат у порядку та обсягах, необхідних для повного і якісного забезпечення вимог техногенної безпеки;

➤ виконання інших завдань і заходів техногенної безпеки з урахуванням вимог чинного законодавства України.

На території небезпечних об'єктів, які розташовані в міській зоні, допускається утримувати небезпечні хімічні речовини (НХР) в обсягах, передбачених проєктними нормами зберігання (накопичення) та технологічними регламентами.

На майданчиках (у будівлях) небезпечних об'єктів, розташованих у заміській зоні, кількість НХР не може перевищувати 2 тис. тонн у разі зберігання на одному майданчику (у будівлі), якщо ці майданчики (будівлі) розташовані на відстані не менше ніж 500 м один від одного.

Загальна кількість НХР на всіх майданчиках (у будівлях) небезпечних об'єктів, розташованих на відстані менше ніж 500 метрів один від одного, не може перевищувати 2 тис. тонн.

Запаси НХР на базових складах у заміських зонах не повинні перевищувати норм, установлених для таких складів.

Керівники об'єктів, що за характером своєї діяльності не належать до небезпечних об'єктів, але за прогнозом можуть опинитись у зонах надзвичайних ситуацій, повинні:

➤ урахувати можливу небезпеку, що може виникнути на їх територіях у разі виникнення надзвичайних (аварійних) ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах і територіях, та вживати заходів щодо забезпечення безпеки працівників об'єктів;

➤ взаємодіяти з керівництвом небезпечних об'єктів і відповідними органами влади для отримання інформації та оповіщення про небезпеку, що може впливати на діяльність об'єкта;

➤ організовувати навчання працівників діям у надзвичайних ситуаціях техногенного характеру.

Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних територіях та у зонах можливого ураження від небезпечних об'єктів здійснюється з метою організації заходів захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру у разі:

✓ неконтрольованого ввезення, зберігання і використання на території України техногенно-небезпечних технологій, речовин, матеріалів;

- ✓ небезпечних наслідків військової та іншої небезпечної діяльності;
- ✓ аварій (аварійних ситуацій) на небезпечних об'єктах;
- ✓ небезпеки від гідротехнічних споруд;
- ✓ наявності об'єктів, на яких здійснюються виробництво, зберігання та утилізація вибухонебезпечних предметів;
- ✓ терористичної діяльності;
- ✓ порушення умов експлуатації на об'єктах життєзабезпечення населення;
- ✓ руйнування будівель і споруд з порушенням умов експлуатації.

Забезпечення техногенної безпеки на небезпечних територіях та у зонах можливого ураження від небезпечних об'єктів органами влади здійснюється шляхом:

- ✓ збирання та аналітичного опрацювання інформації про аварійні ситуації та аварії техногенного характеру і стан небезпечних об'єктів та небезпечних територій, прогнозування масштабів можливих надзвичайних ситуацій техногенного характеру;
- ✓ інформування суб'єктів господарювання, об'єкти яких за результатами прогнозування можуть опинитися в прогнозованих зонах надзвичайних ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах та небезпечних територіях, надання їм інформації про заходи, що здійснюються місцевими органами влади з метою зменшення впливу наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру під час аварій на відповідних небезпечних об'єктах, про характер і обсяги допомоги, яку може бути надано силами територіальної підсистеми та її ланками єдиної державної системи цивільного захисту;
- ✓ включення до галузевих, регіональних та місцевих програм, що розробляються органами влади відповідно до повноважень, визначених статтями 18, 19 Кодексу, заходів із забезпечення техногенної безпеки;
- ✓ забезпечення навчання з питань техногенної безпеки посадових осіб органів влади та суб'єктів господарювання, що належать до сфери їх управління;
- ✓ створення матеріального резерву для здійснення заходів, спрямованих на запобігання і ліквідацію наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру та надання термінової допомоги постраждалому населенню;
- ✓ вжиття заходів щодо реалізації вимог техногенної безпеки на об'єктах, які можуть створити реальну загрозу виникнення аварій.

Організація заходів техногенної безпеки складається з таких основних складових:

- інформування про надзвичайні ситуації техногенного характеру;
- навчання з питань техногенної безпеки, діям і способам захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій;
- заходи техногенної безпеки, що мають відображатися у посадових інструкціях, обов'язках.

Інформування передбачає доведення органами управління цивільного захисту через засоби масової інформації, телерадіомережі відомостей про надзвичайні ситуації техногенного характеру, що прогножуються або виникли, з визначенням їх класифікації, меж поширення і наслідків, про способи та методи захисту від них, у тому числі з урахуванням особливостей оповіщення осіб з фізичними, психічними, інтелектуальними та сенсорними порушеннями. Воно здійснюється завчасно за результатами прогнозування, а також у разі загрози виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру та в умовах, коли надзвичайна ситуація вже виникла або яка загрожує населенню від небезпечних об'єктів (небезпечних територій). Керівники цих об'єктів (власники небезпечних територій) мають забезпечити встановлення по периметру небезпечних об'єктів (небезпечних територій) попереджувальних знаків, електронних інформаційних табло тощо, що оформлюються з урахуванням вимог ДСТУ ISO 3864-1:2005 «Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проєктування знаків безпеки для робочих місць та місць громадського призначення».

Навчання з питань техногенної безпеки, навчання діям і способам захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру організовується з метою підготовки населення, сил цивільного захисту та органів управління до дій в умовах надзвичайних ситуацій відповідно до Порядку здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 26 червня 2013 року № 444.

За результатами навчань працівники підприємства повинні знати:

- ✓ вимоги стосовно власної безпеки та безпеки підприємства, встановлені на території підприємства, та виконувати їх;

✓ основні номери телефонів оперативних чергових аварійно-рятувальних формувань та у разі виявлення порушень негайно повідомляти їх про можливу небезпеку;

✓ правила поведінки у разі виникнення аварійних ситуацій та аварій і не вчиняти дій, які можуть призвести до виникнення або поширення аварії чи надзвичайної ситуації;

✓ основні заходи та способи захисту від шкідливого впливу небезпечних речовин та наслідків надзвичайних ситуацій техногенного характеру, порядок надання домедичної допомоги потерпілим, правила користування засобами радіаційного, хімічного захисту та захисними спорудами.

У приміщеннях та на шляхах евакуації всіх об'єктів на видному місці мають бути вивішені відповідні інструкції щодо порядку забезпечення техногенної безпеки та дій працівників об'єкта у разі виникнення надзвичайної ситуації. Допуск до роботи працівників здійснюється тільки після проходження ними навчань, інструктажів і перевірки знань з питань цивільного захисту, зокрема з техногенної безпеки.

Заходи техногенної безпеки, наведені у цих Правилах, відображаються у посадових інструкціях, обов'язках працівників та включають, зокрема:

✓ вимоги щодо забезпечення техногенної безпеки, у тому числі заборони дій, що можуть призвести до виникнення аварії або надзвичайної ситуації техногенного характеру на об'єкті;

✓ навчання діям в умовах виникнення аварії або надзвичайної ситуації техногенного характеру;

✓ оповіщення чергових аварійно-рятувальних служб та керівництва об'єкта про аварію (надзвичайну ситуацію техногенного характеру);

✓ маршрути виходу до безпечних місць збору у випадку виникнення аварії (надзвичайної ситуації техногенного характеру);

✓ залучення основних технічних засобів, що використовуватимуться для локалізації або ліквідації наслідків аварії (надзвичайної ситуації техногенного характеру), у тому числі у разі виникнення пожежі;

✓ використання засобів індивідуального захисту або колективних засобів захисту, що застосовуються під час викиду (виливу) небезпечних хімічних речовин;

✓ надання індивідуальної домедичної допомоги постраждалим;

✓ вимоги щодо організації спостереження за розвитком аварії (надзвичайної ситуації техногенного характеру), збору та передання інформації про її розвиток, у тому числі про оцінку масштабів аварії (надзвичайної ситуації техногенного характеру), зони розповсюдження тощо.

У разі виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру відповідальні особи повинні:

✓ у разі безпосередньої загрози життю у найкоротший термін залишити можливу зону надзвичайної ситуації техногенного характеру з використанням за необхідності засобів індивідуального захисту, що застосовуються на об'єкті;

✓ здійснити оповіщення працівників об'єкта за допомогою технічних засобів оповіщення, передбачених на об'єкті;

✓ у разі загрози життю працівників об'єкта негайно організувати їх рятування (виведення у безпечні зони), використовуючи для цього наявні сили й засоби;

✓ вивести за межі небезпечної зони (зони, вказаної працівниками аварійно-рятувальних служб) всіх працівників, які не залучаються для локалізації аварії;

✓ вжити заходів щодо припинення роботи в цехах, на ділянках, інших місцях виникнення аварії (надзвичайної ситуації) з урахуванням технологічних особливостей виробництв, крім робіт, пов'язаних із заходами з ліквідації аварії;

✓ організувати зустріч аварійно-рятувальних служб, що прибувають для локалізації або ліквідації аварії, надати їм допомогу у виборі найбезпечнішого шляху для під'їзду до джерела небезпеки або інших місць, необхідних для виконання ними своїх повноважень, поінформувати про основні небезпеки об'єкта, конструктивні особливості будівель та обладнання;

✓ за необхідності ознайомити керівника робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації техногенного характеру з планом локалізації та ліквідації аварій на об'єкті підвищеної небезпеки та забезпечити виконання цього плану.

1.9. Аналіз і розслідування аварій та аварійних ситуацій на виробництві

Аналіз причин аварій показує, що вони виникають головним чином у наслідок:

- порушення правил та вимог охорони праці;
- поганої навченості персоналу;
- допущеної особистої халатності працівників;
- порушень технологічного процесу виробництва;
- порушення правил транспортування і використання вибухопожеже-небезпечних матеріалів і хімічних речовин;
- необачного поводження з вогнем, метало ріжучими, електро- і газозварювальними апаратами;
- загазованості, запыленості повітряного середовища вище граничне допустимих норм і нерегулярного проведення їх аналізу;
- низька трудова і технологічна дисципліна;
- відсутність належного контролю за процесом виробництва і необхідного нагляду за станом будівель, споруд, устаткування;
- несвоєчасне усунення загрозливих ознак їх аварійного стану.

Для запобігання аваріям на промислових підприємствах і транспорті заздалегідь розробляються і здійснюються організаційно-технічні заходи, спрямовані на підвищення стійкості і безаварійності роботи.

Зміст і обсяг цих заходів залежить від особливостей:

- ✓ виробництва;
- ✓ характеру технологічного процесу;
- ✓ застосовуваних і вироблюваних речовин і продуктів.

Вивчення причин виникнення аварій і всебічна оцінка ступеня їх небезпечності дасть можливість правильно:

- визначити заходи їх попередження;
- передбачити необхідні дії із захисту людей;
- зниженню втрат на їх відшкодування.

Забезпечення безаварійної роботи підприємств слід розглядати як важливу державну справу, яка потребує *повсякденної уваги* керівництва, інженерно-технічного складу.

Аварії можуть трапитися на будь-яких промислових підприємствах і на транспорті унаслідок безвідповідального відношення до своїх обов'язків усіх посадових осіб, а також працівників і службовців підприємства і недодержання ними правил техніки безпеки.

Найбільшу небезпеку являють собою об'єкти, що виробляють чи застосовують у технології сильнодіючі отруйні речовини, вибухо- і пожежебезпечні матеріали і продукти.

Небезпечними об'єктами є також склади, бази, залізничні станції і порти, де зберігаються чи маються запаси цих матеріалів і продуктів.

Масштабними аваріями на промислових підприємствах вважаються надзвичайні події, які:

- викликають раптову зупинку роботи підприємства;
- створюють небезпеку для життя працівників;
- приводять до руйнування виробничих будівель, ушкодження чи знищення устаткування, сировини і готової продукції;
- здійснюють зараження місцевості отруйними речовинами і загазованості атмосфери.

Найбільш типовими наслідками аварій можуть бути: вибухи; пожежі; затоплення; завали шахт; зараження навколишнього середовища сильнодіючими отруйними речовинами.

Для об'єктивності проведення розслідування причин виникнення аварій техногенного характеру проводиться розподіл на *категорії*.

Аварія першої категорії – відповідно до Порядку класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями, затвердженого постановою КМ України від 24 березня 2004 р. № 368, відноситься до надзвичайної ситуації державного рівня внаслідок якої:

- ✓ смертельно травмовано п'ять та більше осіб або травмовано десять і більше осіб;
- ✓ спричинено викид отруйних, радіоактивних та небезпечних речовин за межі санітарно-захисної зони підприємства;

✓ збільшилася більш як у 10 разів концентрація забруднюючих речовин у навколишньому природному середовищі;

✓ зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників підприємства чи населення.

Аварія другої категорії – відповідно до Порядку класифікації надзвичайних ситуацій відноситься до надзвичайних ситуацій регіонального або місцевого рівнів внаслідок якої:

✓ смертельно травмовано до п'яти осіб або травмовано від чотирьох до десяти осіб;

✓ зруйновано будівлі, споруди чи основні конструкції об'єкта, що створило загрозу для життя і здоров'я працівників цеху, дільниці з чисельністю працюючих 100 і більше осіб.

Аварія третьої категорії :

✓ не відноситься до аварії першої чи другої категорій до надзвичайної ситуації об'єктового рівня;

✓ створила чи могла створити загрозу життю та здоров'ю працівників або населення;

✓ внаслідок якої зруйновано або порушено роботу машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, на які необхідно отримувати відповідний дозвіл (або подавати декларацію) згідно з Порядком видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки, затвердженого постановою КМ України від 26.10.11 р. № 1107.

Аварії розслідуються підприємством (установою, організацією) у відповідності до Постанови КМ України від 17.04.2019 № 337 «Порядок розслідування та облік нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві» (Порядок), без залучення посадових осіб територіальних органів Держпраці.

З метою врахування специфіки галузей економіки та визначення категорійності аварій міністерствами (іншими центральними органами виконавчої влади, державними органами), на які не поширюється дія цього Порядку в частині розслідування аварій: розробляються, затверджуються та погоджуються у встановленому порядку відповідні галузеві порядки розслідування аварій.

Про аварію очевидець повинен негайно повідомити безпосереднього керівника робіт або іншу посадову особу підприємства, які зобов'язані повідомити роботодавця для негайного введення в дію Плану локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій (у разі наявності).

Роботодавець або особа, яка керує виробництвом під час зміни, зобов'язані:

- ✓ діяти згідно з планом локалізації та ліквідації аварійних ситуацій і аварій;
- ✓ вжити першочергових заходів до рятування потерпілих і надання їм медичної допомоги;
- ✓ локалізації аварії;
- ✓ встановлення меж небезпечної зони та обмеження доступу до неї людей;
- ✓ збереження до прибуття комісії з розслідування аварії обстановки на місці аварії.

Роботодавець зобов'язаний негайно повідомити про аварію:

- територіальному органу Держпраці;
- органу управління чи наглядовій раді підприємства (у разі її утворення);
- місцевій держадміністрації;
- територіальному органу ДСНС;
- територіальним (відокремленим) підрозділам поліції за місцем виникнення аварії;
- відповідному профспілковому органу;
- у разі травмування або загибелі працівників також відповідному робочому органу Фонду.

Розслідування аварії, під час якої сталися нещасні випадки та/або гострі професійні захворювання (отруєння), проводиться Держпраці, у тому числі за спеціальним рішенням КМ України, з урахуванням вимог цього Порядку.

Розслідування аварії, під час якої не сталося нещасних випадків та/або гострих професійних захворювань (отруєнь), проводиться відповідними комісіями (якщо КМ України не прийнято спеціального рішення), які утворюються та очолюються представниками:

- у разі настання аварії першої категорії – центрального органу виконавчої влади, до сфери управління якого належить підприємство (установа, організація), чи місцевою держадміністрацією (у разі відсутності такого органу);

- у разі настання аварії другої категорії – органом управління чи наглядовою радою підприємства (установи, організації) або місцевою держадміністрацією (у разі відсутності такого органу);

- у разі настання аварії, яка не відноситься до аварії першої чи другої категорій, а також випадків порушення технологічних процесів – роботодавця.

До складу комісій з розслідування аварій, під час яких не сталося нещасних випадків та/або гострих професійних захворювань (отруєнь), входять представники ДСНС і Держпраці (за згодою).

У разі коли аварія сталася через проєктні недоробки або конструктивні недоліки устаткування, для участі в роботі комісії з розслідування аварії залучаються представники підприємства (установи, організації) - розробника такого устаткування (якщо підприємство (установа, організація) ліквідовано, а правонаступника немає, можуть залучатися підприємства (установи, організації), аналогічні за профілем розробників устаткування).

У ході розслідування комісія з розслідування аварії:

- визначає масштаб аварії;
- визначає необхідність утворення експертної комісії, яка встановлює обставини та причини аварії, фактори, що призвели до аварії, розробляє план заходів щодо запобігання виникненню подібних аварій та у разі потреби готує пропозиції стосовно коригування нормативної та проєктної документації;
- встановлює факти порушення вимог законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці, встановлює осіб, дії або бездіяльність яких призвели до виникнення аварії, розробляє план заходів щодо ліквідації її наслідків і запобігання подібним аваріям;
- надає інформацію про відповідність встановленим вимогам нехарчової продукції, під час використання (експлуатації) якої сталася аварія або використання (експлуатація) якої могло стати причиною аварії (однією з причин).

Комісія з розслідування аварії зобов'язана протягом 20 робочих днів провести розслідування обставин і причин аварії та скласти акт за формою Н-1.

Залежно від масштабу аварії у разі потреби зазначений строк може бути продовжений органом, що утворив комісію з розслідування аварії, з метою проведення додаткових досліджень або експертизи.

Збитки, заподіяні аварією, визначаються з урахуванням відомостей:

- категорія і масштаб аварії;
- прямі втрати, пов'язані з ліквідацією аварії, усього (тис. гривень)

у тому числі:

- ✓ на підприємстві (в установі, організації), де сталася аварія;
- ✓ на інших підприємствах (в установах, організаціях);
- ✓ від ураження населення, житлового фонду і майна громадян;
- ✓ від забруднення навколишнього природного середовища ;
- втрати, пов'язані з невиробленою продукцією, усього (тис. гривень)

у тому числі:

- ✓ на підприємстві, де сталася аварія.

До матеріалів розслідування аварій належать такі документи та їх копії:

✓ екстрене повідомлення закладу охорони здоров'я про звернення потерпілого з посиланням на нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння);

✓ повідомлення роботодавця (замовника робіт) про нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), звернення органу досудового розслідування, інформація, отримана з інших джерел (звернення юридичних і фізичних осіб тощо), рішення (постанова) суду про проведення розслідування чи повторного розслідування або про встановлення факту настання нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) у судовому порядку;

✓ копія наказу про утворення комісії з розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння);

✓ копія наказу про продовження строку розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння);

✓ копія наказу про утворення експертної комісії;

✓ примірник (копія) акта за формою Н-1;

✓ лист потерпілому (членам його сім'ї чи уповноваженій ними особі) про утворення комісії з розслідування (спеціального розслідування) нещасного

випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) та запрошення до співпраці;

- ✓ протоколи засідання комісії (спеціальної комісії) з розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) щодо розподілу обов'язків, зустрічі з потерпілим (членами його сім'ї чи уповноваженою ними особою);

- ✓ протокол огляду місця, де стався нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння);

- ✓ ескіз місця, де стався нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння), необхідні плани, схеми, фотознімки такого місця, пошкоджених об'єктів, устаткування, інструментів тощо;

- ✓ пояснювальні записки та протоколи опитування посадових осіб, потерпілих, свідків нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) та інших осіб;

- ✓ висновок експертизи (технічної, науково-технічної, медичної тощо) у разі проведення та/або експертної комісії у разі її утворення;

- ✓ копії протоколів технічного огляду транспортних засобів, результати діагностики обладнання (устаткування), випробувань і вимірювань електроустановок тощо;

- ✓ копії документів про проходження потерпілим навчання та інструктажів з питань охорони праці;

- ✓ копії документів про забезпечення потерпілого засобами індивідуального та колективного захисту;

- ✓ копії документів про проходження потерпілим попереднього та періодичного медичних оглядів;

- ✓ висновок про діагноз, причини смерті або характер і ступінь тяжкості травми потерпілого, стан алкогольного, токсичного чи наркотичного сп'яніння потерпілого;

- ✓ результати додаткових лабораторних досліджень шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, проведених установами, організаціями, лабораторіями, яким надано право проводити такі дослідження (у разі їх проведення);

- ✓ запити до органів та установ про надання відповідних висновків і матеріалів;

- ✓ відповіді (висновки) органів та установ;
 - ✓ копії декларацій відповідності матеріально-технічної бази вимогам законодавства з охорони праці або дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки відповідно до Порядку, затвердженого постановою КМ України від 26 жовтня 2011 р. № 1107;
 - ✓ витяги з нормативно-правових актів щодо охорони праці, вимоги яких порушені;
 - ✓ копії приписів служби охорони праці підприємства (установи, організації) (які стосуються даного випадку, об'єкта, цеху, дільниці тощо);
 - ✓ копії актів перевірок і розпорядчих документів територіальних органів Держпраці, постанов (ухвал) судових інстанцій (за наявності) — у разі проведення спеціального розслідування нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння);
 - ✓ копії протоколів про адміністративні правопорушення, що стосуються нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння), виданих роботодавцеві посадовими особами територіальних органів Держпраці під час проведення спеціального розслідування (за наявності);
 - ✓ інформація щодо відповідності встановленим вимогам нехарчової продукції, під час використання (експлуатації) якої сталися нещасний випадок та/або гостре професійне захворювання (отруєння) або використання (експлуатація) якої могло стати їх причиною (однією із причин), — у разі проведення спеціального розслідування;
 - ✓ інші документи залежно від обставин і причин нещасного випадку та/або гострого професійного захворювання (отруєння) за рішенням комісії.
- Голова комісії зі розслідування аварії зобов'язаний протягом 20 робочих днів (а у разі необхідності строк подовжується органом, що назначив комісію) провести розслідування. Факт перебування потерпілого у трудових відносинах з роботодавцем підтверджується Держпраці на запит голови комісії або у судовому порядку, а також письмово проінформувати потерпілого (членів сім'ї, або уповноважену особу) про їх права і запросити до співпраці.
- Має право запитувати та отримувати безоплатні висновки щодо потеплілих у лікувально-профілактичному закладу, закладу судово-медичних експертизи, органах прокуратури та інших органах.

До складу комісії входять:

- представник Фонду соціального страхування від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювання за місцезнаходженням підприємства;
- представник органу управління підприємства;
- представник місцевої держадміністрації;
- представник роботодавця в особі фахівця з охорони праці або роботодавець (у виняткових випадках);
- представник первинної організації профспілки незалежно від членства потерпілого в профспілці (у разі відсутності профспілки - уповноважена найманими працівниками особа з питань охорони праці);
- представник профспілкового органу вищого рівня або територіального профоб'єднання за місцем настання нещасного випадку;
- представник закладу державної санітарно-епідеміологічної служби, який здійснює санітарно-епідеміологічний нагляд за підприємством.

Друкування, тиражування та оформлення в необхідній кількості матеріалів розслідування аварії здійснює підприємство (установа, організація), де сталася аварія, та у п'ятиденний строк після завершення розслідування надсилає їх органам, представники яких брали участь у розслідуванні; територіальному органу Національної поліції, до підслідності якого віднесено досудове розслідування аварії, та територіальному органу Держпраці.

У разі розслідування аварії, що не призвела до нещасних випадків та/або гострих професійних захворювань (отруєнь), примірник акта за формою Н-1 зберігається на підприємстві (в установі, організації) до завершення вжиття заходів, визначених комісією з розслідування аварії, але не менше ніж два роки.

За результатами розслідування аварії та на підставі висновків відповідної комісії роботодавець зобов'язаний :

- проаналізувати причини виникнення аварії;
- розробити та наказом затвердити план заходів щодо запобігання виникненню подібних аварій у зазначений в акті розслідування;
- згідно із законодавством притягнути до відповідальності працівників за порушення вимог законодавства про охорону праці.

Роботодавець згідно з вимогами законодавства у сфері цивільного захисту та про охорону праці затверджує:

- ✓ план заходів щодо запобігання виникненню аварій, де зазначаються відомості про можливі аварії та інші надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, прогнозуються наслідки, передбачаються сили та засоби для їх ліквідації, а також строки здійснення таких заходів;

- ✓ план локалізації та ліквідації аварій, де зазначаються відомості про всі можливі аварії та інші надзвичайні ситуації, дії посадових осіб і працівників підприємства (установи, організації) у разі їх виникнення, обов'язки особового складу аварійно-рятувальних служб або працівників інших підприємств (установ, організацій), які залучаються до ліквідації наслідків аварій (надзвичайних ситуацій).

Особи, які проводили розслідування нещасних випадків та/або гострих професійних захворювань (отруєнь), причин виникнення хронічних професійних захворювань (отруєнь), аварій, несуть відповідальність згідно із законодавством за своєчасність та об'єктивність їх розслідування, обґрунтованість прийнятих рішень та виконання інших обов'язків, визначених цим Порядком.

Особи, які порушують або не виконують вимоги цього Порядку, створюють перешкоди розслідуванню або надають неправдиві свідчення, несуть відповідальність згідно із законодавством.

Контрольні запитання

1. Порядок запобігання аварій на підприємстві з об'єктам підвищеної небезпеки.
2. Порядок проведення оцінки робочого місця за умовами виконання робіт підвищеної небезпеки.
3. Основні вимоги законодавчих та нормативно-правових документів щодо запобігання аварій на виробництві.
4. Порядок забезпечення протидії аварійним ситуаціям на виробництві.
5. Оцінка та контроль безпечності промислових підприємств щодо організації техногенної безпеки на об'єктах підвищеної небезпеки.
6. Основні напрями запобігання аварійних ситуацій на об'єктах підвищеної небезпеки.
7. Особливості організації робіт з підвищеною небезпекою на виробництві.
8. Підсистема запобігання аварій і надзвичайних ситуацій техногенного характеру.
9. Засоби локалізації аварій на виробничих комунікаціях підприємствах.
10. Організація запобігання аварій при роботі з підйомно-транспортним обладнанням.
11. Організація запобігання аварій при роботі з обладнанням підвищеного тиску.
12. Системи моніторингу аварійних ситуацій на виробництві з підвищеною небезпекою.
13. Методи підготовки та прийняття рішень в умовах попередження аварій.
14. Повноваження суб'єктів господарювання, щодо попередження, локалізації та ліквідації наслідків аварій.
15. Методи та моделі прийняття рішень в умовах невизначеності, щодо ліквідації аварійних ситуацій.
16. Моделі ідентифікації запобігання аварій на виробництві
17. Методика оцінка стану об'єкта господарювання за умовами аварійних ситуацій.
18. Забезпечення стійкої роботи підприємств, установ та організацій в умовах аварійних ситуаціях.

19. Напрямки підвищення стійкості функціонування об'єктів господарської діяльності в умовах аварійних ситуаціях.

20. Заходи, спрямовані на попередження, зниження ризику та зменшення збитків від аварій.

Розділ 2

РОЗРАХУНКИ ЗАХОДІВ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

Практичне заняття 1

ВИЗНАЧЕННЯ МОЖЛИВИХ ОСЕРЕДКІВ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ УДАРНОЇ ХВИЛІ В НАСЛІДОК АВАРІЙ

Мета роботи. Надати здобувачам вищої освіти практичних навичок щодо визначення можливих осередків розповсюдження ударної хвилі, як наслідків вибухів на об'єктах підвищеної небезпеки.

Загальні питання. Однією із причин виробничих аварій є вибухи, які на промислових підприємствах супроводжуються обвалом і деформаціями споруд, пожежами, виходами з ладу енергосистем. Найчастіше спостерігаються вибухи котлів у котельнях, газів, апаратів, продукції і напівфабрикатів на хімічних підприємствах, парів бензину та інших складових палива, лакофарбових розчинників, нерідкі випадки вибуху побутового газу.

Причинами вибухів промислового газу (вугільного, дерев'яного пилу, газоповітряних сумішей) є відкритий вогонь або електрична іскра, зокрема від статичної електрики. Уражальним фактором будь-якого вибуху є ударна хвиля. Дія ударної хвилі на елементи споруд характеризується складним комплексом навантажень: прямий тиск, тиск відбиття, тиск обтікання, тиск затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль.

Ударна хвиля – зона стиснутого повітря, яка поширюється у всі боки від центру вибуху зі швидкістю, вищою за швидкість звуку.

Основний параметр ударної хвилі – надлишковий тиск у фронті ударної хвилі (ΔP_{ϕ}), кПа:

$$\Delta P_{\phi} = P_{\phi} - P_o, \quad (1.1)$$

де P_{ϕ} – максимальний тиск у фронті ударної хвилі при вибуху, кПа; P_o – атмосферний тиск, кПа (при розрахунку приймають 101 кПа).

Надлишковий тиск у будь-якій точці залежить від відстані до центра вибуху і маси продуктів вибуху. Ударна хвиля руйнує інженерні споруди, комунікації, дерева, завдає людям травм різного ступеня важкості. Як відомо, аварії

на об'єктах з вибухонебезпечними технологіями можуть призвести до витікання в атмосферу газоподібних або розріджених вуглеводневих продуктів.

При змішуванні вуглеводневих продуктів з повітрям утворюються вибухо- або пожежонебезпечні суміші – газоповітряні суміші (ГПС). Найбільш вибухо- і пожежонебезпечними є суміші з повітрям вуглеводневих газів: метану (CH_4), пропану (C_3H_8), бутану (C_4H_{10}) та ін.

Наприклад, вибух пропану можливий при наявності в 1 м^3 повітря – 21 літра газу, а загоряння – при наявності 9,5 літрів.

Розрахувати точне значення надлишкового тиску під час вибуху газоповітряної суміші у цьому випадку надзвичайно складно. Це пов'язано з невідомістю багатьох факторів, які впливають на утворення хмари суміші, наприклад, напрямок і швидкість руху повітря за певної щільності забудови, стан турбулентності атмосфери, температура і вологість повітря тощо.

На практиці широко використовують методики, які дають достовірні результати.

В одній з методик зону надзвичайної (аварійної) ситуації при вибуху ГПС ділять на три зони, як показано на рис. 1.1:

- зона детонації (детонаційної хвилі) (r_1 ; $P_{\phi 1} = 1700 - 1350 \text{ кПа}$);
- зона дії (поширення) продуктів вибуху (r_2 ; $P_{\phi 2} = 1350 - 314,6 \text{ кПа}$);
- зона повітряної ударної хвилі (r_3 ; $P_{\phi 3} \leq 314,6 \text{ кПа}$).

Основні параметри цих зон розраховуються наступним чином:

При можливому вибуху газоповітряної суміші:

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

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (1.2)$$

де Q – маса зрідженого газу, т.

У межах зони 1 діє надлишковий тиск $\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа}$.

Зона дії продуктів вибуху (зона 2) охоплює всю площу розльоту продуктів газоповітряної суміші в результаті її детонації. Радіус цієї зони обчислюється за формулою, м:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (1.3)$$

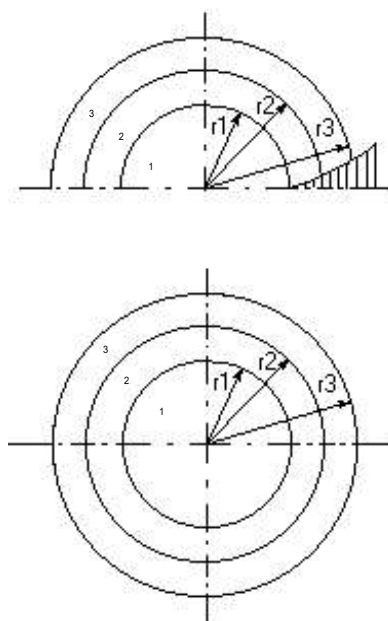


Рисунок 1.1 – Зони осередку вибуху газоповітряної суміші:

1 – зона детонаційної хвилі (r_1 , м; $P_{\phi 1} = 1700 - 1350$ кПа); 2 – зона дії продуктів вибуху (r_2 , м; $P_{\phi 2} = 1350 - 314,6$ кПа); 3 – зона дії повітряної ударної хвилі (r_3 , м; $P_{\phi 3} \leq 314,6$ кПа)

Надлишковий тиск в межах зони змінюється від 1350 до 314,6 кПа та визначається за формулою, кПа:

$$\Delta P_{\phi 2} = 1300 \left(\frac{r_1}{r} \right)^3 + 50, \quad (1.4)$$

де r – відстань від центру вибуху до точки, що розглядається, м.

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

Значення надлишкового тиску у цій зоні, кПа:

при $\varphi \leq 2$:

$$\Delta P_{\phi 3} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \cdot \varphi^3} - 1)}, \quad (1.5)$$

при $\varphi > 2$:

$$\Delta P_{\text{фз}} = \frac{22}{\varphi \sqrt{\lg \varphi + 0,158}}, \quad (1.6)$$

де $\varphi = 0,24 \cdot r / r_1$ допоміжний коефіцієнт.

При можливому вибуху парів бензину:

Визначають обсяг резервуара, заповненого парами бензину за формулою, м³:

$$V_{\text{пар.}} = V_{\text{емн.}} V_{\text{бенз.}}, \quad (1.7)$$

де $V_{\text{пар.}}$ – об’єм пару бензина в ємності, м³; $V_{\text{емн.}}$ – об’єм ємності, м³; $V_{\text{бенз.}}$ – об’єм бензина в ємності, м³, рівний ємності помноженій на відсоток її заповнення ($V_{\text{емн.}} \cdot \%_{\text{запов.}}$).

Визначають об’єм бензину, який знаходиться в пароподібному стані за формулою, м³:

$$V_{\text{бенз}}^{\text{пар}} = \frac{V_{\text{пар}} \cdot \Delta m}{100}, \quad (1.8)$$

де Δm – відсотковий вміст бензину, що знаходиться в пароподібному стані.

Розраховують масу бензину $Q_{\text{бенз}}(\text{т})$, що знаходиться в пароподібному стані за формулою:

$$Q_{\text{бенз}} = V_{\text{бенз}}^{\text{пар}} \cdot \rho, \quad (1.9)$$

де ρ – щільність пару бензину, т/м³ ($\rho = 0,75$ т/м³).

По діаграмі, представлений на рисунку 1.2 визначають максимально можливий надлишковий тиск та роблять висновки.

Результатом визначення осередків уражень в надзвичайних (аварійних) ситуаціях є інженерна обстановка, яка склалась на об’єкті в результаті вибуху характеризується ступенем руйнування будівель, споруд, комунально-енергетичних мереж, обладнання тощо, які можуть бути: повними, сильними, середніми та слабкими (дивись додаток Д1, таблиця Д.1.1).

Повне руйнування – руйнування і обвалення всіх елементів будинків, включаючи підвальних приміщень, ураження людей, що знаходяться в них. Збитки складають більше 70 % вартості основних виробничих фондів (більше 70 % балансової вартості будинків, споруд, комунікацій), подальше їх викори-

стання не можливе. Відновлення можливе тільки в порядку нового будівництва.

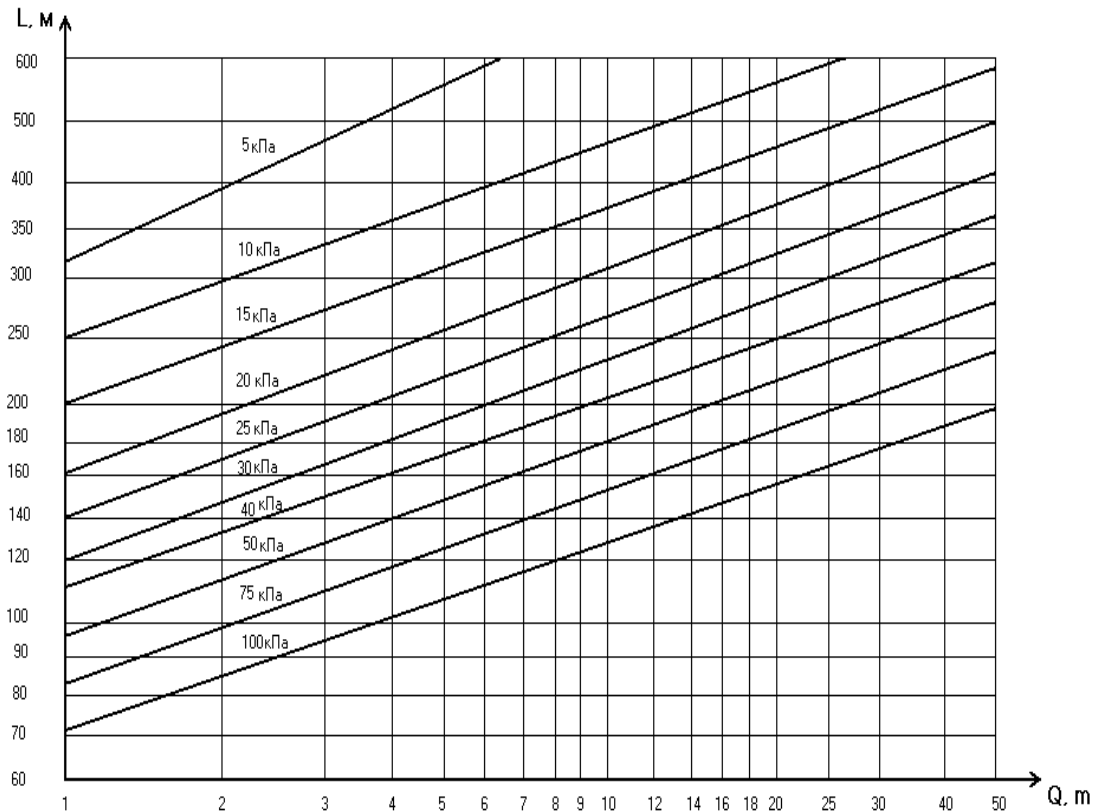


Рисунок 1.2 – Залежність надлишкового тиску від маси бензину, що знаходиться в пароподібному стані та відстані до об'єкта

Сильне руйнування – руйнування частини стін і перекриттів верхніх поверхів, виникнення тріщин в стінах, деформація перекриттів нижніх поверхів, ураження більшої кількості людей, що знаходилися в них. Збитки складають від 30 до 70 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будинків, споруд і комунікацій), можливе обмежене використання потужностей, що збереглися. Відновлення можливе в порядку капітального ремонту.

Середнє руйнування – руйнування головним чином другорядних елементів (покрівлі, перегородок, віконних і дверних заповнень), виникнення тріщин в стінах. Перекриття, як правило, не обрушені, підвальні приміщення збереглися, ураження людей, головним чином, уламками конструкцій. Збитки складають від 10 до 30 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості).

сті будинків, споруд і комунікацій). Промислове обладнання, техніка, засоби транспорту відновлюються в порядку середнього ремонту, а будинки і споруди – після капітального ремонту.

Слабке руйнування – руйнування віконних і дверних заповнень та перегородок. Можливе ураження людей уламками конструкцій. Підвали і нижні поверхи повністю збереглися і придатні для тимчасового використання після поточного ремонту будинків, споруд, обладнання і комунікацій. Збиток складає до 10 % вартості основних виробничих фондів (балансової вартості будинків і споруд). Відновлення можливе в порядку середнього або поточного ремонту.

Дія ударної хвилі на людину може призвести до різного ступеня травм: легких, середньої важкості, важких та вкрай важких (дивись додаток Д1, таблиця Д.1.1).

Практичні завдання

Розрахунок максимального надлишкового тиску, який утворився внаслідок вибуху на об'єкті підвищеної небезпеки

Завдання 1

При транспортуванні ємності з пропаном масою ___ т на відстані ___ м від об'єкта відбувся вибух. Будівля складу з легким металевим каркасом. На складі знаходилося обладнання середні верстати; електродвигуни до 1,5 кВт та 5 кВт; стелажі; кабельна наземна лінія.

Визначити: максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху; побудувати зони, які утворилися при вибуху пропану; оцінити характер травм персоналу.

Вихідні дані наведені у табл. 1.1 за варіантами.

Завдання 2

На складі підприємства трапився вибух ємності з бензином, ємність резервуара $V_{\text{емн.}} = \text{___ м}^3$, заповнення ємності бензином $m = \text{___ \%}$, вміст бензину в паровій фазі $\Delta m = \text{___ \%}$, відстань до цеху ___ м.

Будівля цеху з металевим каркасом та бетонним заповненням. В цеху знаходилося обладнання: середні та важкі верстати; електродвигуни до 10 кВт та 20 кВт; стелажі; кабельна наземна лінія; трансформаторна підстанція закритого типу.

Визначити: максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху; побудувати зони, які утворилися при вибуху ємності з бензином; оцінити характер травм персоналу.

Вихідні дані наведені у табл. 1.2 за варіантами.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані до задачі 1

Показник	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ємність з пропаном, т.	20	15	30	40	50	75	100	90	10	15
Відстань до об'єкту, м.	300	250	350	400	400	400	200	500	250	300
Показник	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ємність з пропаном, т.	25	16	35	45	55	70	100	90	20	25
Відстань до об'єкту, м.	200	350	250	400	300	350	500	450	250	300

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до задачі 2

Показник	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ємність, $V_{\text{емн}}$, м ³	1000	1500	1600	1000	1500	1000	1000	1500	1000	1500
Заповнення ємності бензином, m , %.	73	70	57	60	65	45	75	64	54	75
Вміст бензину в паровій фазі, Δm , %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Відстань до резервуару, L , м	180	200	200	200	200	150	150	200	200	150
Показник	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ємність, $V_{\text{емн}}$, м ³	1500	1000	1500	1600	1000	1500	1600	1200	1000	1600
Заповнення ємності бензином, m , %.	63	60	67	50	75	55	85	80	82	65
Вміст бензину в паровій фазі, Δm , %	3,0	3,0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3,0	3,0	3,0
Відстань до резервуару, L , м	100	220	150	100	250	250	150	250	200	250

Контрольні запитання

1. За якими принципами здійснюється визначення зон за вибухо- та пожежонебезпечністю?
2. Назвіть причини вибухів на виробництві.
3. Назвіть та охарактеризуйте основний уражальний фактор вибуху.
4. Назвіть порядок визначення зон руйнування у разі вибуху суміші повітря з вуглеводними газами у відкритому просторі.
5. Назвіть порядок визначення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Список джерел інформації

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013: № 34-35. Ст.458. Дата оновлення: 01.01.2019. Редакція, підстава – 2629-VII.
2. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02, НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 № 956. Дата оновлення: 12.01.2016. Редакція, підстава – 1097-2015-п.
3. Безпека праці в професійній діяльності. Частина II. Забезпечення техногенної безпеки та безпечних умов праці О.Г. Янчик, В. Ф., Райко, Ю.А., Петренко та інші /Навч. посіб./ – НТУ «ХП», Харків : 2020. – 316 с.

Практичне заняття 2

ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТА І ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ДО ВПЛИВУ УДАРНОЇ ХВИЛІ, ЯК НАСЛІДОК АВАРІЇ НА ОБ'ЄКТИ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Мета роботи. Надати здобувачам вищої освіти практичних навичок щодо визначення критеріїв стійкості об'єктів господарювання на виробництві.

Загальні питання. За критерієм стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі, беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки,

споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження).

При оцінці стійкості визначають наступне:

- максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\text{Фmax}}$ очікуване на об'єкті;
- виділяють основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність;
- визначають надлишковий тиск, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування;
- визначають межі стійкості кожного виділеного елементу до ударної хвилі щодо надлишковому тиску $\Delta P_{\text{Фlim}}$, при якому елементи одержують слабкі руйнування;
- визначають межі стійкості об'єкта в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів;
- аналізують, роблять висновки і пропозиції щодо підвищення стійкості.

Визначення максимально можливого надлишкового тиску у фронті ударної хвилі в районі об'єкта (його елементів)

Методика розрахунку максимально можливого надлишкового тиску в районі об'єкта (його елементів) на прикладах

а) *При можливому вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих сполук.*

Приклад 1. Визначити надлишковий тиск, очікуваний в районі механічного цеху при вибуху ємності, у якій знаходиться 50 т зрідженого пропану, відстань від ємності до цеху 200 м.

Рішення. Визначаємо радіус зони детонаційної хвилі (зони 1) за формулою, м:

$$r_1 = 17,3 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (2.1)$$

де Q – кількість зрідженого вуглеводневого газу, т.

$$r_1 = 17,3 \cdot \sqrt[3]{50} = 65 \text{ м.}$$

Розрахуємо радіус зони дії продуктів вибуху (зони 2) за формулою, м:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \quad (2.2)$$

$$r_2 = 1,7 \cdot 65 = 110 \text{ м.}$$

Визначимо відносну величину ψ за формулою:

$$\psi = 0,24 \frac{r_3}{r_1}, \quad (2.3)$$

де r_3 – відстань від центру вибуху до об'єкта (його елементів), м.

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{700}{65} = 0,73.$$

Розрахуємо максимальний можливий надлишковий тиск (кПа) у районі об'єкта (його елементів) за формулами:

при $\psi \leq 2$:

$$\Delta P_a = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \cdot \psi^3} - 1)}, \quad (2.4)$$

при $\psi > 2$:

$$\Delta P_\phi = \frac{22}{\psi(\sqrt{\lg \psi^3 + 0,158})}, \quad (2.5)$$

Так, як для даного прикладу $\psi < 2$, то $\Delta P_{\phi 3}$ розраховуємо за формулою 2.4:

$$\Delta P_{\phi 3} = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \cdot 0,73^3} - 1)} = 91 \text{ кПа.}$$

Отже, при вибуху 50 т зрідженого пропану в районі цеху надлишковий тиск у фронті ударної хвилі може складати 91 кПа.

б) При можливому вибуху парів бензину в ємності визначають масу бензину, що знаходиться в пароподібному стані і за даною масою розраховують максимальний можливий надлишковий тиск у фронті ударної хвилі на заданій відстані.

Приклад 2. Визначити максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху, якщо на відстані 200 м знаходиться резервуар об'ємом 1000 м^3 , заповнений бензином на 30 %. Концентрація бензину в паровій фазі по ємності 2 %, щільність бензину $0,75 \text{ т/м}^3$.

Рішення. Визначимо об'єм парів бензину (м^3) у резервуарі за формулою, м^3 :

$$V_{\text{пар}} = V_{\text{емн}} - V_{\text{бенз}}, \quad (2.6)$$

де $V_{\text{емн}}$ – об'єм ємності, м^3 ; $V_{\text{бенз}}$ – об'єм бензину в ємності, рівний ємності, помноженій на відсоток її заповнення, м^3 .

$$V_{\text{пар}} = 1000 - 1000 \cdot 30 / 100 = 700 \text{ м}^3.$$

Визначимо об'єм бензину, що знаходиться в пароподібному стані за формулою, м^3 :

$$V_{\text{бенз}}^{\text{пар}} = \frac{V_{\text{пар}} \cdot \Delta t}{100}, \quad (2.7)$$

де Δt – процентний вміст бензину, що знаходиться в пароподібному стані.

$$V_{\text{бенз}}^{\text{пар}} = \frac{700 \cdot 2}{100} = 14 \text{ м}^3.$$

Розрахуємо масу бензину, що знаходиться в пароподібному стані за формулою, т:

$$Q_{\text{бенз}} = V_{\text{бенз}}^{\text{пар}} \cdot \rho, \quad (2.8)$$

де ρ – щільність бензину, $\text{т}/\text{м}^3$.

$$Q_{\text{бенз}} = 14 \cdot 0,75 = 10,5 \text{ т}.$$

По рисунку 2.1 визначимо максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху на перетині ординат – відстань 200 м і маса бензину 10,5 т.

Для даної задачі $\Delta P_{\phi} = 40 \text{ кПа}$.

Отже, при руйнуванні ємності і вибуху парів бензину надлишковий тиск у районі цеху може скласти 40 кПа.

в) *При можливому вибуху звичайних вибухових речовин* максимальний можливий надлишковий тиск у районі об'єкта (його елементів) визначається за формулою, кПа:

$$\Delta P_{\phi} = 390 \sqrt{\frac{Q}{R^3}}, \quad (2.9)$$

де Q – маса вибухових речовин, кг (у тротиловому еквіваленті), R – відстань від можливого центру вибуху до об'єкта (його елементів), м.

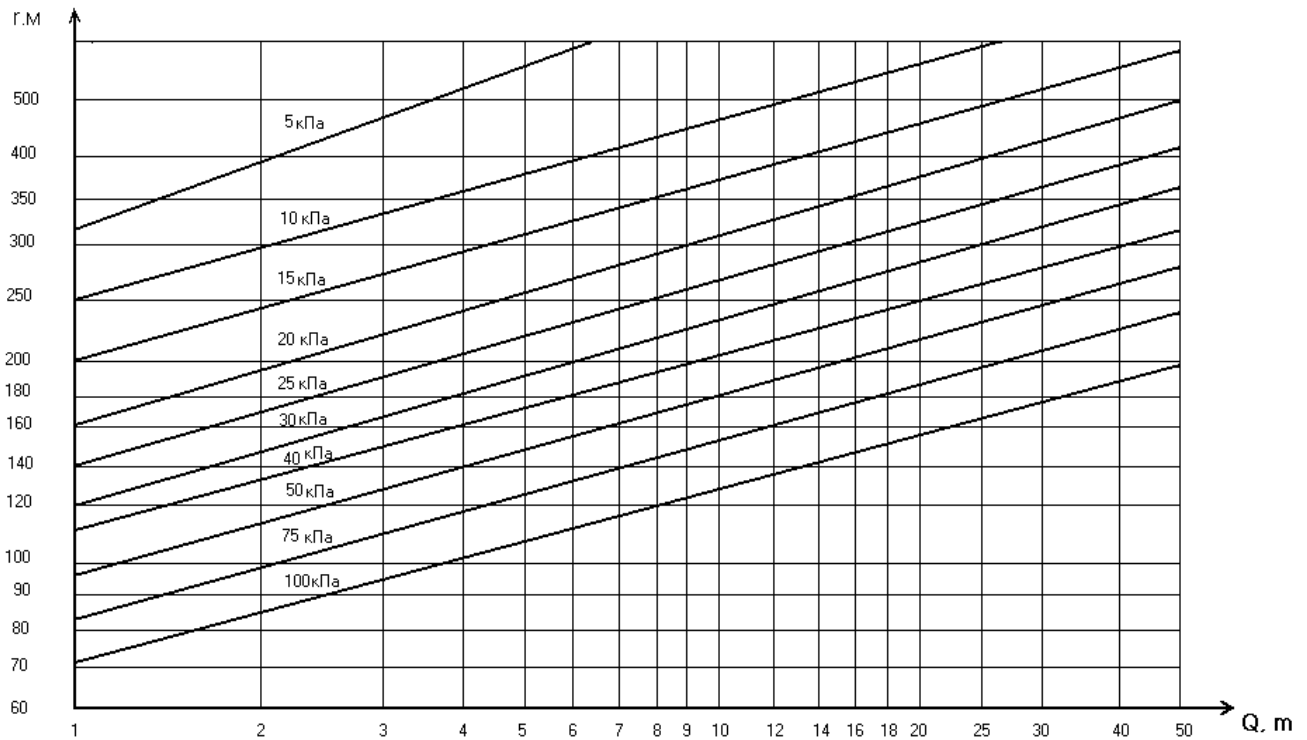


Рисунок 2.1 – Графік залежності радіуса зовнішньої границі зони дії надлишкового тиску від маси бензину у пароподібному стані

Приклад 3. Визначити можливий надлишковий тиск у фронті ударної хвилі в районі цеху, якщо на відстані 250 м від нього розташований склад, на якому зберігається 100 т вибухових речовин.

Рішення. Розрахуємо можливий надлишковий тиск у районі цеху при вибуху 100 т вибухових речовин за формулою 2.9:

$$\Delta P_{\phi} = 390 \sqrt{\frac{10^5}{250^3}} = 31 \text{ кПа.}$$

г) *Оцінка стійкості роботи об'єкта (його елементів) до впливу ударної хвилі.*

Приклад 4. Максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху 30 кПа. Характеристика цеху: будинок одноповерховий, цегляний, безкаркасний. Технологічне устаткування включає: крани і кранове устаткування, важкі верстати, трубопроводи (повітропроводи) на металевих естакадах і кабельні наземні мережі.

Рішення. Визначимо максимальне значення надлишкового тиску, очікуваного в районі цеху, за методикою, наведеною в прикладі 1. Для даних умов він дорівнює 29 кПа.

Виділимо основні елементи цеху (мостові крани і верстати, система повітря подачі й електромережа.) Їх характеристики запишемо до зведеної таблиці результатів оцінки.

За таблицею 2.1 знайдемо для кожного елементу цеху надлишковий тиск, що викликає слабкі, середні, сильні і повні руйнування. Так, будинок цеху з зазначеними характеристиками одержить слабкі руйнування при надлишковому тиску 10...20 кПа, середні – при 20...35 кПа, сильні – при 35...40 кПа, повні – при 45 кПа і більше. Ці дані відбиваються в таблиці 2.2 за шкалою надлишкових тисків умовними знаками.

Аналогічно визначають і вносять до таблиці 2.2 дані всіх інших елементів цеху.

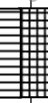
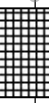
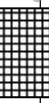
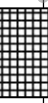
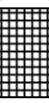
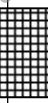
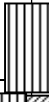
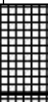
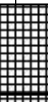
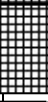
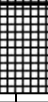
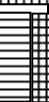
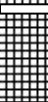
Знайдемо межу стійкості кожного елементу цеху: максимальне значення надлишкового тиску, що викликає слабкі руйнування. Будинок цеху має межу стійкості до ударної хвилі – 20 кПа, крани і кранове устаткування – 30 кПа, верстати – 40 кПа, і т.д. Отримані дані записують у таблицю.

Визначимо межу стійкості цеху в цілому за мінімальною межею стійкості елементів, що входять до його складу ($\Delta P_{\phi \min} = 20$ кПа). .

Таблиця 2.1 – Ступені руйнування елементів об’єкта при різних надлишкових тисках ударної хвилі, кПа

Елементи об’єкта	Руйнування		
	слабке	середнє	сильне
Виробничі, адміністративні будинки і спорудження			
1. Масивні промислові будинки з металевим каркасом і крановим устаткуванням	20-40	40-50	50-60
2. Бетонні і залізобетонні будинки і будинки антисейсмічної конструкції	25-80	80-100	120-200
3. Будинки з легким металевим каркасом	10-20	20-30	30-50
4. Будинки із збірного залізобетону	10-20	20-30	30 і більш
5. Цегельні виробничі будинки	10-20	20-35	35-45
6. Будинки трансформаторної підстанції	10-20	20-40	40-60
7. Цегельні житлові будинки	8-15	15-25	25-35
8. Дерев’яні будинки	6-8	8-12	12-20
Деякі види устаткування			
1. Верстати важкі, контактні печі	25-40	40-60	60-70
2. Верстати середні, електролітичні ванни	15-25	25-35	35-45
3. Верстати легкі	6-12	12-15	15-25
4. Підйомно-транспортне устаткування	20-50	50-60	60-80
5. Трансформатори і генератори	30-40	40-60	60 і більш
6. Відкриті розподільні пристрої	15-25	25-35	35 і більш
7. Масляні вимикачі	10-20	20-30	30 і більш
8. Контрольно-вимірювальна апаратура (прилади)	5-10	10-20	20-30
9. Газгольдери і наземні резервуари для ПММ і хімічних речовин	15-20	20-30	30-40
10. Підземні металеві і залізобетонні резервуари	20-50	50-100	100-200
11. Наземні металеві резервуари	30-40	40-70	70-90
12. Розподільні пристрої і допоміжне ЕУ електростанцій	30-40	40-60	60-80
13. Кабельні підземні лінії	200-300	300-600	600-1000
14. Кабельні наземні лінії	10-30	30-50	50-60
15. Повітряні лінії високої напруги	25-30	30-50	50-70
16. Повітряні лінії низької напруги	20-60	60-100	100-160
17. Трубопроводи наземні	20-50	50-130	130 і більш
18. Трубопроводи на металевих і залізобетонних естакадах.	20-30	30-40	40-50

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця оцінки стійкості основних елементів об'єкта до дії повітряної ударної хвилі

№ елемента	Назва елемента об'єкта	Ступінь руйнувань при ΔP_{ϕ} , кПа										Межа стійкості, кПа	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	елемента об'єкта	об'єкта
1	Промислова будівля з металевим каркасом											20	20
9	Верстати Важкі											40	
10	Крани і кранове обладнання											30	
11	Підйомне-транспортне обладнання											50	

Примітка:

 слабкі руйнування;
 середні руйнування;
 сильні руйнування;
 повні руйнування.

Висновки:

1. При заданих вихідних даних цех нестійкий до ударної хвилі, так як $\Delta P_{\phi \min} > \Delta P_{\phi \lim}$ (30 кПа > 20кПа).
2. Доцільна межа стійкості за економічними розуміннями приймається 30кПа.
3. При 30 кПа, максимальному можливому надлишковому тиску, цех нестійкий у роботі.

Пропозиції. Для підвищення стійкості цеху до 30 кПа необхідно підвищити стійкість споруд цеху пристроєм контрфорсів, підкосів, додаткових рамних конструкцій; кабельну електромережу і повітропроводи прокласти під землею; уразливі вузли кранів і кранового устаткування закрити захисними кожухами; установити додаткові колони кранів.

Практичне завдання.

Оцінка стійкості об'єкта підвищеної небезпеки при можливій аварії з розповсюдження ударної хвилі як наслідок вибуху

Завдання 1

Провести оцінку стійкості приміщення і обладнання виробничого цеху при можливому вибуху небезпечних речовин: зрідженого газу пропан, парів бензину та тротилу, шляхом:

- визначення максимального надлишкового тиску ударної хвилі при вибуху;
- за результатами розрахунків скласти відповідні зведені таблиці оцінки стійкості основних елементів виробничого приміщення до дії повітряної ударної хвилі;
- провести аналіз, зробити висновки та пропозиції щодо підвищення стійкості приміщення та обладнання виробничого цеху.

Завдання виконувати за визначеними варіантами завдань, які наведені в таблицях 2.3 – 2.6.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху звичайних вибухових речовин

Найменування	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вибухових речовин, т	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	5	5,5	6
Відстань від будинку цеху, м	100	100	95	90	85	80	70	100	110	110
Будинок цеху	безкаркасна конструкція							з легким металевим каркасом		
Устаткування цеху	верстати важкі і середні							верстати середні і легкі		
	кранове устаткування, контрольно-вимірювальні прилади (не захищені).									
	лінія електропостачання кабельна наземна									

Продовження таблиці 2.3

Найменування	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Маса вибухових речовин, т	6,5	7	8	10	12	15	17,5	20	25	7,5
Відстань від будинку цеху, м	115	120	125	135	145	135	145	150	160	120
Будинок цеху	з легким металевим каркасом				зі збірного залізобетону					
Устаткування цеху	верстати середні і легкі				верстати важкі і легкі					
	кранове устаткування, контрольно-вимірювальні прилади (незахищені)									
	лінія електропостачання кабельна наземна									

Таблиця 2.4 – Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з метаном

Найменування	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса ємності з метаном, т	100	750	50	40	30	15	20	150	200	5
Відстань до споруди цеху, м	500	400	200	400	350	250	300	500	600	100
Споруда цеху	з легким металевим каркасом							зі збірного залізобетону		
Устаткування цеху	контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	трубопроводи на металевих естакадах. трубопроводи наземні									
	верстати середні і легкі							верстати середні і важкі		
	наземна кабельна лінія									
Найменування	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Маса ємності з метаном, т	10	15	200	300	400	500	250	350	450	500
Відстань до споруди цеху, м	200	100	700	500	600	800	650	400	500	900
Споруда цеху	Зі збірного залізобетону				Промисловий з металевим каркасом					
Устаткування цеху	Контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	Трубопроводи на металевих естакадах. Трубопроводи наземні									
	Верстати середні і важкі				Верстати важкі і легкі					

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з пропаном

Найменування	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса ємності з пропаном, т	150	200	250	300	350	400	450	500	20	15
Відстань до РПП, м	500	500	600	700	700	800	800	900	300	250
Споруда ЗРУ	зі збірного залізобетону							цегляне		
Устаткування	осередку КРУ (по стійкості відповідають середнім верстатам) трансформатори, масляні вимикачі, ПЛ високої напруги									
Найменування	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Маса ємності з пропаном, т	30	40	50	100	5	10	15	25	30	50
Відстань до РПП, м	350	400	400	500	200	250	300	350	300	450
Споруда ЗРУ	цегляне									
Устаткування	осередку КРУ (по стійкості відповідають середнім верстатам) Трансформатори, масляні вимикачі, ПЛ високої напруги									

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з бензином

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Об'єм резервуара з бензином, $V_{\text{ємн}}$, м ³	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Заповнення ємності бензином, %	60	46,5	52	57	62,5	70	73	64	69	75
Масова частка бензину в паровій фазі, Δm , %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3
Відстань, L, м	200	200	200	200	200	200	180	200	200	200
Споруда цеху	промисловий з металевим каркасом									
Устаткування цеху	контрольно-вимірювальні прилади (незахищені)									
	верстати важкі і середні							середні і легкі		
	трубопроводи на залізобетонних естакадах, наземні кабельні лінії									

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Найменування	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Об'єм резервуара з бензином, $V_{\text{емн}}$, м ³	1000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1000	1000	2000
Заповнення ємності бензином, Δm , %	79	45	45	60	54	54	70	54	60	70
Масова частка бензину в паровій фазі, %	3	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3	3
Відстань, L , м	180	350	300	250	350	300	250	200	200	200
Споруда цеху	з легким металевим каркасом				зі збірного залізобетону					
Устаткування цеху	контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	середні і легкі					верстати легкі і важкі				
	трубопроводи на залізобетонних естакадах. трубопроводи наземні									
	наземні, кабельні лінії.									

Контрольні запитання:

1. Як визначається максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\text{фмак}}$ на об'єкті?
2. Назвіть основні елементи на об'єкті, від яких залежить його працездатність.
3. Назвіть надлишковий тиск, при якому будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування.

4. Назвіть межі стійкості кожного виділеного елементу до ударної хвилі щодо надлишкового тиску ΔP_{flim} , при якому елементи одержують слабкі руйнування.

Список джерел інформації

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013: № 34-35. Ст.458. Дата оновлення: 01.01.2019. Редакція, підстава – 2629-VII.

2. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02, НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 № 956. Дата оновлення: 12.01.2016. Редакція, підстава – 1097-2015-п.

3. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) : наказ Мінрегіон України від 15.06.2016 р. № 158. Код УКНД (ДК 004-2008) : 13.220, 91.040.20.

4. Безпека праці в професійній діяльності. Частина II. Забезпечення техногенної безпеки та безпечних умов праці О.Г. Янчик, В. Ф., Райко, Ю.А., Петренко та інші /Навч. посіб./ – НТУ «ХПІ», Харків : 2020. – 316 с.

Практичне заняття 3

РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ КРИТЕРІЇВ ВИБУХОПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЛЯ ПРИМІЩЕНЬ КАТЕГОРІЙ А, Б

Мета роботи. Надати здобувачам вищої освіти практичних навичок щодо визначення основних критеріїв категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Загальні питання. При розрахунку значень критеріїв вибухопожежної небезпеки, як розрахунковий, слід вибирати найбільш несприятливий варіант аварії або період нормальної роботи апаратів, при якому у вибуху бере участь найбільша кількість речовин і матеріалів, найбільш небезпечних щодо наслідків вибуху. Кількість речовин, які потрапили до приміщення і які можуть

утворювати вибухонебезпечні газоповітряні, пилоповітряні або пароповітряні суміші, визначається, виходячи з наступних передумов:

- а) проявилися можливості аварійного стану одного з апаратів;
- б) увесь вміст апарата потрапляє до приміщення;
- в) відбувається одночасне витікання речовин з трубопроводів, які живлять апарат по прямому і зворотному потоках, протягом часу, який необхідний для перекривання трубопроводів.

Розрахунковий час перекривання трубопроводів визначається у кожному конкретному випадку, виходячи з реальної обстановки, і має бути мінімальним з урахуванням паспортних даних на запірні пристрої, характеру технологічного процесу та виду розрахункової аварії.

Розрахунковий час перекривання трубопроводів слід приймати таким, що дорівнює:

- ✓ часу спрацювання (приведення в дію) системи автоматики відключення (перекривання) трубопроводів, згідно з паспортними даними установки, якщо ймовірність відмови системи автоматики не перевищує 10^{-6} на рік або забезпечується резервування її елементів;
- ✓ 120 с, якщо ймовірність відмови системи автоматики перевищує 10^{-6} на рік та в системі автоматики не забезпечується резервування її елементів;
- ✓ 300 с, у разі ручного відключення (перекривання).

Не допускається використання технічних засобів для перекривання трубопроводів, для яких час перекривання перевищує наведені вище значення. Швидкодіючі клапани-відсікачі повинні автоматично перекривати подавання газу (рідини) у разі порушення електрозабезпечення або при спрацюванні автоматичної пожежної сигналізації;

- г) відбувається випаровування небезпечних речовин з поверхні рідини, що розлилася.

Площа випаровування (F_v), у разі розливу на підлогу, визначається (у разі відсутності довідникових даних), виходячи з розрахунку, що 1 л сумішей та розчинів, які містять 70 % і менше (по масі) розчинників, розливається на площі $0,5 \text{ м}^2$, а інших рідин – на 1 м^2 підлоги приміщення;

д) відбувається випаровування рідини з відкритої поверхні ємностей технологічного обладнання та з поверхонь, на які за технологічним процесом нанесена горюча рідина, що на час аварії знаходиться у стадії висихання.

Тривалість випаровування рідини приймається рівною часу її повного випаровування, але не більше 3600 с.

Кількість пилу, який може утворювати вибухонебезпечну суміш, визначають, виходячи з таких передумов:

✓ розрахунковій аварії передувало накопичення пилу у виробничому приміщенні, яке відбувалося в умовах нормального режиму роботи (наприклад, внаслідок виділення пилу з негерметичного виробничого обладнання);

✓ у момент розрахункової аварії відбулась планова (при ремонтних роботах) або позапланова розгерметизація одного з технологічних апаратів, в результаті якої відбувся аварійний викид у приміщення усього пилу, що знаходився в апараті.

Вільний об'єм приміщення ($V_{\text{вільн}}$) визначають як різницю між геометричним об'ємом приміщення (з урахуванням підвісних стель у разі їх наявності) і об'ємом, який займає технологічне обладнання. Якщо вільний об'єм приміщення визначити неможливо, допускається приймати його рівним 80 % від загального об'єму приміщення.

Якщо під час аварійної ситуації можливе виділення горючих газів (ГГ), парів легкозаймистих речовин (ЛЗР), горючих речовин (ГР), горючого пилу та волокон, надлишковий тиск вибуху у приміщенні слід визначати як суму надлишкових тисків вибуху, які розраховані окремо для ЛЗР, ГГ, ГР, горючого пилу та волокон.

Розрахунок надлишкового тиску вибуху для ГГ, парів легкозаймистих та горючих рідин. Надлишковий тиск вибуху ΔP , кПа для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, N, Cl, Br, I, F визначається за формулою:

$$\Delta P = (P_{\text{max}} - P_o) \frac{m \cdot Z}{V_{\text{вільн}} \cdot \rho_{\text{Г,П}}} \cdot \frac{100}{C_{\text{ст}}} \cdot \frac{1}{K_n}, \quad (3.1)$$

де P_{max} – максимальний тиск вибуху стехіометричної газо- або пароповітряної суміші у замкнутому об'ємі, який визначається дослідним шляхом або

приймається за довідниковими даними, кПа. У разі відсутності таких даних, допускається приймати $P_{\max}$ таким, що дорівнює 900 кПа; P_o – атмосферний тиск, кПа (допускається приймати таким, що дорівнює 101,3 кПа); m – маса ГГ і парів ЛЗР та ГР, що потрапили в результаті розрахункової аварії до об’єму приміщення; Z – коефіцієнт участі ГГ і парів ЛЗР та ГР у вибуху, який може бути розрахований на підставі характеру розподілення газів і парів в об’ємі приміщення за таблицею 4.1; $V_{\text{вільн}}$ – вільний об’єм приміщення, м^3 ; $\rho_{\text{Г,Л}}$ – густина ГГ або парів ЛЗР та ГР за розрахункової температури t_p , $\text{кг}/\text{м}^3$, $C_{\text{ст}}$ – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.); K_n – коефіцієнт, що враховує негерметичність приміщення й неадіабатичність процесу горіння. Допускається приймати K_n рівним 3.

Масу горючих газів (ГГ) визначають за формулою, кг:

$$m = (V_o + V_T) / \rho_{\text{Г}}, \quad (3.2)$$

де V_o – об’єм ГГ, що вийшов з апарата, м^3 ; V_T – об’єм ГГ, що вийшов з трубопроводів, м^3 ; $\rho_{\text{Г}}$ – густина ГГ за розрахункової температури t_p , $\text{кг}/\text{м}^3$.

Маса парів ЛЗР та ГР, кг:

$$m = W \cdot F_{\text{в}} \cdot \tau, \quad (3.3)$$

де W – інтенсивність випаровування, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$; $F_{\text{в}}$ – площа випаровування, м^2 , яку визначають відповідно до п. 7.1.2 ДСТУ Б В.1.1-36:2016, залежно від маси рідини, що потрапила до приміщення; $\tau_{\text{в}}$ – тривалість випаровування ЛЗР та ГР до приміщення відповідно до п. 7.1.2 ДСТУ Б В.1.1-36:2016, с.

Густина ГГ або парів ЛЗР та ГР за розрахункової температури t_p , $\text{кг}/\text{м}^3$ визначається за формулою:

$$\rho_{\text{ГЛ}} = \frac{M}{V_o \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)}, \quad (3.4)$$

де M – молярна маса, $\text{кг} \cdot \text{кмоль}^{-1}$; V_o – мольний об’єм, що дорівнює $22,413 \text{ м}^3 \text{ кмоль}^{-1}$, t_p – розрахункова температура, $^{\circ}\text{C}$.

Стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, визначається за формулою, % (об):

$$C_{\text{ст}} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (3.5)$$

де $\beta = \eta_{\text{с}} + \frac{\eta_{\text{н}} - \eta_{\text{х}}}{4} - \frac{\eta_{\text{о}}}{2}$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції горіння (під час розрахунку β атоми азоту не враховуються); $\eta_{\text{с}}$, $\eta_{\text{н}}$, $\eta_{\text{о}}$, $\eta_{\text{х}}$ – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ЛЗР та ГР.

Негерметичність приміщення обумовлена постійно відкритими прорізами в огорожувальних конструкціях приміщення.

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

Таблиця 3.1 – Значення коефіцієнта Z участі ГГ або парів ЛЗР, ГР у вибуху

Вид горючої речовини	Значення Z
Водень	1,0
ГГ (крім водню)	0,5
ЛЗР та ГР, які нагріті до температури спалаху і вище	0,3
ЛЗР та ГР, які нагріті нижче температури спалаху, за умови можливості утворення аерозолі	0,3
ЛЗР та ГР, які нагріті нижче температури спалаху, за неможливості утворення аерозолі	0

Визначення надлишкового тиску вибуху для вибухонебезпечних сумішей, які містять ГГ, пари і пил. Розрахунковий надлишковий тиск вибуху ΔP для складних вибухонебезпечних сумішей, які містять ГГ (пари) і пил, визначають за формулою:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2, \quad (3.6)$$

де ΔP_1 та ΔP_2 – відповідно надлишкові тиски вибуху, розраховані для ГГ (парів) та горючого пилу.

В таблиці 3.2 наведені фізико-хімічні характеристики деяких легкозаймистих та горючих рідин, які використовуються при оцінці вибухопожежонебезпеки об'єктів.

Таблиця 3.2 – Фізико-хімічні характеристики деяких легкозаймистих та горючих рідин

Речовина	Температура спалаху ($t_{\text{доп}}$), °C	Молекулярна маса, г/моль	Стехіометрична концентрація $C_{\text{ст}}$, % (об) / Стехіометричний коефіцієнт кисню, β	Густина парів $\rho_{\text{г,п}}$, кг/м ³	Інтенсивність випаровування W , кг·с ⁻¹ ·м ⁻²	Тиск насиченої пари при 20 °C, кПа	Густина речовини, кг/м ³
Ацетон	18	58,08	4,91/4	2	0,655	24,54	790,8
Бензин	36	102,2	1,89/10,75	3,5	0,385	10,5	730
Гас	28	191,7	1/20,75	3,8	0,0072	0,15	834
Спирт етиловий	13	46,1	6,44/3	1,6	0,14	5,87	789,3
Ізопропіловий спирт	8	60,1	4,4/4,5	2,1	0,145	5,87	785,1
Толуол	4	92,1	2,24/9	3,2	0,179	2,97	866,9
Уайт-спірит	33-36	147,3	1,26/16,2	4,5-5,0	0,016	0,37	770

Практичні завдання

Розрахунок значень основних критеріїв вибухопожежної небезпеки для приміщень категорій А, Б

Завдання 1

Визначити категорію вибухопожежної небезпеки приміщення об'ємом ____ м³, якщо відомо, що в ньому використовується _____ і у випадку аварії на підлозі приміщення може розлитися ____ л цієї легкозаймистої рідини. Температура у приміщенні: ____ °C.

Провести розрахунки значень критеріїв вибухопожежної небезпеки виробничих приміщень.

Обґрунтувати категорії вибухопожежної небезпеки виробничих приміщень на підставі отриманих розрахунків при рішенні завдання.

Вихідні дані згідно варіанту наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Варіанти завдань до задачі 1 для визначення категорії вибухопожежної небезпеки приміщень

Варіант	Об'єм виробничого приміщення, м ³	Вид речовини	Об'єм розлитої речовини, л	Температура в виробничому приміщенні, °C
1	98	уайт-спірит	2,5	25
2	102	ізопропіловий спирт	1,5	20
3	87	гас (керосин)	2,0	25
4	96	спирт етиловий	2,5	20
5	105	бензин	1,5	25
6	120	ацетон	2,0	20
7	125	толуол	2,5	20
8	88	бензин	1,0	25
9	115	спирт етиловий	2,5	20
10	129	ізопропіловий спирт	2,5	20
11	130	уайт-спірит	2,0	20
12	123	ацетон	2,5	20
13	145	гас (керосин)	2,5	25
14	139	толуол	2,0	20
15	108	уайт-спірит	2,5	25
16	118	спирт етиловий	2,0	20
17	99	ацетон	1,5	20
18	86	ізопропіловий спирт	1,5	20
19	127	бензин	2,5	25
20	132	гас (керосин)	2,5	25

Приклад. Визначити категорію вибухопожежної небезпеки приміщення об'ємом 100 м³, якщо відомо, що в ньому використовується етиловий спирт (C₂H₅OH) і у випадку аварії на підлозі приміщення може розлитися 1,5 л цієї легкозаймистої рідини. Температура у приміщенні: 25°C, температура спалаху етилового спирту: 13°C.

Рішення. Маса парів етилового спирту, які можуть потрапити у приміщення в результаті аварії, визначаються за формулою 3.3. Площу випаровування F_v , м², визначають відповідно до п. 7.1.2 ДСТУ Б В.1.1-36:2016, залежно

від маси рідини, що потрапила до приміщення; тривалість випаровування ЛЗР та ГР до приміщення $\tau_{в,}$, визначають відповідно до п. 7.1.2 ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Згідно загальних положень методики розрахунку основних критеріїв вибухопожежної небезпеки для приміщень категорій А та Б приймаємо площу випаровування розлитої речовини $F_v = 1,5 \text{ м}^2$ та тривалість випаровування $\tau = 3600 \text{ с}$. Для етилового спирту (за таблицею 3.2) $W = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \text{ м}^{-2}$. Тоді $m = 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot 1,5 \cdot 3600 = 0,756 \text{ кг}$.

Надлишковий тиск вибуху для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, О, визначається за формулою 3.1.

Приймаємо: $P_{max} = 900 \text{ кПа}$, $K_H = 3$; $V_{вільн} = 0,8 \cdot 100 = 80 \text{ м}^3$;

$P_0 = 101 \text{ кПа}$; $Z = 0,3$ (за таблицею 3.1); $\rho_{г,п} = 1,6 \text{ кг/м}^3$ (за таблицею 3.2); $C_{ст} = 6,44 \%$ (за таблицею 3.2), тоді:

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot (0,756 \cdot 0,3 / 80 \cdot 1,6) \cdot (100 / 6,44) (1/3) = 7,33 \text{ кПа}$$

Висновок. Оскільки можливий надлишковий тиск вибуху парів етилового спирту в даному приміщенні більший 5 кПа, а температура спалаху етилового спирту менша 28 °С, то за вибухопожежною небезпекою приміщення буде належати до категорії А (дивись Додаток Д2, таблиця Д 2.1).

Завдання 2

Визначити категорію вибухопожежної небезпеки насосної станції, яка складається з ємкостей, що знаходяться під землею, та наземного приміщення, в якому встановлені насоси АСВН-80А продуктивністю $L = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ ($0,0083 \text{ м}^3/\text{с}$). В ємностях зберігаються легкозаймиста речовина _____, яка насосами перекачується по трубопроводах.

Площа наземного приміщення – _____ м^2 , його об'єм – _____ м^3 .

Провести розрахунки значень критеріїв вибухопожежної небезпеки виробничих приміщень.

Обґрунтувати категорії вибухопожежної небезпеки виробничих приміщень на підставі отриманих розрахунків при рішенні задач. Вихідні дані для розрахунку за варіантами наведено у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Варіанти завдань до задачі 2 для визначення категорії вибухопожежної небезпеки приміщень

Варіант	Площа виробничого приміщення, м ²	Вид речовини	Об'єм виробничого приміщення, м ³	Температура в виробничому приміщенні, °С
1	98	уайт-спірит	588	25
2	102	ізопропіловий спирт	612	20
3	87	гас (керосин)	435	25
4	96	спирт етиловий	480	20
5	105	бензин	525	25
6	120	ацетон	720	20
7	125	толуол	625	20
8	88	бензин	440	25
9	115	спирт етиловий	690	20
10	129	ізопропіловий спирт	774	20
11	130	уайт-спірит	780	20
12	123	ацетон	738	20
13	145	гас (керосин)	870	25
14	139	толуол	834	20
15	108	уайт-спірит	648	25
16	118	спирт етиловий	708	20
17	99	ацетон	495	20
18	86	ізопропіловий спирт	430	20
19	127	бензин	762	25
20	132	гас (керосин)	792	25

Приклад. Визначити категорію вибухопожежної небезпеки насосної станції, яка складається з ємкостей, що знаходяться під землею, та наземного приміщення, в якому встановлені насоси АСВН-80А продуктивністю $L = 30$ м³/год (0,0083 м³/с). В ємностях зберігаються легкозаймисті речовини – ацетон (C₃H₆O) та уайт-спірит (суміш рідких аліфатичних та ароматичних вуглеводнів), які насосами перекачуються по трубопроводах. Площа наземного приміщення – 108 м², його об'єм – 648 м³.

Рішення. Розрахунок проводимо за ацетоном (температура спалаху 17 °С), як найбільш вибухопожежонебезпечною ЛЗР.

Приймаємо розрахунковий час відключення трубопроводів $\tau = 300$ с у разі ручного відключення (згідно загальних положень методики розрахунку основних критеріїв вибухопожежної небезпеки для приміщень категорій А та Б).

Тоді кількість ацетону, що може надійти в приміщення у випадку аварії з обох частин ушкодженого трубопроводу становить:

$$m_{\text{тр}} = 2 L \cdot \tau = 2 \cdot 0,0083 \cdot 300 = 5 \text{ м}^3 = 5000 \text{ л.}$$

Враховуючи, що 1 л ацетону розливається на площі підлоги 1 м², то у випадку аварії вся площа приміщення насосної станції буде залита ацетоном.

Визначимо масу парів ацетону, що можуть надійти в приміщення насосної станції у випадку аварії, за формулою 3.3.

Для ацетону (дивись таблицю 3.2) інтенсивність випаровування дорівнює: $W = 0,655 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$.

Згідно загальних положень методики розрахунку основних критеріїв вибухопожежної небезпеки для приміщень категорій А та Б приймаємо $F_{\text{в}} = 108 \text{ м}^2$ та $\tau = 3600 \text{ с}$, тоді: $m = 0,655 \cdot 10^{-3} \cdot 108 \cdot 3600 = 254,66 \text{ кг}$.

Надлишковий тиск вибуху для індивідуальних горючих речовин, які складаються з атомів С, Н, визначається за формулою (3.1).

Приймаємо: $P_{\text{max}} = 900 \text{ кПа}$, $K_{\text{н}} = 3$; $V_{\text{вільн}} = 0,8 \cdot 648 = 518,4 \text{ м}^3$; $P_0 = 101 \text{ кПа}$; $Z = 0,3$ (табл. 4.1); $\rho_{\text{г,л}} = 2 \text{ кг/м}^3$ (табл. 4.2); $C_{\text{ст}} = 4,91 \%$ (табл. 4.2), тоді

$$\Delta P = (900 - 101) \cdot (254,66 \cdot 0,3 / 518,4 \cdot 2) \cdot (100 / 4,91) \cdot (1 / 3) = 399,7 \text{ кПа.}$$

Висновок. Оскільки можливий надлишковий тиск вибуху парів ацетону в даному приміщенні більший 5 кПа, а температура спалаху менша 28 °С, то за вибухопожежною небезпекою приміщення буде належати до категорії А.

Контрольні запитання

1. За якими принципами здійснюється визначення категорій за вибухо- та пожежонебезпечністю?
2. Назвіть причини вибухів та пожеж на виробництві.
3. Наведіть порядок визначення надлишкового тиску, при яких будинки, споруди, устаткування одержують слабкі, середні, сильні і повні руйнування.
4. Назвіть порядок визначення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.
5. Наведіть порядок визначення межі стійкості об'єкта в цілому до ударної хвилі по мінімальній межі стійкості його складових елементів.

Список джерел інформації

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013: № 34-35. Ст.458. Дата оновлення: 01.01.2019. Редакція, підстава – 2629-VII.
2. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02, НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 № 956. Дата оновлення: 12.01.2016. Редакція, підстава – 1097-2015-п.
3. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) : наказ Мінрегіон України від 15.06.2016 р. № 158. Код УКНД (ДК 004-2008) : 13.220, 91.040.20.
4. Безпека праці в професійній діяльності. Частина II. Забезпечення техногенної безпеки та безпечних умов праці О.Г. Янчик, В. Ф., Райко, Ю.А., Петренко та інші /Навч. посіб./ – НТУ «ХП», Харків : 2020. – 316 с.

Практичне заняття 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ТА ОЦІНКА ХІМІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ОБ'ЄКТІ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Мета роботи. Провести прогнозування хімічної обстановки, що може скластися в наслідок викиду (розливу) небезпечно хімічної речовини (НХР) на об'єкті підвищеної небезпеки, оцінити можливі наслідки і визначити заходи щодо захисту виробничого персоналу об'єкта, що може опинитися в зоні хімічного зараження.

Загальні питання. *Прогнозування і оцінка хімічної обстановки в разі аварії на хімічно небезпечних промислових об'єктах і транспорті.* Прогнозування і оцінка хімічної обстановки при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) і транспорті (автомобільному, трубопровідному, залізничному, річковому, морському) здійснюється для визначення можливих наслідків аварій, порядку дій в зоні можливого зараження і здійснення заходів щодо захисту людей (аварійне прогнозування), а також для визначення ступеня хімічної небезпеки об'єктів які зберігають або використовують НХР, у межах яких живе населення, пов'язано з ризиком його ураження НХР, завчасно складання планів здійснення заходів щодо захисту населення і ліквідації наслідків аварій (довгострокове прогнозування).

Зона можливого хімічного зараження (ЗМХЗ) – це територія, у межах якої під впливом зміни напрямку вітру може виникнути переміщення хмари НХР з небезпечними для людини концентраціями. Зона наноситься на карту (план) місцевості у вигляді кола, півкола, чверть кола, однієї восьмої кола залежності від швидкості вітру.

Радіус сектора (r) дорівнює глибині поширення хмари зараженого повітря Γ , а бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари і орієнтована в напрямку вітру (дивись рисунок 4.1).

При прогнозуванні обстановки після аварії визначаються параметри прогнозованої зони хімічного зараження (ПЗХЗ) – розрахованої зони в межах зони можливого хімічного зараження (ЗМХЗ), параметри якої приблизно визначаються формою сектора (трикутника) з кутовим розміром 12° при інверсії, 20° – при ізотермії, 35° – при конвекції.

Методика прогнозування і оцінка ХО основана на тому, що при руйнуванні ємності, в якій знаходиться НХР, утворюється первинна або вторинна хмара.

Первинна хмара НХР – це хмара, яка виникає внаслідок миттєвого переходу (1-2 хв.) в атмосферу пароподібної частини НХР з ємності при руйнуванні.

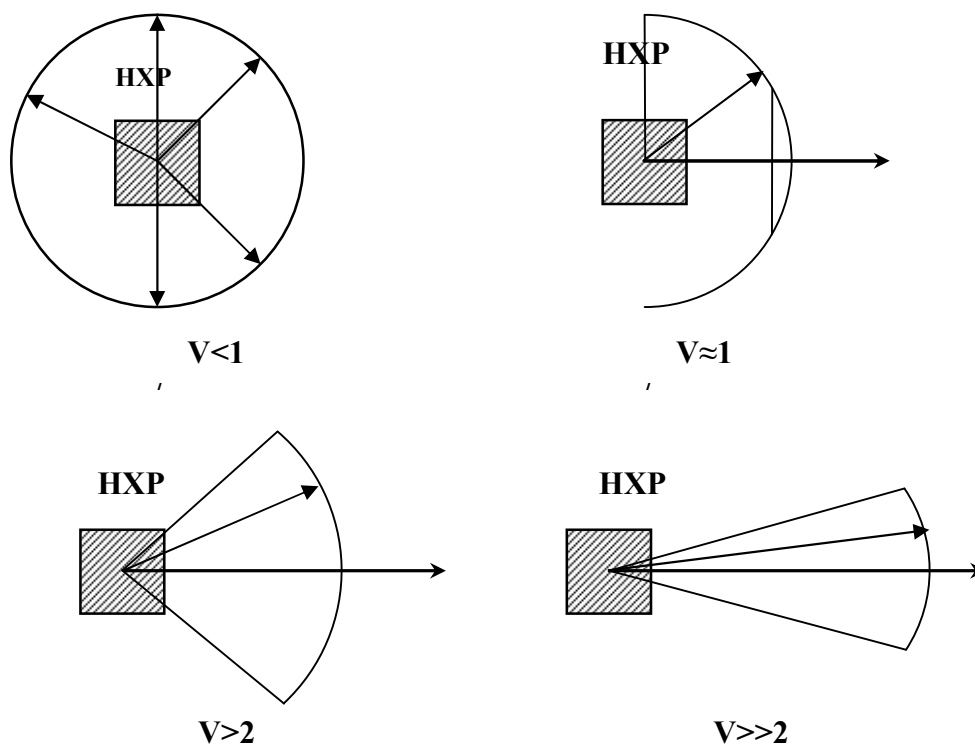


Рисунок 4.1– Зони можливого хімічного зараження залежно від швидкості вітру

Вторинна хмара НХР – це хмара, що виникає внаслідок випаровування речовини з поверхні розливу НХР (підстильної поверхні).

Параметри зони хімічного зараження (глибина Γ , ширина Π , площа S) залежать від кількості і типу НХР, що перейшла в первинну або вторинну хмару, умов зберігання (ємності обваловані, не обваловані): метеоумов, характеру місцевості (відкрита, закрита) та ін.

При «вільному» виливу НХР висота шару (h) вважається такою, що не перевищує 0,05 м, при виливі «у піддон» висота шару приймається

$h = H - 0,2$ м, де H – висота обвалування.

Кількість НХР в разі аварії на сховищі стислого газу визначається за формулою, т:

$$Q = d \cdot V, \quad (4.1)$$

де d – щільність НХР, т/м³ (дивись таблицю 4.9), V – ємність сховища.

В разі аварії на газопроводі кількість НХР, що виливається, т:

$$Q = n \cdot d \cdot V_r / 100 \quad (4.2)$$

де n – вміст НХР у природному газі, %, V_r – ємність газопроводу між автоматичними відсікателями, м³.

Вихідними даними при прогнозуванні є:

- тип та кількість НХР на об'єкті Q , т;
- умови зберігання НХР: в ємностях (обваловані, не обваловані), в трубопроводах;
- висота обвалування ємності H , м;
- метеоумови: швидкість вітру (V , м/с), температура повітря (°C), ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП): інверсія, ізотермія, конвекція (дивись табл. 4.4) ;
- характер місцевості (відкрита, закрита, довжина забудови, лісового масиву перед об'єктом (L , км);
- місце знаходження об'єкта господарювання (координати), відстань до ХНО (R , км);
- забезпеченість людей протигазам марки ГП-5, %.

Визначаються:

- 1) Глибина прогнозованої зони хімічного зараження, $\Gamma_{\text{ПЗХЗ}}$, км.
- 2) Ширина прогнозованої зони хімічного зараження, $\Pi_{\text{ПЗХЗ}}$, км.
- 3) Площа можливого хімічного зараження, $S_{\text{ЗМХЗ}}$, км².
- 4) Час підходу хмари зараженого повітря до заданого об'єкту $t_{\text{підх}}$, хв.
- 5) Час вражаючої дії НХР, $t_{\text{ур}}$, год.
- 6) Можливі втрати людей в осередку хімічного ураження N , осіб.

Прогнозування і оцінка хімічної обстановки здійснюється з використанням таблиць і розрахунків. Усі розрахунки виконуються на термін не більше 4

годин після початку аварії ($t_{\text{ав}} = 4$ год) – тривалість збереження сталих метео-умов. Після цього прогноз має бути уточненим.

Порядок оцінки хімічної обстановки

Визначення розмірів (глибини, ширини) та площі зони хімічного зараження. Глибина прогнозованої зони розповсюдження хмари зараженого повітря з уражаючими концентраціями визначається за формулою:

а) для відкритої місцевості:

$$\Gamma_p = \frac{\Gamma_T \cdot K_B}{K_{CX}} \quad (4.3)$$

б) для закритої місцевості:

$$\Gamma_p = \frac{\Gamma_T \cdot K_B}{K_{CX}} - \Gamma_{3M}, \quad (4.4)$$

де Γ_T – табличне значення глибини зони визначене за табл. 4.1 для умов: місцевість відкрита, ємності НХР не обваловані («вільний» розлив), швидкість вітру $V = 1$ м/с, температура повітря 0°C . Вхідними даними до таблиці є: кількість викинутої при аварії НХР Q , т, ступінь вертикальної стійкості повітря. У знайдене значення глибини зони вводиться поправка на задану температуру повітря за приміткою 1 або 2 до табл. 4.1, K_B – поправочний коефіцієнт на вітер за таблицею 4.2, K_{CX} – коефіцієнт, що враховує тип сховища і характеризує зменшення глибини розповсюдження хмари НХР при виливі у «піддон» (при умові зберігання НХР в обвалованих ємностях) за табл. 4.3 з урахуванням висоти обвалування H , м. Для не обвалованої ємності $K_{CX} = 1$; Γ_{3M} – величина, на яку зменшується глибина розповсюдження хмари НХР на закритій місцевості, (міська, сільська забудова, лісовий масив), км.

Γ_{3M} визначається за формулою, км:

$$\Gamma_{3M} = L - \frac{L}{K_{3M}}, \quad (4.5)$$

де L – довжина закритої місцевості на осі сліду хмари НХР, км (в межах глибини, на яку розповсюдилась би хмара на відкритій місцевості); K_{3M} – коефіцієнт зменшення глибини розповсюдження хмари НХР для кожного 1 км довжини закритої місцевості за табл. 4.4 (для відкритої місцевості $K_{3M} = 1$).

Після визначення розрахункової глибини зони Γ_p її значення порівнюється з можливою граничною глибиною переносу повітряних мас Γ_n за 4 години або розрахунком $\Gamma_n = 4W$. Найменше за фактичну глибину прогнозованої зони хімічного зараження, тобто $\Gamma_p = \Gamma_{ПЗХЗ}$.

Ширина прогнозованої зони хімічного зараження ($\Pi_{ПЗХЗ}$). При прогнозуванні зони хімічного зараження стан атмосфери: інверсію, ізотермію та конвекцію. А саме: *інверсія* – такий стан атмосфери, коли нижні шари повітря холодніші за верхні, що перешкоджає переміщенню його по висоті і створює сприятливі умови для розповсюдження зараженого повітря на великі відстані. Спостерігається приблизно за годину після заходу сонця і руйнується протягом години після сходу сонця; *ізотермія* – однакова температура повітря до висоти 20-30 м від поверхні землі, сприяє тривалому застою парів НХР на місцевості, в лісі, населеному пункті і розповсюдженню зараженого повітря на значні відстані. Спостерігається приблизно через 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2-2,5 години до заходу сонця; *конвекція* – нижні шари повітря нагріваються сильніше, ніж верхні, відбувається переміщення повітря по вертикалі (тепле – вгору, холодне – вниз), що викликає сильне розсіювання хмар НХР та зниження концентрації. Зазвичай спостерігається за похмурої погоди або сніговому покриві.

Залежно від ступеню вертикальної стійкості повітря (СВСП) її ширина розраховується:

- при інверсії $\Pi_{ПЗХЗ} = 0,2\Gamma_{ПЗХЗ}$, км;
- при ізотермії $\Pi_{ПЗХЗ} = 0,35\Gamma_{ПЗХЗ}$, км;
- при конвекції $\Pi_{ПЗХЗ} = 0,6\Gamma_{ПЗХЗ}$, км,

де $\Gamma_{ПЗХЗ}$ – глибина прогнозованої зони хімічного зараження визначена в кілометрах.

Ширину зони забруднення в місці знаходження об'єкта для якого здійснюється прогнозування, можна визначити за цими ж формулами, якщо замість $\Gamma_{ПЗХЗ}$ підставить відстань об'єкта R_0 від місця аварії.

Площа прогнозованої зони хімічного зараження. Площа ПЗХЗ визначається за формулою, км²:

$$S_{ПЗХЗ} = 0,5 \cdot \Gamma_{ПЗХЗ} \cdot \Pi_{ПЗХЗ}, \quad (4.6)$$

де $\Gamma_{\text{ПЗХЗ}}$ – глибина прогнозованої зони хімічного зараження, км; $\Pi_{\text{ПЗХЗ}}$ – ширина прогнозованої зони хімічної зараження, км.

Визначення часу підходу хмари зараженого повітря до заданого об'єкту ($t_{\text{підх}}$). Час підходу хмари НХР до заданого об'єкта залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком W визначається формулою, хв.:

$$t_{\text{підх}} = \frac{R_0 \cdot 1000}{W \cdot 60}, \quad (4.7)$$

де R – відстань від місця аварії (джерела забруднення) до заданого об'єкта, км; W – швидкість переносу переднього фронту забрудненого повітря визначається за табл. 4.6 (швидкість вітру на висоті хмари більша ніж у поверхні землі), м/с.

Визначення часу вражаючої дії хімічного зараження ($t_{\text{ур}}$). Час дії НХР визначається терміном випаровування НХР з поверхні її розливу ($t_{\text{ур}} = t_{\text{вип}}$), що залежить від характеру розливу («вільно» чи «у піддон»), швидкості вітру, типу НХР й може бути визначено за таблицею 4.6 або розрахунком за формулою, год:

$$t_{\text{ур}} = t_{\text{вип}} = \frac{h \cdot d}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (4.8)$$

де h – товщина шару розливої НХР, м (якщо ємності не обваловані, буде «вільний» розлив $h = 0,05$ м, якщо обваловані – розлив «у піддон» $h = H - 0,2$ м; H – висота обвалування, м); d – щільність НХР (дивись таблицю 1.23); K_1, K_2, K_3 – коефіцієнти, що враховують тип НХР, температуру повітря, швидкість вітру, відповідно. K_1 та K_2 беруть з таблиці 1.23, K_3 розраховують за формулою: $K_3 = \frac{V + 2}{3}$.

Визначення можливих втрат робітників і службовців об'єкта господарювання в осередку хімічного ураження. Очікуванні втрати визначаються за таблицею 4.7 в залежності від чисельності людей, що можуть опинитися в прогнозованій зоні хімічного зараження, ступені їх захищеності – забезпеченості людей протигазами.

Результати розрахунків з оцінки хімічної обстановки зводяться до таблиці (дивись табл. 4.10). На карту наносяться межі прогнозованої зони зараження НХР, аналізуються результати та визначаються пропозиції щодо захис-

ту працівників об'єкту господарювання, який може опинитися в зоні хімічного зараження. Район аварії обмежується колом діаметром D_0 , значення якого залежать від кількості вилитої НХР, умов зберігання, стійкості повітря і орієнтовно становить чверть ширини прогнозованої зони хімічного зараження.

Кутовий розмір зони зараження становить ($\varphi_{ПЗХЗ}$):

- ✓ 12° – при інверсії;
- ✓ 20° – при ізотермії;
- ✓ 35° – при конвекції.

При складанні висновків доцільно використовувати результати розрахунків та довідкові данні, які наведені в Додатку Д2:

1. Чи може опинитися об'єкт в зоні хімічного зараження (опиниться, якщо $R < \Gamma_{ПЗХЗ}$ і напрямок вітру з боку ХНО на об'єкт господарювання).

2. Можливі наслідки в осередку хімічного ураження (можливі ураження і втрати виробничого персоналу), способи і засоби захисту людей (це можуть бути: евакуація людей, укриття в захисних спорудах або в загерметизованих приміщеннях, використання засобів індивідуального захисту відповідного типу тощо).

3. Визначаються можливості герметизації виробничих будівель і інших приміщень, де працюють люди, а також можливість продовжувати виробничий процес в засобах індивідуального захисту.

Висновки є складовою вихідних даних для розробки заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах хімічного зараження.

Примітка:

1. При довгостроковому (оперативному) прогнозуванні для визначення масштабів хімічного забруднення, завчасного планування заходів щодо захисту населення і ліквідації наслідків аварії, а також визначення ступеня хімічної небезпеки ХНО, СГ використовують наступні умови і вихідні дані:

- Кількість НХР в одиничній максимальній технологічній ємності. Розлив – «у піддон» або «вільно» залежно від умов зберігання. На воєнний час та для сейсмонебезпечних районів – загальна кількість НХР на об'єкті. У цьому разі приймається розлив «вільно». При аваріях на «продуктопроводах» (аміакопроводах тощо) кількість НХР приймається за її кількість між відсікателями (для продуктопроводів кількість НХР приймається 300-500 т).

Метеорологічні дані: швидкість вітру в приземному шарі $V = 1$ м/с, температура повітря $+20$ °С, ступінь вертикальної стійкості повітря (СВСП) – інверсія, напрямок вітру не враховується, а розповсюдження хмари НХР приймається у колі 360 °С, з радіусом, що дорівнює глибині Γ поширення хмари.

Площа прогнозованої зони хімічного зараження розраховується за формулою:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,11 \cdot (\Gamma_{\text{ПЗХЗ}})^2 \quad (4.9)$$

Глибину розрахункової прогнозованої зони хімічного забруднення для НХР, що не значаться в табл. 4.1, орієнтовно можна визначити розрахунком за емпіричною формулою (при $t = 0$ °С):

$$\Gamma_p = \frac{30}{K_{\text{СП}} K_{\text{ЗМ}} K_{\text{СХ}}} \sqrt[3]{\frac{Q^2}{D^2 V^2}}, \quad (4.10)$$

де Q – кількість НХР, кг; D – уражаюча токсодоза, мг/л·хв; V – швидкість вітру, м/с; $K_{\text{СП}}$ – коефіцієнт, що враховує стійкість повітря і становить, при інверсії – 1, при ізотермії – 2,5, при конвекції – 4,7; $K_{\text{ЗМ}}$ – коефіцієнт, що враховує характер закритої місцевості за таблицею 1.17 (для відкритої $K_{\text{ЗМ}} = 1$); $K_{\text{СХ}}$ – коефіцієнт, що враховує умови зберігання НХР за таблицею 4.3 (для не обвалованої ємності $K_{\text{СХ}} = 1$).

Таблиця 4.1 – Глибина розповсюдження хмари зараженого повітря з уражаючими концентраціями НХР на відкритій місцевості, км (ємності не обваловані, швидкість вітру 1 м/с, температура повітря 0°С)

Найменування НХР	Кількість НХР в ємностях, т							
	1	5	10	20	30	50	100	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Інверсія								
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
Сірчаний ангідрид	2,1	5,85	9,25	14,1	18,1	24,7	38,4	76,9
Сірководень	<0,5	1,5	2,5	3,95	5	6,7	10,3	21

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Соляна кислота	1,25	3,05	4,65	6,8	8,75	12,2	18,7	37,1
Хлорпикрин	3,65	9,7	14,7	22,5	29,3	40,3	62,6	123
Формальдегід	4,65	12,3	18,7	28,5				
Ізотермія								
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
Сірчаний ангідрид	0,7	2,4	3,7	5,6	7,2	10,2	15,3	30,5
Сірководень		<0,5	0,7	1,4	1,9	2,75	4,3	8,15
Соляна кислота	<0,5	1,3	1,85	2,9	3,7	5	7,45	14,7
Хлорпикрин	1,5	4	5,85	9,2	11,7	15,9	24,4	49,4
Формальдегід	1,85	5,1	7,5	11,7	15	20,4	31,2	62,5
Конвекція								
Хлор	0,75	2,4	4,05	6,05	7,6	10,7	16,1	31,9
Аміак			<0,5	<0,5	1,05	1,45	2,2	4,55
Сірчаний ангідрид	<0,5	1,3	1,9	3	3,8	5,1	7,95	15,7
Сірководень				0,5	0,8	1,4	2,15	4,4
Соляна кислота		<0,5	0,95	1,5	1,9	2,6	4	7,7
Хлорпикрин	0,8	2,0	3,25	4,85	6,05	8,35	12,9	25,2
Формальдегід	0,8	2,45	4	6,05	7,65	10,7	16,3	32,2

Примітки: 1. При температурі повітря +20°C глибина розповсюдження хмари зараженого повітря збільшується, а при 20°C зменшується на 5 % від наведених в таблиці для 0°C.

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

Таблиця 4.2 – Поправочні коефіцієнти зменшення глибини розповсюдження хмари зараженого повітря, залежно від швидкості вітру, K_B

СВСП	Швидкість вітру, м/с					
	1	2	3	4	5	10
Інверсія	1	0,6	0,45	0,43	—	—
Ізотермія	1	0,65	0,55	0,5	0,45	0,35
Конверсія	1	0,7	0,6	0,55	—	—

Таблиця 4.3 – Коефіцієнт зменшення глибини розповсюдження хмари НХР при виливі у «піддон», K_{CX}

Найменування НХР	Висота обваловування, м		
	H =1	H=2	H=3
Хлор	2,1	2,4	2,5
Аміак	2,0	2,25	2,35
Сірчаний ангідрид	2,5	3	3,1
Сірководень	1,6	–	–
Соляна кислота	4,6	7,4	10
Хлорпікрин	5,3	8,8	11,6
Формальдегід	2,1	2,3	2,5

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт зменшення глибини розповсюдження хмари НХР на кожному 1 км закритої місцевості, $K_{ЗМ}$

СВСП	Міська забудова	Сільська забудова	Лісовий масив
Інверсія	3,5	3	1,8
Ізотермія	3	2,5	1,7
Конвекція	3	2	1,5

Таблиця 4.5 – Середня швидкість переносу хмари забрудненого повітря, яка заражена речовиною W , м/с

Швидкість ві- тру V_1 , м/с	Інверсія		Ізотермія		Конвекція	
	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км	$R < 10$ км	$R > 10$ км
1	2	2,2	1,5	2	1,5	1,8
2	4	4,5	3	4	3	3,5
3	6	7	4,5	6	4,5	5
4	–	–	6	8	–	–
5	–	–	7,5	10	–	–
6	-	-	9	12	–	–

Примітка. Інверсія та конвекція при швидкості вітру більше 15 м/с спостерігаються в рідкісних випадках.

Таблиця 4.6 – Час випарювання деяких СДОР при швидкості вітру $V = 1$ м/с, год

Найменування НХР	Тип сховища	
	Необваловане	Обваловане
Хлор	1,3	22
Фосген	1,1	23
Аміак	1,2	20
Сірчистий ангідрид	1,3	20
Сірководень	1,0	19

Примітка: поправочний коефіцієнт визначення часу випаровування, для швидкостей вітру більше 1 м/с.

Швидкість вітру, м/с	1	2	3	4	5	10
Поправочний коефіцієнт	1	0,75	0,6	0,5	0,43	0,25

Таблиця 4.7 – Можливі втрати робітників і службовців та населення від дії НХР, в осередку хімічного ураження, %

Умови находження людей	Без протигазів	Забезпеченість людей проти газами, %								
		20	30	40	50	60	70	80	90	100
На відкритій місцевості	90 – 100	75	65	58	50	40	35	25	18	10
В простіших укриттях, в будівлях	50	40	35	30	27	22	18	14	9	До 4

Примітка: орієнтовна структура втрат людей в осередку ураження становить, %: легкого ступеню – 25, середнього та тяжкого ступеню (з виходом з ладу не менш ніж на 2-3 тижні і необхідністю госпіталізації) – 40, зі смертельними наслідками – 35.

Таблиця 4.8 – Графік орієнтовної оцінки ступеня вертикальної стійкості повітря (СВСП)

Швидкість вітру, м/с	День			Ніч		
	ясно	напівясно	хмарно	ясно	напівясно	хмарно
0,5	Конвекція		Ізотермія	Інверсія		
0,6-2,0				Інверсія		
2,1-4,0				Інверсія		
Більше 4,0				Ізотермія		

Таблиця 4.9 – Коефіцієнти, що враховують тип НХР, температуру повітря, швидкість вітру

Назва НХР	Щільність НХР $d, \text{т/м}^3$	Вражаюча токсодоза $D, \text{мг} \cdot \text{хв/л}$	K_1	K_2				
				-40°C	-20°C	0°C	20°C	40°C
Аміак	0,681	15	0,025	0,9	1	1	1	1
Хлор	1,553	0,6	0,055	1	1	1	1	1
Сірчаний ангідрид	1,462	1,8	0,049	0,2	0,5	1	1	1
Фосген	1,432	0,6	0,061	0,1	0,3	0,7	1	1
Окис азоту	1,491	1,5	0,040	0	0	0,4	1	1
Сірководень	0,964	18,4	0,042	1	1	1	1	1
Хлорпikрін	1,658	0,75	0,002	1	0,1	0,3	1	2,9

Практичні завдання

Обґрунтування та оцінка хімічної обстановки на об'єкті підвищеної небезпеки

Метою виконання завдання є засвоєння методики і набуття навичок з прогнозування і оцінки хімічної обстановки, що може скластися на об'єкті господарської діяльності, населеному пункті в разі аварії на хімічно небезпечному об'єкті або транспорті, а також визначення необхідних заходів щодо захисту людей і підвищення стійкості роботи в умовах надзвичайної ситуації.

Завдання виконується здобувачами вищої освіти за вихідними даними указанного викладачем варіанту.

Звіт виконаної роботи повинен мати такі пункти:

- а) вступ : можливі наслідки аварій на хімічно небезпечному об'єкті, мета і зміст прогнозування і оцінки хімічної обстановки;
- б) вихідні дані (дивись табл. 4.11);
- в) розрахункова частина:
 - визначення параметрів (глибини, ширини, площі) прогнозованої зони хімічного зараження;
 - визначення часу підходу зараженого повітря до заданого об'єкта (населеного пункту);
 - визначення часу вражаючої дії НХР;
 - визначення можливих втрат, підсумкова таблиця (табл. 4.10);

г) загальні висновки і пропозиції щодо захисту людей і виробництва в умовах хімічного зараження (згідно додатку Д2, таблиці Д 2.1 – 2.4 уточнить правильна ли ссылка на додатки).

Приклад. Оцінити хімічну обстановку на машинобудівному заводі, що може скластися при аварійному руйнуванні ємності НХР на хімічно небезпечному об'єкті (ХНО) о 2.00 15.07.

Вихідні дані: тип і кількість вилитої НХР, хлор $Q = 100$ т., ємність обвалована, висота обвалування $H = 2$ м, місцевість закрита, на відстані 2 км від ХНО лісовий масив довжиною $L = 3$ км.

Метеоумови: температура повітря $+20^\circ\text{C}$, швидкість вітру $V = 3$ м/с, напрямок – на об'єкт, СВСП – інверсія. Машинобудівний завод розташований на відстані $R_0 = 5$ км, забезпеченість працівників протигазами (ГП-5) – 80 %, кількість працівників – 100 чол.

Завдання 1

Визначення розмірів і площі прогнозованої зони хімічного зараження.

1. Визначення глибини прогнозованої зони хімічного зараження Γ_p . Розрахункова глибина:

$$\Gamma_p = \frac{\Gamma_T \cdot K_B}{K_{CX}} - \Gamma_{3M} = 82,4 \cdot \frac{0,45}{2,4} - 1,34 = 14 \text{ км.}$$

де Γ_T – табличне значення глибини зони (за табл. 4.1) для умов: місцевість відкрита; $V = 1$ м/с; ємності не обваловані; температура повітря 0°C . З урахуванням реальної температури $t = 20^\circ\text{C}$: $\Gamma_T = 78,7 + (78,7/100) \cdot 5 = 82,4$ км, K_B – поправочний коефіцієнт на вітер, $V = 3$ м/с за табл. 4.2, K_{CX} – коефіцієнт зменшення глибини розповсюдження хмари НХР залежно від умов зберігання НХР. При виливу «у піддон» (ємності обваловані $H = 2$ м за табл. 4.3 $K_{CX} = 2,4$; K_{3M} – зменшення глибини розповсюдження хмари закритої частини $L = 2$ км місцевості (лісу). За табл. 4.4 $K_{3M} = 1,8$, тоді:

$$\Gamma_{3M} = L - \frac{L}{K_{3M}} = 3 - \frac{3}{1,8} = 3,34 \text{ км.}$$

2. Визначення ширини прогнозованої зони хімічного зараження при інверсії:

$$\text{Ш}_{\text{ПЗХЗ}} = 0,2 \cdot \Gamma_{\text{ПЗХЗ}} = 0,2 \cdot 14 = 2,8 \text{ км.}$$

3. Визначення площі прогнозованої зони хімічного зараження:

$$S_{\text{ПЗХЗ}} = 0,5 \cdot \Gamma_{\text{ПЗХЗ}} \cdot \text{Ш}_{\text{ПЗХЗ}} = 0,5 \cdot 14 \cdot 2,8 = 19,6 \text{ км}^2.$$

Завдання 2

Визначення часу підходу хмари забрудненого повітря небезпечних хімічних речовин до машинобудівельного заводу:

$$t_{\text{підх}} = \frac{R \cdot 1000}{W \cdot 60} = \frac{5 \cdot 1000}{6 \cdot 60} = 14 \text{ хв.}$$

де W – швидкість переносу хмари при $V = 3 \text{ м/с}$ (за табл. 4.5).

Завдання 3

Визначення часу вражаючої дії небезпечних хімічних речовин при аварії на машинобудівельному заводу:

$$t_{\text{ур}} = t_{\text{вип}} \cdot K = 22 \cdot 0,6 = 13,2 \text{ год.}$$

де K - поправочний коефіцієнт на швидкість вітру $V = 3 \text{ м/с}$ (примітка до табл. 4.6).

Завдання 4

Можливі втрати людей в осередку ураження на машинобудівельному заводі. За даними табл. 4.7 при 80 % забезпеченості людей протигазами:

а) при знаходженні людей в будівлях і простіших укриттях:

$$B = 100 \cdot 0,14 = 14 \text{ осіб,}$$

б) при знаходженні людей на відкритій місцевості:

$$B = 100 \cdot 0,25 = 25 \text{ осіб.}$$

Структура втрат:

- легкого ступеню – $25 \cdot 0,25 = 6 \text{ осіб}$;
- середньої тяжкості – $25 \cdot 0,4 = 10 \text{ осіб}$;
- смертельного ураження – $25 \cdot 0,35 = 9 \text{ осіб}$.

Висновки:

1. Оскільки глибина прогнозованої зони хімічного зараження $\Gamma_{\text{ПЗХЗ}} = 14 \text{ км} > R_0 = 5 \text{ км}$, то машинобудівельному заводу опиниться в зоні хімічного зараження.

2. За час підходу хмари забрудненого повітря до машинобудівельного заводу $t_{\text{підх}} = 14 \text{ хв}$ необхідно прийняти наступні міри захисту:

- а. сповістити працівників про загрозу зараження заводу НХР – хлором;
- б. виробництво зупинити;
- с. працівників укрити в сховище.

3. Протягом часу вражаючої дії НХР $t_{\text{ур.д}} = 13,2 \text{ год}$ на машинобудівельному заводу мають бути прийняті наступні міри захисту: виробництво має бути зупинено, працівники залишатися в сховищі.

4. Оскільки на машинобудівельному заводу очікуються втрати людей від вражаючої дії НХР в кількості $N_{\text{втр}} = 14 \div 25\%$, то для їх зменшення необхідно довести забезпеченість людей протигазами до 100 %.

Пропозиції щодо захисту людей та зменшення збитків від НХР:

- перевірити систему оповіщення та зв'язку;
- перевірити готовність сховищ для укриття виробничого персоналу;
- перевірити готовність системи постачання повітря при роботі в режимі

II – «фільтровентиляції».

Пропозиції, щодо захисту виробничого персоналу:

- спланувати і за необхідності провести евакуацію працівників із зони хімічного зараження;
- довести забезпеченість виробничого персоналу протигазами до 100%
- завчасно провести перевірку розміру лицьової частини протигазу кожним працівником;
- перевірити ступінь герметизації виробничих приміщень;
- перевірити готовність системи вентиляції виробничих приміщень до миттєвої зупинки при зараженні об'єкту НХР.

Можливі шляхи зменшення збитків на об'єкті при хімічному зараженні:

- своєчасна розробка плану попередження та локалізації причин аварійного виливу НХР;
- своєчасне використання засобів індивідуального захисту;

- створення спеціальних органів планування і проведення евакуації виробничого персоналу;
- створення та своєчасне використання всіх видів резервів;
- проведення досліджень для підвищення стійкості роботи об'єкту в умовах хімічного зараження.

Таблиця 4.10 – Результати оцінки хімічної обстановки на машибудівельному заводі

Джерело забруднення	Тип НХР кількість, т	Глибина ПЗХЗ, км	Ширина ПЗХЗ, км	Площина ПЗХЗ, км ²	Час підходу хмари НХР до об'єкта, хв.	Час вражаючої дії НХР, год	Втрати людей, структура втрат, осіб
Зруйнована ємність НХР на ХНО	Хлор 100	14	2,8	19,6	14	13,2	25 з них: легкі – 6; середні – 10; смертельні – 9

Таблиця 4.11 – Вихідні дані для прогнозування і оцінки хімічної обстановки при аварії на ХНО

№ варіантів	Тип НХР	Кількість НХР, т	Вид сховища	Висота обваловування Н, м	Характер місцевості, L (км) – довжина забудови
1	2	3	4	5	6
1	Хлор	5	не обвал	–	відкр.
2	Аміак	50	обваловані	1	відкр.
3	Хлор	50	обваловані	1	відкр.
4	Аміак	10	не обвал	–	відкр.
5	Хлор	25	не обвал	–	закр. місто L = 9
6	Аміак	250	обваловані	1	відкр.
7	Хлор	150	обваловані	2	закр. місто L = 2,5
8	Аміак	50	не обвал	–	закр. місто L = 1
9	Хлор	100	не обвал	–	відкр.
10	Аміак	200	обваловані	3	закр. місто L = 0,8
11	Хлор	50	обваловані	1	відкр.

Продовження таблиці 4.11

1	2	3	4	5	6
12	Аміак	100	не обвал	—	відкр.
13	Хлор	25	не обвал	—	відкр.
14	Аміак	50	обваловані	1	відкр.
15	Хлор	100	не обвал	—	закр. місто $L = 10$
16	Хлор	50	обваловані	1	відкр.
17	Аміак	150	обваловані	1,5	відкр.
18	Хлор	100	не обвал	—	відкр.
19	Аміак	200	обваловані	2,5	відкр.
20	Аміак	50	обваловані	1	відкр.
21	Хлор	25	обваловані	1	відкр.
22	Хлор	50	не обвал	—	закр. місто $L = 4$
23	Аміак	50	обваловані	1,5	відкр.
24	Хлор	200	обваловані	2,5	відкр.
25	Аміак	100	не обвал	—	закр. місто $L = 1$
26	Хлор	30	не обвал	—	закр. місто $L = 10$
27	Аміак	50	обваловані	1	відкр.
28	Хлор	50	обваловані	1	відкр.
29	Аміак	25	не обвал	—	відкр.
30	Хлор	50	не обвал	—	закр. місто $L = 12$

Таблиця 4.12– Вихідні дані для прогнозування і оцінки хімічної обстановки при аварії на ХНО

№ варіанту	Розташування відносно ХНО, відстань, км	Забезпеченість людей протигазами, %	Метеоумови t °С, СВСП	Швидкість вітру, м/с
1	2	3	4	5
1	1	80	0°С, інверсія	2
2	0,5	90	0°С, інверсія	2
3	2	100	-20°С, інверсія.	3
4	0,5	90	-20°С, інверсія	2
5	10	45	0°С, інверсія	3
6	1	30	0°С, інверсія	2
7	5	0	20°С, ізотермія	2
8	1,5	75	20°С, конвекція	2
9	10	90	-20°С, ізотермія	3
10	2	100	0°С, інверсія	2
11	1	100	0°С, ізотермія	3

Продовження таблиці 4.12

12	2	80	20°C, інверсія	2
13	4	35	-20°C, інверсія	3
14	1	15	0°C, інверсія	2
15	10	30	20°C, ізотермія	3
16	4	100	0°C, інверсія	3
17	0,5	80	20°C, інверсія	2
18	5	75	40°C, конвекція	3
19	0,5	100	-20°C, ізотермія	2
20	0,5	70	0°C, ізотермія	3
21	5	100	0°C, інверсія	3
22	4	80	20°C, інверсія	2
23	1	30	-20°C, інверсія	2
24	15	30	20°C, інверсія	4
25	1	45	0°C, ізотермія	3
26	10	100	0°C, інверсія	2
27	0,5	100	20°C, інверсія	2
28	2	80	-20°C, ізотермія	2
29	2	45	0°C, інверсія	2
30	12	100	0°C, інверсія	3

Контрольні запитання

1. Назвіть порядок оцінки інженерної обстановки.
2. Назвіть порядок розрахунку захисних споруд та їх обладнання.
3. Порядок визначення об'ємно-планувальних рішень захисної споруди.
4. Назвіть порядок розрахунку площі захисної споруди.
5. Наведіть вимоги до систем життєзабезпечення захисної споруди.
6. Наведіть порядок прогнозування і оцінки хімічної обстановки в разі аварії на хімічно небезпечних промислових об'єктах і транспорті.

7. Наведіть алгоритм визначення можливих втрат робітників і службовців об'єкта господарювання в осередку хімічного ураження.

Список джерел інформації

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. Відомості Верховної Ради України. 2013: № 34-35. Ст.458.Дата оновлення: 01.01.2019. Редакція, підстава – 2629-VII.

2. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02, НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 № 956. Дата оновлення: 12.01.2016. Редакція, підстава – 1097-2015-п.

3. Безпека праці в професійній діяльності. Частина II. Забезпечення техногенної безпеки та безпечних умов праці О.Г. Янчик, В. Ф.,Райко , Ю.А., Петренко та інші /Навч. посіб./ – НТУ «ХПІ», Харків : 2020. – 316 с.

Практичне заняття 5

ПОРЯДОК РОЗРОБКИ ПЛАНУ ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

Мета роботи. Надати здобувачам вищої освіти практичних навичок щодо розробки та складання плану запобігання аварій на виробництві із об'єктах підвищеної небезпеки.

Загальні питання. Однією з найбільших техногенних загроз для населення і навколишнього середовища є об'єкти підвищеної небезпеки (ОПН). Аварії на цих об'єктах, у тім числі пожежі, вибухи, витікання небезпечних речовин, можуть призвести не тільки до ураження людей сильнодіючими отруйними речовинами, а й до негативного впливу на навколишнє середовище, руйнування будинків, споруд. У зв'язку з цим питання оцінки небезпеки та існуючих на підприємстві ризиків виникнення аварій, їх практичне застосування для забезпечення стійкого функціонування потенційно небезпечних об'єктів, складання декларації безпеки, обґрунтування управлінських рішень щодо

зниження небезпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям є актуальними для безпеки будь-якого суспільства.

Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» передбачає декларування безпеки ОПН, при цьому під ризиком у ньому розуміється ймовірність небажаної події, тому для оцінки ризику передбачено використання ймовірнісних моделей. На виконання Закону Міністерство соціальної політики України розробило Методику визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Методика визначає *порядок проведення аналізу небезпеки об'єктів підвищеної небезпеки на основі оцінок ризику та рівні прийнятних ризиків*.

Аналіз ступеня небезпеки й оцінку рівня ризику для об'єктів підвищеної небезпеки треба здійснювати у такій послідовності:

- визначити джерела виникнення аварій (слід визначити ті апарати чи установки, на яких можливі аварії з найбільшим викидом небезпечних речовин;
- визначити ті з них, на яких аварії з ураженням і завданням збитків можливі за межами підприємства;
- з'ясувати характеристики небезпечних речовин, зокрема сумарну масу небезпечних речовин, що спричиняють аварії, вибухо- та пожежонебезпечність, токсичність;
- виявити небезпечні події, що ініціюють виникнення аварій;
- описати уражальні чинники аварій;
- скласти перелік можливих зовнішніх впливів (природно-кліматичні умови, сейсмічність, ґрунти, топографічні характеристики місцевості та інші дані, які можуть характеризувати можливі зовнішні впливи природного характеру);
- вибрати методи і моделі для дослідження ступеня небезпеки та оцінювання рівня ризику;
- розробити ймовірні сценарії розвитку аварій з урахуванням умов їх виникнення;
- визначити ймовірності (відносні частоти) виникнення аварій протягом року для кожної події, що ініціює аварію;
- змодельовати аварії і розрахувати ймовірні зони дії уражальних чинників за різними сценаріями розвитку аварій;

- виділити місця проживання населення, території підприємств і організацій, що потрапляють у зону ураження;
- оцінити можливі негативні наслідки аварій;
- оцінити ризик аварій на об'єкті (об'єктах) підвищеної небезпеки.

Аналіз небезпеки й оцінювання ризику виконують у повному обсязі, передбаченому цією Методикою, для об'єктів підвищеної небезпеки першого класу. Для об'єктів підвищеної небезпеки другого класу визначають тільки масштаби небезпеки.

Методику можна застосовувати також для оцінювання рівня ризику й експертизи рішень з безпеки потенційно небезпечних об'єктів, у тім числі під час:

- розробки нових технологій та конструювання обладнання;
- проектування і розміщення нових виробництв;
- реконструкції діючих виробництв;
- експертизи діючих виробництв і тих, що реконструюються та проектуються;
- розробки планів локалізації та ліквідації наслідків аварій;
- організації страхового захисту майна підприємств;
- розгляду конфліктів між суб'єктом господарської діяльності, що експлуатує чи планує експлуатацію потенційно небезпечного об'єкта, та будь-якими зацікавленими сторонами, для яких аварії на об'єктах підвищеної небезпеки можуть мати негативні наслідки.

Для визначення рівня ризику на всіх етапах його аналізу автори методики рекомендують застосовувати будь-які відомі у науково-технічній, довідковій, нормативній і методичній літературі методи розрахунку й оцінок небезпек, наслідків і ризику для об'єктів «турботи» за умови обґрунтування їх застосування.

Порядок організації визначення ймовірних ризиків при аварійних ситуаціях

Обґрунтованість результатів дослідження ступеня небезпеки та оцінки рівня ризику визначають з урахуванням підстав:

- для застосування тих чи інших фізико-математичних моделей і методів розрахунку;

- для обрання сценаріїв виникнення і розвитку аварій;
- правильності виконаних розрахунків рівня ризику й оцінки наслідків аварій;
- повноти урахування чинників, які впливають на кінцеві результати.

Як уже зазначалося, основною метою оцінки ризику є управління ризиком, тобто забезпечення такої експлуатації потенційно небезпечного об'єкта, яка б дала змогу мінімізувати ймовірність виникнення аварії внаслідок відмов устаткування і помилок обслуговуючого персоналу, виявлення можливих небезпечних зовнішніх впливів, що можуть спричинити аварію, а також вироблення рекомендацій зі зменшення масштабів і ліквідації наслідків аварії в разі її виникнення.

Це можна реалізувати тільки за виконання таких вимог:

- наявність докладної інформації щодо просторового розміщення об'єктів небезпечного виробництва і взаємозв'язків між ними;
- наявність докладної інформації з технічних характеристик усього устаткування небезпечного виробництва;
- наявність зведень про потенційно небезпечні чинники, їх вплив на устаткування і персонал, можливі наслідки їхнього вияву;
- наявність комплексу моделей, що дають змогу оцінювати вплив небезпечних чинників на устаткування і персонал, оцінювати масштаби можливого збитку;
- наявність моделей розвитку небезпечних ситуацій (аварій) і критеріїв прийняття рішень щодо управління ризиком.

Орієнтовний перелік зовнішніх впливів, здатних призвести до виникнення небезпечних подій на ПНО, наведено нижче.

Визначення масштабів наслідків аварій включає аналіз можливих впливів на людей, майно і довкілля. Щоб оцінити можливі наслідки і ризик аварії, потрібно моделювати для кожного передбачуваного її результату, встановленого під час виконання аналізу розвитку аварій.

Моделювання можливих вибухів, як наслідок аварій рекомендується розглядати:

- вибухи через руйнування оболонки чи апаратів трубопроводів у результаті підвищення тиску в устаткуванні внаслідок перебігу неконтрольованих фізичних чи хімічних процесів;

- вибухи через руйнування оболонки і скипання скраплених газів, що знаходяться в апаратах під тиском, чи перегрітих рідин;
- вибухи конденсованих речовин в устаткуванні, в атмосфері під час викидів;
- об'ємні вибухи газових і парових хмар за викидів стиснених чи скраплених газів, перегрітих рідин;
- інші вибухові явища, можливі на об'єкті в разі виникнення аварійних ситуацій.

Моделювання **пожеж** рекомендується розглядати:

- горіння вільних і обмежених розливів горючих і легкозаймистих рідин;
- дифузійне чи дефлаграційне горіння незмішаних хмар у разі викидів скраплених газів під тиском і перегрітих рідин («вогняна куля»);
- факельне горіння струменя пари, газу або диспергованої рідини;
- інші види пожежі, можливі на об'єкті за виникнення аварійних ситуацій.

Моделювання **викидів** шкідливих і токсичних речовин в атмосферу враховують погодні умови, стан атмосфери, напрямок і швидкість вітру, умови викиду, інші параметри (табл. Д 2.4).

У процесі аналізу виявляють інші небезпечні фізичні та хімічні процеси, які можуть реалізуватися в разі виникнення і розвитку аварії, оцінюють їх негативний вплив на населення, соціально важливі об'єкти, елементи екосистеми, майно юридичних і фізичних осіб, інші об'єкти «турботи» суспільства.

Для оцінювання *потенційного територіального ризику* за отриманим під час моделювання аварії значенням уражального чинника в певній точці простору визначають умовну ймовірність летального результату для людини в разі її перебування в цій точці. Якщо ймовірність появи людини в певній точці простору відома, то визначають індивідуальний ризик загибелі в цій точці людини, яка живе в розглянутому регіоні.

За значенням територіального ризику в регіоні та щільністю населення в ньому визначають очікуване число загиблих протягом 1 року в цьому регіоні або ймовірність загибелі в ньому упродовж 1 року більше певної (заданої) кількості людей, що обумовлено можливими аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки.

Для інших об'єктів «турботи» ризику оцінюють, якщо для них місцевими органами виконавчої влади відповідно до вимог цієї Методики встановлені

прийнятні рівні ризику. Всі припущення під час оцінювання масштабів аварії в разі виникнення невизначеностей у процесі оцінювання ризику мають орієнтуватися на найгірші наслідки:

- якщо виникає невизначеність у можливих значеннях параметрів процесу, то для встановлення умов виникнення аварій беруть найгірші з можливих;
- якщо виникає невизначеність у можливих значеннях мас викиду небезпечних речовин, то в розрахунках беруть найбільшу масу з можливих;
- щодо ймовірності погодних і кліматичних умов, то для оцінювання ризику слід вибрати найнесприятливіші;
- у разі здійснення статистичних оцінок вибирають найнесприятливіше відхилення від середньостатистичного значення за довірчої ймовірності, що дорівнює і більша за 0,95;
- якщо є інші невизначеності, то беруть інші найгірші припущення, за яких можливі найгірші наслідки з найбільшою ймовірністю.

Один із алгоритмів, який рекомендовано застосовувати на підприємствах України, наведений на рисунку 5.1-5.2.

Аналіз та оцінка ризику безпеки експлуатації – найважливіший етап досліджень, завданням якого є виявлення всіх можливих небезпек під час експлуатації, які здатні призвести до виникнення і розвитку аварій або надзвичайних ситуацій. Передбачені цим алгоритмом етапи досліджень безпеки і ризику є рекомендованими. У кожному конкретному випадку залежно від мети (завдання) аналізу ризику, складності об'єкта, особливостей його розміщення і масштабів безпеки, виконують ті етапи, які необхідні і достатні для прийняття управлінських рішень. Рішення можуть прийматися на будь-якому етапі аналізу з поверненням до попереднього.

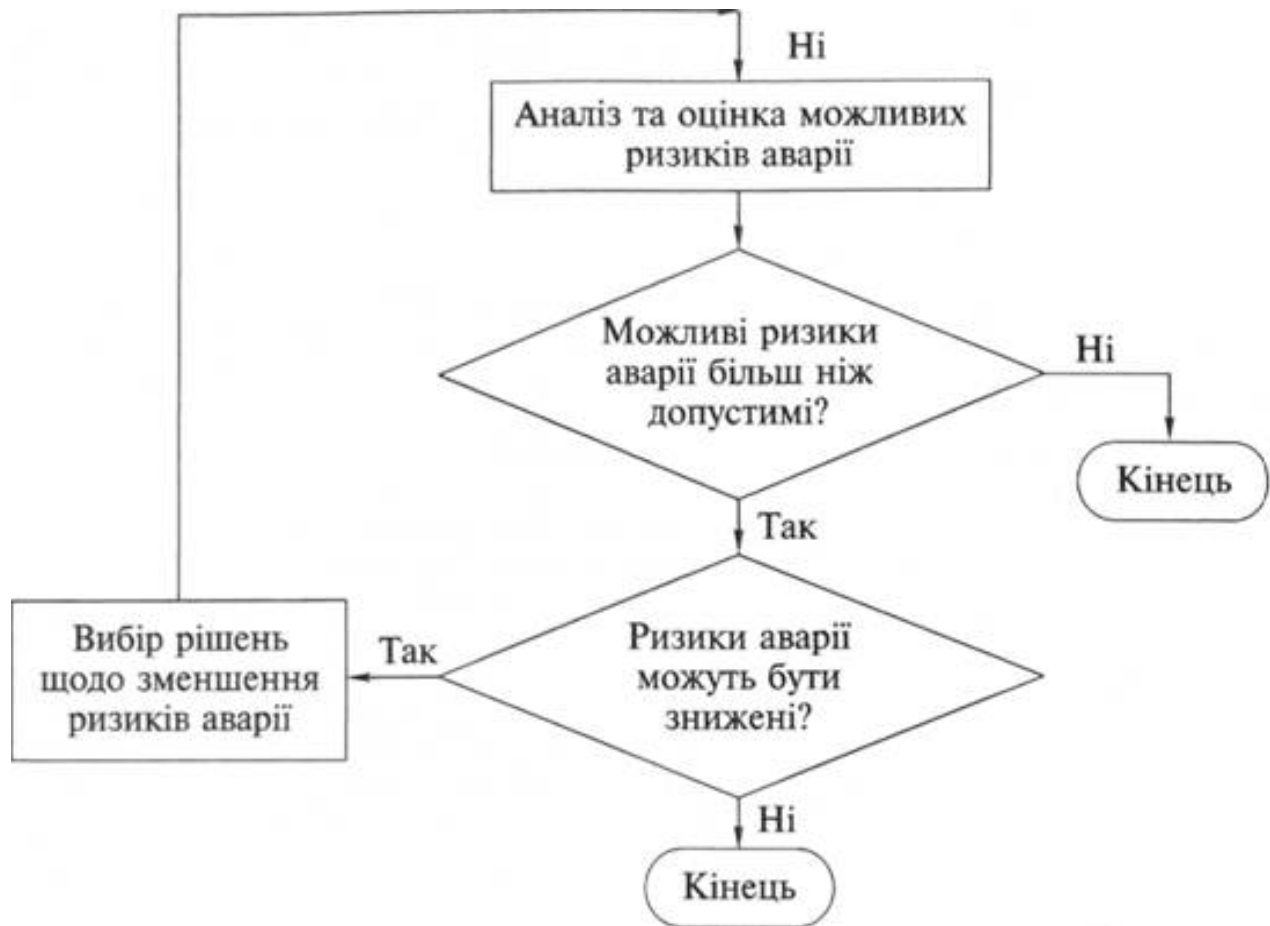


Рисунок 5.1 – Алгоритм аналізу та оцінки можливих ризиків аварій

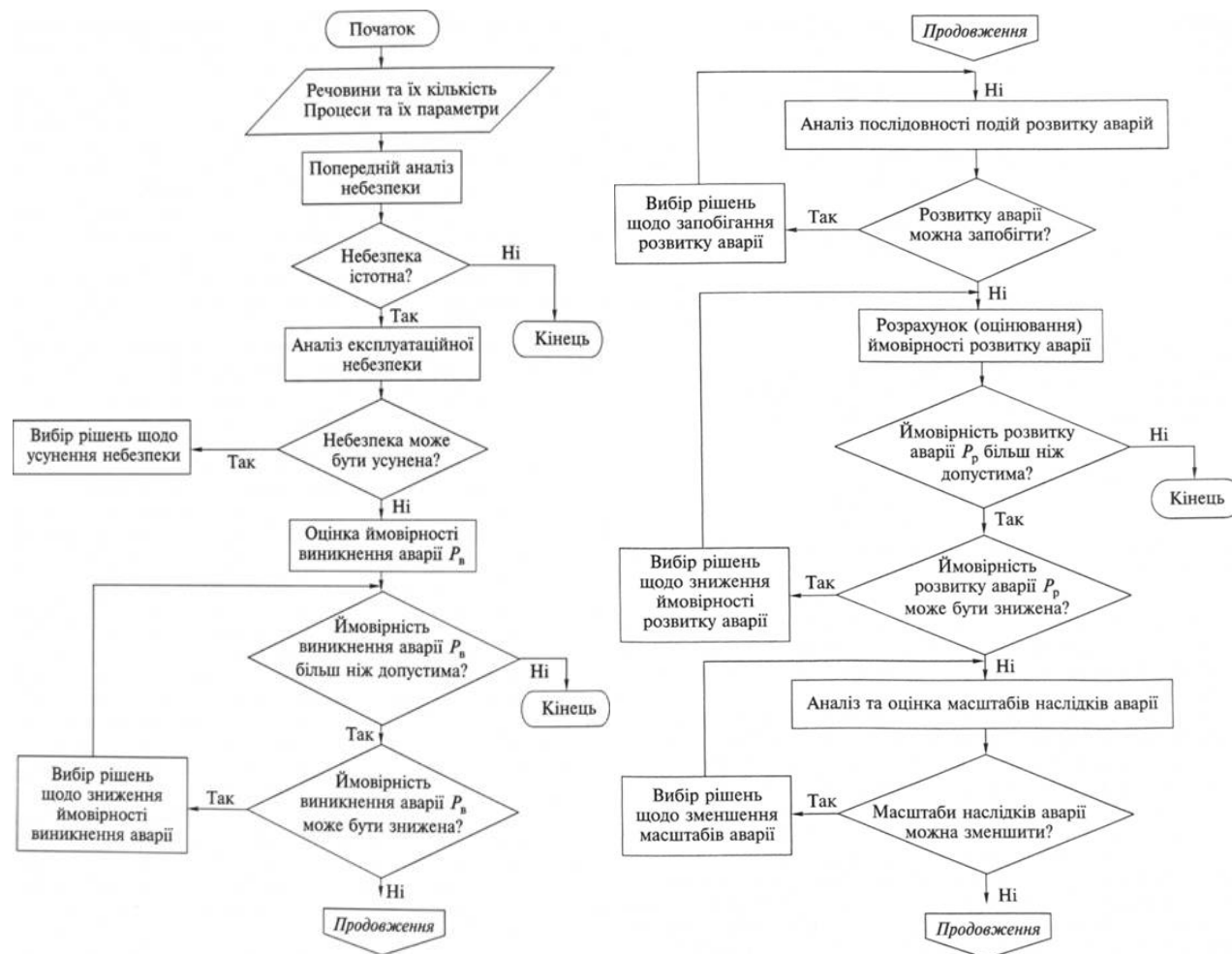


Рисунок 5.2 – Алгоритм аналізу небезпеки і ризику експлуатації потенційно небезпечного об'єкта між ними («І», «АБО», «АБО, що виключає» та «ЗА УМОВИ»).

У кожному конкретному випадку «дерево відмов» будують з урахуванням особливостей аналізованої системи і відмов, що виникають у ній.

Для первинних (елементарних або складних нерозкритих) подій у «дереві відмов» треба визначити ймовірність їх реалізації (ймовірність відмови або помилки). З цією метою можна скористатися інформацією, що міститься в технічній документації, довідковій чи нормативній літературі, у комп'ютерних базах даних. Імовірність відмови можна визначити на основі статистичних даних про відмови в процесі експлуатації (експлуатаційна надійність). На основі зібраних даних про ймовірність реалізації елементарних подій у «дереві відмов» для логіко-ймовірнісної моделі відмов, отриманої в процесі аналізу, розраховують ймовірність виникнення аварії (небажаної верхньої події). Якщо ймовірність виникнення аварії є неприйнятною величиною, то аналізують «дерево відмов» і знаходять рішення щодо її зниження.

Ризик оцінюють через визначення ймовірності небажаних наслідків аварій на основі сценаріїв їхнього виникнення і розвитку. На рисунку 1.7 наведено принципову схему сценаріїв виникнення і розвитку аварій. Подія, що є вершиною подій, які призводять до виникнення аварії, одночасно може бути початком її розвитку.

Для побудови сценаріїв розвитку аварій, а також для системного аналізу ПНО (систему розбивають на підсистеми) рекомендується використовувати «дерево подій». Як модель різних паралельних і послідовних поєднань відмов, що призводять до реалізації заздалегідь визначеної небажаної події, використовують «дерево відмов».

У процесі аналізу можливих відхилень і помилок поряд із виявленням кожної з цих подій установлюється логічний зв'язок

Для моделювання аварій, аналізу небезпеки й оцінювання ризику рекомендовано застосовувати комп'ютерні програми та програмні засоби. Методи розрахунку й оцінювання небезпек, наслідків і ризику, що використовуються в комп'ютерних програмах і програмних засобах, мають бути обґрунтовані в декларації безпеки (пояснювальній записці).

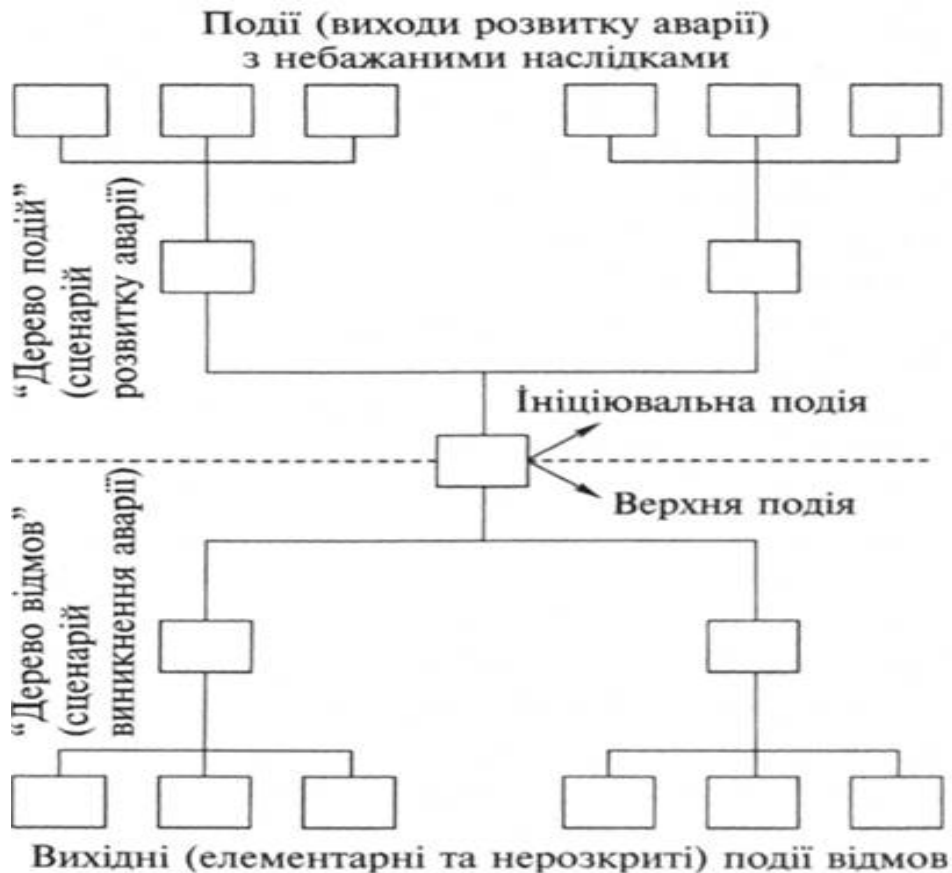


Рисунок 5.3 – Принципова схема сценарію виникнення і розвитку аварії («дерево подій» та «дерево відмов»)

Однак спроба скористатись Методикою на практиці для оцінювання ризиків аварій показала, що хоча вона й передбачає застосування ймовірнісних моделей, проте містить тільки типові вимоги до оцінки наслідків відмов і не містить методу аналізу систем чи посилань на його опис, фізико-математичних моделей і методів розрахунку ризиків виникнення аварій на ОПН та прогнозування збитків. Крім того, мають місце і такі недоліки:

- у методиці не описано метод визначення ризику від кількох джерел небезпеки, що знаходяться на даній території;
- у ній відсутня процедура урахування людського чинника;
- не наведено жодного прикладу, який би підтверджував методичні розрахунки й аналізував отримані результати.

Порядок складання Плану запобігання аварій на виробництві

План запобігання аварій на об'єктах підвищеної небезпеки (далі – *План*) – організаційно-розпорядчий документ, що регламентує дії (взаємодію) учасників локалізації і ліквідації наслідків аварій, персоналу підприємств, місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування під час загрози та виникнення аварій на об'єктах підвищеної небезпеки. Інші терміни у даних методичних рекомендаціях вживаються у значенні, визначеному у Кодексі цивільного захисту України та Законі України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».

У порядку реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру суб'єкт господарської діяльності, а також підприємства, установи, організації, які планують експлуатувати хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки, одночасно з розробленням декларації безпеки розробляють і затверджують План для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який вони експлуатують або планують експлуатувати.

Планування дій на випадок виникнення на цих об'єктах аварій та надзвичайних ситуацій здійснюється згідно із чинним законодавством, яке регулює діяльність у відповідних галузях. Перелік виробництв (цехів, відділень, виробничих ділянок) і окремих об'єктів, які необхідно враховувати при розробленні Плану, визначається відповідно до видів небезпек, які властиві потенційно небезпечним об'єктам та об'єктам підвищеної небезпеки, і затверджується суб'єктом господарювання після погодження з відповідними територіальними органами управління ДСНС та органами Держпраці (далі – територіальні органи).

План розробляється для ОПН, на яких можливі аварії із залповими викидами вибухонебезпечних і токсичних продуктів, вибухами й загоряннями (пожежами) в апаратурі, виробничих приміщеннях і зовнішніх спорудах, які можуть призвести до зруйнування будинків, споруд, технологічного устаткування, ураження людей, негативного впливу на довкілля.

Аварії на об'єктах підвищеної небезпеки, залежно від територіального поширення та масштабу, поділяються на три рівні: «А», «Б» і «В»:

– на рівні «А» аварія характеризується розвитком у межах одного структурного підрозділу підприємства;

- на рівні «Б» аварія характеризується поширенням за межі структурного підрозділу і розвитком її у межах території підприємства;
- на рівні «В» аварія характеризується розвитком і переходом за межі території підприємства з можливістю впливу або впливом уражальних та інших небезпечних чинників аварії на населення, інші підприємства (об'єкти), а також на довкілля.

Організація розроблення та оформлення Плану розробляється з урахуванням усіх станів підприємства (об'єкта): пуск, робота, зупинка і ремонт та повинен охоплювати всі рівні розвитку аварії, які встановлені в процесі аналізу небезпек.

Обов'язки щодо розробки і впровадження Плану та відповідальність за його якість покладаються на власника (керівника) підприємства (об'єкта).

План ґрунтується на:

- ✓ прогнозуванні сценаріїв виникнення аварій;
- ✓ по стадійному аналізі сценаріїв розвитку аварій і масштабів їх наслідків;
- ✓ оцінюванні достатності існуючих заходів, які перешкоджають виникненню і розвитку аварії, а також технічних засобів локалізації аварій;
- ✓ аналізі дій виробничого персоналу та спеціальних підрозділів щодо локалізації аварій на відповідних стадіях їх розвитку.

При розробці Плану потрібно враховувати реальні можливості і ресурси підприємства, накопичений персоналом підприємства і спецпідрозділів досвід дій під час аварійних ситуацій та аварій, для забезпечення уяви щодо потрібних додаткових навичок та ресурсів.

Розроблений План зазвичай погоджується з:

- ✓ територіальними органами управління ДСНС;
- ✓ територіальними органами Держпраці – аналітична частина та оперативні частини для рівнів «А» і «Б»;
- ✓ місцевими органами виконавчої влади – оперативна частина для рівня «В» щодо визначення відповідального керівника з ліквідації надзвичайної ситуації, порядку надання допомоги із забезпечення дій аварійно-рятувальних служб, що залучатимуться відповідно до планів реагування на надзвичайні ситуації, для проведення невідкладних заходів на підприємстві.

Структура Плану об'єкта підвищеної небезпеки суб'єкта господарювання складається з:

- вступної частини (обкладинка; титульний аркуш; зміст; перелік умовних позначень, символів, скорочень і термінів);

- основної частини;

- додатків;

- відомостей про погодження плану, внесених змін та доповнень.

Основна частина містить такі структурні елементи:

- аналітична частина;

- оперативні (текстові) частини для кожного рівня аварії.

Додатки. Матеріали, які є необхідними для повноти плану реагування суб'єкта господарювання, але не можуть бути послідовно розміщені в основній частині плану через великий обсяг або способи відтворення.

Відомості про погодження плану та його коригування. У цих відомостях поміщають інформацію з результатами погодження плану заінтересованими центральними та місцевими органами виконавчої влади, їх територіальними підрозділами з питань цивільного захисту, а також результати проведеного коригування завірені підписами відповідних посадових осіб.

Рекомендації до складання аналітичної частини

У аналітичній частині викладаються відомості про:

- ✓ мету, яку планується досягти та цілі (напрямки) реалізації Плану;
- ✓ перелік небезпечних виробництв (цехів, відділень, виробничих дільниць) і окремих об'єктів;
- ✓ аналіз небезпек, можливих аварій та їхніх наслідків.

Метою Плану є планування дій (взаємодії) персоналу підприємства, спецпідрозділів, щодо локалізації і ліквідації аварій та пом'якшення їх наслідків. Перелік виробництв (цехів, відділень, виробничих дільниць) і окремих об'єктів, для яких розроблюється План, визначається власником (керівником) підприємства, узгоджується з керівниками відповідних територіальних органів управління ДСНС, Держпраці.

Аналіз небезпеки підприємства (об'єкта) проводиться на основі докладного розгляду його стану згідно з вимогами міжгалузевої і галузевої нормативної документації, рекомендацій довідкової і науково-технічної

літератури, а також з урахуванням аварій, що відбувалися на ньому та аналогічних підприємствах (об'єктах).

Під час аналізу небезпеки підприємства (об'єкта) потрібно визначити всі можливі аварії, в тому числі й малоймовірні, з катастрофічними наслідками, які можуть виникати на підприємстві, розглянути сценарії їхнього розвитку і оцінити наслідки.

Виявлення можливостей і умов виникнення аварій має виконуватись на основі аналізу особливостей роботи як окремого обладнання (апаратів, машин тощо), так і їх групи (технологічних блоків), а також з урахуванням небезпечних властивостей речовин і матеріалів, що використовуються у виробництві.

Виявлення можливих аварій доцільно проводити в такій послідовності:

- ✓ визначити наявність на підприємстві небезпечних речовин, небезпечних режимів роботи обладнання і об'єктів;
- ✓ виявити потенційні види небезпеки для кожної одиниці обладнання (апарата, машини) і процесу, що проходить у ньому;
- ✓ для виявлених видів потенційних небезпек на об'єкті потрібно прогнозувати сценарії виникнення і розвитку можливих аварій, що призводять до реалізації таких небезпек.

Сценарій має починатися з події (стадії), що утворює безпосередню загрозу виходу технологічного процесу з-під контролю й виникнення аварії. На кожній стадії розвитку аварії потрібно:

- ✓ оцінити кількість небезпечних речовин, яка може взяти участь в аварії, що прогнозується;
- ✓ встановити уражальні чинники, які притаманні виду небезпеки, який реалізується під час аварії;
- ✓ оцінити наслідки впливу уражальних чинників аварії на сусідні об'єкти й людей з урахуванням властивостей цих об'єктів і їхнє взаємне розташування: визначаються масштаби зон руйнування, ураження людей і зараження місцевості;
- ✓ визначити безпечні зони й місця можливих сховищ, шляхи евакуації, що не потрапляють під вплив уражальних чинників аварії.

За результатами аналізу виникнення й розвитку аварій та оцінки їх наслідків потрібно встановити можливість переходу аварії на рівні «Б» і «В».

Для кожної стадії сценарію розвитку аварії надається код. Оцінка наслідків аварії і її окремих стадій виконується за допомогою методик, які містяться у нормативно-технічній документації і довідковій літературі. Результати виконаного аналізу викладаються у розділі письмово і мають пройти незалежну експертизу.

Оперативна частина Плану для аварій на рівні «А» повинна містити:

- ✓ блок-схему виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці);
- ✓ план виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці);
- ✓ блок-карти об'єктів (цехів, відділення, виробничих дільниць), які входять до складу виробництва;
- ✓ опис дій персоналу;
- ✓ список і схему оповіщення посадових осіб, які мають бути терміново сповіщені про аварію;
- ✓ список робітників, що залучаються до локалізації аварії, осіб, що дублюють їхні дії за відсутності перших з будь-яких причин, із зазначенням місць їх постійної роботи, проживання й телефонів;
- ✓ перелік інструментів, матеріалів, засобів індивідуального захисту, які мають бути використані при локалізації аварії, із зазначенням місць їх зберігання (аварійних шаф);
- ✓ обов'язки керівника робіт, виконавців і інших посадових осіб щодо локалізації аварії;
- ✓ інструкцію щодо аварійної зупинки виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці).

На блок-схемі виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці) визначаються його складові частини без їх деталізації, прямі та зворотні міжцехові потоки, їх характеристики й параметри, відповідна, в т. ч. і гранична для виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці) відсічна арматура, які мають безпосереднє значення для локалізації (ліквідації) наслідків аварії.

На плані виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці) має бути вказано місце розташування:

- ✓ основного технологічного обладнання і комунікацій;
- ✓ відсічної, запірної арматури, яка має безпосереднє відношення до локалізації (ліквідації) наслідків аварії;
- ✓ засобів протиаварійного захисту, зв'язку і оповіщення;
- ✓ евакуаційних виходів і маршрутів евакуації;
- ✓ шляхів під'їзду, ділянок для встановлення і маневрування спецтехніки;
- ✓ сховищ і місць укриття.

Блок-карти об'єктів повинна містити: принципову технологічну схему об'єкта; план розташування устаткування об'єкта; стислу характеристику небезпеки технологічних блоків, що входять до складу об'єкта.

Опис дій персоналу доцільно оформляти у вигляді таблиці, яка містить три графи:

графа 1 «Найменування і код аварії (стадії)», де зазначаються найменування стадії розвитку аварії за прийнятими сценаріями із зазначенням коду й місця;

графа 2 «Розпізнавальні ознаки», у якій зазначаються розпізнавальні ознаки із зазначенням засобів контролю, їх позицій і показань, а також зовнішніх проявів (ефектів) та інших критеріїв, за якими може бути ідентифікована та чи інша стадія розвитку аварії;

графа 3 «Перелік виконавців, порядок їх дій» має передбачати порядок:

- виявлення й оцінку аварії або загрози її виникнення за розпізнавальними ознаками;
- оповіщення персоналу виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці) й диспетчера підприємства (об'єкта) про аварію або загрозу її виникнення;
- включення протиаварійних систем;
- відключення пошкодженої дільниці, повну або часткову зупинку виробництва (цеху, відділення, виробничої дільниці);
- виведення з небезпечної зони персоналу, із зазначенням порядку забезпечення його засобами індивідуального захисту;
- інші заходи, що запобігають розвитку аварії, з урахуванням специфіки виробництва.

В інструкції щодо аварійної зупинки виробництва (підприємства), яка є складовою оперативної частини Плану, для кожної аварії повинні бути визначені послідовність уведення в дію систем протиаварійного захисту, відключення апаратів і механізмів, відключення електроенергії та інших енергоносіїв, режим роботи вентиляції і систем очищення повітря, порядок використання засобів рятування людей і ліквідації наслідків аварії. При цьому має бути врахований вплив виконуваних переключень і відключень на роботу систем протиаварійного захисту, життєзабезпечення та інших систем, які є суттєвими під час ліквідації аварії.

Порядок розробки та складання Плану запобігання аварій на виробництві

1. Вихідні данні для виконання завдання:

- машинобудівельне підприємство (характеристика виробництва наведено у таблиця Д1.4);
- підприємство в своєму складі має два і більше об'єктів підвищеної небезпеки;

2. Прогнозування сценарію можливої аварії на підприємстві за характером виконання робіт підвищеної небезпеки.

Пропонується провести розрахункове завдання для трьох можливих варіантів аварій (задача 1, 2 та 3):

Завдання 1

При транспортуванні ємності з пропаном масою _ т на відстані _ м від об'єкта відбувся вибух. Будівля складу з легким металевим каркасом. На складі знаходилось обладнання середні верстати; електродвигуни до 1,5 кВт та 5 кВт; стелажі; кабельна наземна лінія.

Визначити: максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху; побудувати зони, які утворилися при вибуху пропану; оцінити характер травм персоналу.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані до завдання 1

Показник	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ємність з пропаном, т.	20	15	30	40	50	75	100	90	10	15
Відстань до об'єкту, м.	300	250	350	400	400	400	200	500	250	300
Показник	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ємність з пропаном, т.	25	16	35	45	55	70	100	90	20	25
Відстань до об'єкту, м.	200	350	250	400	300	350	500	450	250	300

Завдання 2

На складі підприємства трапився вибух ємності з бензином, ємність резервуара $V_{\text{ємн.}} = \underline{\hspace{2cm}}$ м³, заповнення ємності бензином $V_{\text{бенз.}} = \underline{\hspace{2cm}}\%$, зміст бензину в паровій фазі, $V_{\text{пар.бенз.}} = \underline{\hspace{2cm}}\%$, відстань до цеху $\underline{\hspace{2cm}}$ м.

Будівля цеху з металевим каркасом бетонним заповненням. В цеху знаходилось обладнання: середні та важкі верстати; електродвигуни до 10 кВт та 20 кВт; стелажі; кабельна наземна лінія; трансформаторна підстанція закритого типу.

Визначити максимальний надлишковий тиск, що утворився в результаті вибуху; побудувати зони, які утворилися при вибуху ємності з бензином; оцінити характер травм персоналу.

Таблиця 5.2 – Вихідні дані до завдання 2

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

Продовження таблиці 5.2

Показник	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ємність, м ³	1500	1000	1500	1600	1000	1500	1600	1200	1000	1600
Заповнення ємності бензином, %.	63	60	67	50	75	55	85	80	82	65
Показник	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Вміст бензину в паровій фазі, %	3	3	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3
Відстань до резервуару, м	100	220	150	100	250	250	150	250	200	250

Завдання 3

Приміщення об'ємом ____ м³, якщо відомо, що в ньому використовується _____ і у випадку аварії на підлозі приміщення може розлитися _____ л цієї легкозаймистої рідини. Температура у приміщенні: ____°С.

Для умов даної задачі провести розрахунок значень критеріїв вибухопожежної небезпеки приміщення та визначити його відповідну категорію. Оцінити характер можливих травм персоналу.

Таблиця 5.3 – Вихідні дані до завдання 3

Варіант	Об'єм Виробничого приміщення, м ³	Вид речовини	Об'єм розлитої речовини, л	Температура в виробничому приміщенні, С°
1	2	3	4	5
1	98	уайт-спірит	2,5	25
2	102	ізопропіловий спирт	1,5	20
3	87	гас (керосин)	2,0	25
4	96	спирт етиловий	2,5	20
5	105	бензин	1,5	25
6	120	ацетон	2,0	20
7	125	толуол	2,5	20
8	88	бензин	1,0	25
9	115	спирт етиловий	2,5	20
10	129	ізопропіловий спирт	2,5	20
11	130	уайт-спірит	2,0	20
12	123	ацетон	2,5	20

Продовження таблиці 5.3

1	2	3	4	5
13	145	гас (керосин)	2,5	25
14	139	толуол	2,0	20
15	108	уайт-спірит	2,5	25
16	118	спирт етиловий	2,0	20
17	99	ацетон	1,5	20
18	86	ізопропіловий спирт	1,5	20
19	127	бензин	2,5	25
20	132	гас (керосин)	2,5	25

На підставі проведених розрахунків можливих ризиків аварійних ситуацій, скласти План запобігання аварій на виробництві:

✓ *аналітична частина:*

- мета, яку планується досягти та напрямки реалізації Плану;
- перелік небезпечних виробництв (цехів, відділень, виробничих дільниць) і окремих об'єктів;
- аналіз небезпек, можливих аварій та їхніх наслідків;

✓ *оперативні (текстові) частини рівня аварії «А»:*

- опис дій персоналу.

За результатами виконаного завдання підготувати загальний висновок.

Контрольні запитання

1. За якими принципами здійснюється визначення зон за вибухо- та пожежонебезпечністю?
2. Назвіть причини вибухів на виробництві.
3. Назвіть та охарактеризуйте основний уражальний фактор вибуху.

4. Назвіть порядок визначення зон руйнування у разі вибуху суміші повітря з вуглеводними газами у відкритому просторі.
5. Які категорії приміщень виділяють за вибухопожежною та пожежною небезпекою? Охарактеризуйте їх.
6. Назвіть порядок визначення категорій приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Список джерел інформації

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс України; Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI. *Відомості Верховної Ради України*. 2013: № 34-35. Ст.458. Дата оновлення: 01.01.2019. Редакція, підстава – 2629-VII.
2. Деякі питання використання захисних споруд цивільного захисту : Постанова Кабінету Міністрів України від 10.03.2017 р. № 138. *Офіційний вісник України*. 2017. № 24. Стор. 65.
3. Про видачі дозволу на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки : Постанова Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 р. № 1107. Дата оновлення: 20.04.2019. Редакція, підстава – 330-2019-п.
4. Про ідентифікацію та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки (НПАОП 0.00-6.21-02, НПАОП 0.00-6.22-02) : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.07.2002 № 956. Дата оновлення: 12.01.2016. Редакція, підстава – 1097-2015-п.
5. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою (ДСТУ Б В.1.1-36:2016) : наказ Мінрегіон України від 15.06.2016 р. № 158. Код УКНД (ДК 004-2008) : 13.220, 91.040.20.
6. Про затвердження вимог з питань використання та обліку фонду захисних споруд цивільного захисту: наказ Міністерства внутрішніх справ від 09.07.2018 р. № 579. *Офіційний вісник України*. 2018. № 64. Стор. 16.
7. Безпека праці в професійній діяльності. Частина II. Забезпечення техногенної безпеки та безпечних умов праці О.Г. Янчик, В. Ф., Райко, Ю.А., Петренко та інші /Навч. посіб./ – НТУ «ХП», Харків : 2020. – 316 с.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Нормативні значення для визначення величини надлишкового тиску під час вибуху та вихідні дані для виконання розрахункових завдань

Таблиця Д 1.1 – Дія ударної хвилі на людину в залежності від величини надлишкового тиску вибуху

Величина надлишкового тиску, кПа	Види травм	Характер ураження
>100	вкрай важкі	отримані травми дуже часто призводять до смертельного результату
60 – 100	важкі	сильна контузія всього організму, ушкодження внутрішніх органів і мозку, важкі переломи кінцівок. можливі смертельні випадки
40 – 60	середньої важкості	серйозні контузія, ушкодження органів слуху, кровотеча з носа і вух, сильні вивихи і переломи кінцівок
20 – 40	легкі	легка контузія організму, тимчасове ушкодження слуху, забиті місця і вивихи кінцівок

Таблиця Д 1.2 – Категорії приміщень за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні	Категорія приміщень
1	2
ГГ, ЛЗР з температурою спалаху не вище ніж 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання, яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху (ΔP) у приміщенні, який перевищує 5 кПа; речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, у такій кількості, що ΔP у приміщенні перевищує 5 кПа	вибухопожежно-небезпечні А

Продовження таблиці Д 1.2

1	2
Горючі пил і волокна, ЛЗР з температурою спалаху вище ніж 28°C, ГР у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається ΔP в приміщенні, який перевищує 5 кПа	вибухопожежо- небезпечні Б
ГГ, ЛЗР і ГР, важкогорючі рідини, а також речовини і матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді ГР, важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пил і волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м ² кожна перевищує 180 МДж·м ⁻² . Якщо питома пожежна навантага не перевищує 180 МДж·м ⁻² , то приміщення відноситься до категорії Д за умови виконання вимог пунктів 7.6.1, 7.6.5 та 7.6.8 ДСТУ Б В.1.1-36:2016	пожежо- небезпечні В
Негорючі речовини або матеріали у гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки, яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і полум'я; ГГ, рідини і тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо	помірно пожежо- небезпечна Г
Речовини або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім ГГ, горючих пилу і волокон), а також негорючі речовини і матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В	знижено пожежо- небезпечна Д

Таблиця Д 1.3 – Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою

Критерії віднесення зовнішніх установок до тієї або іншої категорії за вибухопожежною та пожежною безпекою	Категорія зовнішніх установок
Установка відноситься до категорії А_з, якщо в ній знаходяться (обертаються) ГГ; ЛЗР з температурою спалаху не більше ніж 28 °С; речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним. При цьому горизонтальний розмір зони, що обмежує газо-, пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (С_{нкмп}), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих газів і парів) і ΔР, що розвивається в разі займання газо-, пароповітряних сумішей; під час вибуху речовин і матеріалів, які здатні вибухати і горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним, перевищує більше ніж 5 кПа на відстані 30 м від зовнішньої установки	вибухопожежно-небезпечні А_з
Установка відноситься до категорії Б_з, якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі пил або волокна; ЛЗР з температурою спалаху більше ніж 28 °С; ГР. При цьому горизонтальний розмір зони, що обмежує пароповітряні суміші із концентрацією ГР вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (С_{нкмп}), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих парів) і ΔР, що розвивається у разі займання пило-, пароповітряних сумішей, перевищує більше ніж 5 кПа на відстані 30 м від зовнішньої установки	вибухопожежно-небезпечні Б_з
Установка відноситься до категорії Г_з, якщо в ній знаходяться (обертаються) негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор або полум'я, а також ГГ, ГР, і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо	помірно пожежо-небезпечна Г_з
Установка відноситься до категорії Д_з, якщо вона не відноситься до категорій А_з, Б_з, В_з або Г_з.	знижено пожежо-небезпечна Д_з

Продовження додатка 1

Таблиця Д 1.4 – Варіанти 1-10 вихідних даних для виконання завдань до практичних занять 1.2 та 1.8 ?

№ п/п	Назва приміщень	Варіанти																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Основні цехи																					
Заготівельний:																					
	розкрійний	Г	110	Г	100	Г	90	Г	80	В	110	В	120	Г	130	Г	100	В	210	Г	110
	ливарний	Г	200	В	200	В	250	Г	180	Г	220	В	100	В	200	Г	210	Г	220	В	190
	штампувальний	Г	180	Г	280	Г	170	Г	160	Г	190	Г	160	Г	180	В	180	Г	200	Г	150
Обробний:																					
	механічний	Д	210	Г	220	Д	230	Д	200	Д	180	Г	210	Г	260	Д	190	Д	200	Д	230
	термічний	Г	170	В	170	Г	190	Г	180	Г	160	Г	180	Г	180	Г	160	Г	170	Г	180
	гальванічний	Г	250	Г	200	Г	200	Д	210	Г	150	Г	230	Д	270	Д	200	Г	220	Г	210
Складальний:																					
	механічно- складальний	Г	220	Д	215	Г	245	Г	239	Г	234	Г	235	Г	183	Г	176	Г	232	В	215
	кінцевого складання	Г	230	Г	235	Г	238	Г	248	Г	267	В	267	Г	229	Г	158	Г	254	Г	238
	доведення та випро- бовування		40		20		37		78		34		44		21		11		67		23

Продовження додатка 1

Закінчення таблиці Д 1.4

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Допоміжні цехи																					
0	енергетичний	Б	334	Б	351	Б	343	Б	325	Б	328	Б	311	Б	310	Б	289	Б	274	Б	289
1	інструментальний	Г	169	Г	160	Г	156	Г	167	Г	180	Г	162	Г	160	Г	150	Г	162	Г	180
2	ремонтно-механічний	В	192	В	173	В	223	В	194	В	193	Б	187	В	190	В	194	В	187	В	210
Обслуговуючі господарства																					
3	транспортне	В	138	В	156	В	187	В	178	В	184	В	133	В	230	В	135	В	163	В	139
4	складське	А	284	А	289	А	356	А	348	А	280	А	380	А	369	А	281	А	393	А	321
Побічні цехи																					
5	переробки виробничої сировини	В	140	В	140	В	147	В	167	В	155	В	144	В	141	В	140	В	143	В	142
6	товарів широкого вжитку	В	155	В	152	В	153	В	176	В	167	В	151	В	162	В	153	В	159	В	150
7	регенерації	В	145	В	176	В	141	В	153	В	148	В	133	В	139	В	178	В	143	В	131
Підсобні цехи																					
8	тарний	Д	300	Д	291	Д	334	Д	328	Д	287	Д	297	Д	333	Д	336	Д	312	Д	311
9	підготовки основних матеріалів	Б	240	Б	243	Б	249	Б	256	Б	246	Б	239	Б	241	Б	234	Б	247	Б	242
0	загальна площа приміщень, м ²	3907		3301		4139		4067		3713		3883		4228		3675		4156		3861	

Продовження додатка 1

Таблиця Д 1.5 – Варіанти 11-20 вихідних даних для виконання завдань до практичних занять 1.2

п/п	Назва приміщень	Варіант																			
		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20	
		катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²	катег. прим.	площа, м ²
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Основні цехи																					
Заготівельний:																					
	розкрійний	Д	214	Г	220	Д	211	Д	200	Д	180	Г	210	Г	260	Д	190	Д	200	Д	230
	ливарний	Г	173	В	170	Г	191	Г	180	Г	160	Г	182	Г	180	Г	160	Г	170	Г	180
	штампувальний	Г	234	Г	189	Г	200	Д	210	Г	150	Г	238	Д	270	Д	200	Г	220	Г	210
Обробний:																					
	механічний	Г	210	Г	234	Г	190	Г	183	В	222	В	122	Г	130	Г	315	В	210	Г	224
	термічний	Г	212	В	165	В	250	Г	167	Г	169	В	116	В	200	Г	210	Г	220	В	190
	гальванічний	Г	183	Г	281	Г	170	Г	163	Г	191	Г	161	Г	180	В	180	Г	200	Г	150
Складальний:																					
	механічно-складальний	Г	334	Б	351	Б	343	Б	325	Б	328	Б	311	Б	310	Б	289	Б	274	Б	289
	кінцевого складання	Г	169	Г	160	Г	156	Г	167	Г	180	Г	162	Г	160	Г	150	Г	162	Г	180
	доведення та випробовування	В	192	В	173	В	223	В	194	В	193	Б	187	В	190	В	194	В	187	В	210

Продовження додатка 1

Закінчення таблиці Д 1.5

Допоміжні цехи																					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
0	енергетичний	Б	410	Б	223	Б	390	Б	380	Б	286	Б	320	Б	130	Б	388	Б	219	Б	310
1	інструментальний	Г	200	В	247	В	250	Г	180	Г	180	В	224	В	200	Г	183	Г	222	В	214
2	ремонтно-механічний	Г	193	Г	280	Г	170	Г	160	Г	160	Г	191	Г	180	В	162	Г	201	Г	187
Обслуговуючі господарства																					
3	транспортне	В	167	В	174	В	167	В	182	В	139	В	143	В	138	В	191	В	230	В	222
4	складське	А	356	А	367	А	480	А	423	А	314	А	297	А	310	А	413	А	452	А	369
Побічні цехи																					
5	переробки виробничої сировини	В	168	В	176	В	140	В	140	В	140	В	140	В	140	В	140	В	140	В	140
6	товарів широкого вжитку	В	135	В	165	В	155	В	155	В	155	В	155	В	155	В	155	В	155	В	155
7	регенерації	В	134	В	123	В	130	В	130	В	130	В	130	В	130	В	130	В	130	В	130
Підсобні цехи																					
8	тарний	Г	138	Г	156	Д	187	Г	178	Д	184	Г	133	Г	230	Д	135	Д	163	Д	139
9	підготовки основних матеріалів	Г	284	Г	289	Г	356	Г	348	Д	280	Г	380	Д	369	Г	281	Г	393	Г	321
0	Загальна площа приміщень, м ²	4106		4143		4359		3885		3741		3802		3862		4066		4148		4050	

Додаток 2
Прогнозування та оцінка хімічної обстановки на об'єкті підвищеної небезпеки

Таблиця Д 2.1 – Класифікація промислових протигазів

Марка протигазу	Колір коробки	Найменування НХР, від яких забезпечується захист
А	коричневий	фосфоро- та хлорорганічні сполуки, їх пари (бензин, ацетон, бензол, сірковуглець, спирт, ефіри, анілін)
В	жовтий	кислі гази та пари (сірчистий ангідрид, хлор, сірководень, синільна кислота, оксиди азоту, хлороводень, фосген)
Г	двокольоровий (чорний і жовтий)	пари ртуті, ртутьорганічні отрутохімікати на основі етилмеркурхлориду
КД	сірий	аміак, сірководень та їх суміш
Е	чорний	миш'яковистий та фосфористий водень.
БКФ	захисний (зелений)	пари органічних речовин, миш'яковистий та фосфористий водень
М	червоний	окиси вуглецю в присутності малої кількості амоніаку, миш'яковистого та фосфористого водню, сірководень, парів органічних речовин
СО	білий	окис вуглецю

Примітка: біла вертикальна смуга свідчить про наявність у коробці аерозольного фільтру.

Продовження додатка 2

Таблиця Д 2.2. – Фізико-хімічні й токсичні властивості НХР

Найменування НХР	Агрегатний стан (при 20°)	Молекулярна маса	Температура кипіння, °С	Густина, г/см ³	Показники вражаючої дії	Уражаюча доза		Дегазуючі речовини і розчини (Q на 1 т НХР)
						Концентрація, г/л	Експозиція, хв	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Хлор	зеленувато-жовтий газ із різким запахом	70,9	-34,6	1,56	Загрудний біль, кашель, набряк легенів, подразнення слизових оболонок, різь в очах, слъозотеча. Смерть. В суміші з воднем при концентрації 9,2-11,5% вибухонебезпечний	0,01	60	вода – 150т, гашене вапно, розчини лугів (10%) – 10т.
Аміак	безбарвний газ із запахом нашатирю	17,3	-33,4	0,68	Подразнення верхніх дихальних шляхів, ураження центральної нервової системи, розлад дихання і кровообігу, судоми, опіки, смерть від серцевої недостатності й набряку легень. Суміш з киснем 4:3 вибухонебезпечна.	0,2	360	вода – 2т, слабкі розчини мінеральних кислот

Продовження додатка 2

Продовження таблиці Д 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ціаністий водень	безбарвна рідина із запахом гірко-го мигдалю	27,3	25,6	0,7	Гіркота і металевий присмак у роті, головний біль. Задишка. Судоми, смерть від паралічу серця. Сильно швидкодіюча отруйна речовина може вразити при $C = 10$ г/м через шкіру.	0,02 – 0,04	30	Розчин гіпохлориду кальцію – 45 т, луги. аміак Формальдегід – 3 т (10 %)
Сірчистий ангідрид	безбарвний газ із запахом запаленого сірника	64,07	10	1,46	Подразнення верхніх дихальних шляхів, запалення їх слизових оболонок, а також горла і очей. При високих концентраціях – задишка, втрата свідомості і смерть.	0,4 – 0,5	50	Вода – 10 т. розчини лугів 14 т (13%), аміак. Гашене вапно – 10т.
Окис азоту	газ червоно-бурого кольору	-	21	1,49	Сильний окисник. З амоніаком в рідкому стані реагує вибухом. Уражає верхні дихальні шляхи, викликає опіки.	0,5	30	10 %-й розчин лугів, вапно – 10 т.

Продовження додатка 2

Таблиця Д 2.3 – Перша медична допомога при ураженні НХР

Найменування НХР	Заходи допомоги
Хлор	вивести потерпілого на свіже повітря, дати зволожений кисень, зробити штучне дихання. слизові оболонки та шкіру промити 2%-вим розчином соди протягом 15 хв.
Аміак	вивести потерпілого на свіже повітря. дати спокій, забезпечити теплом. слизові оболонки та шкіру промити водою або 2%-вим розчином борної кислоти протягом 15 хв
Ціаністий водень (HCN)	винести потерпілого на свіже повітря, застосувати антидот (амілнітрид – не більше 2 ампул). за необхідності зробіть штучне дихання.
Фосген	винести потерпілого на свіже повітря. забезпечити спокій та зігрів тіла, дати гарячі напої. штучне дихання забороняється.
Окис азоту	винести потерпілого на свіже повітря, за необхідності – зробити штучне дихання. ввести під шкіру 1 мл ефедрину (5%-й розчин)
Сірчистий ангідрид	винести потерпілого на свіже повітря, шкіру та слизові оболонки промити водою або 2 %-вим розчином соди протягом 15 хв.

Таблиця Д 2.4 – Перелік погодні умови, стан атмосфери, напрямок і швидкість вітру, умови викиду, інші параметри

Можливий зовнішній вплив	Можливі небезпечні наслідки
1	2
Висока температура навколишнього середовища	Зростання тиску пари хімічних речовин, небезпечна зміна складу газової фази, розширення рідин, зростання тиску в апараті, розширення конструкцій, виникнення внутрішніх напружень
Посуха	Може вплинути на наявність охолодної води
Низькі температури	Виникнення температурних напружень у металі, крихкість, замерзання рідин, виникнення крижаних пробок

Продовження додатка 2

Продовження таблиці Д 2.4

1	2
Мороз	Сильний мороз може призвести до пошкодження фундаменту споруд
Туман	Зростає ймовірність дорожньо-транспортних пригод
Град	Може зумовити ушкодження як предмет, що падає
Електричні розряди в атмосфері	Можливе пошкодження систем керування та енергосистем. Є причиною виникнення пожежі чи вибуху, а також нещасних випадків
Інтенсивне випадання опадів (сильний дощ)	Розглядають як повінь, зумовлену зовнішніми причинами, zalivanja водою
Снігопад	Зростає навантаження на дахи. Під час танення призводить до повеней через зовнішні причини
Лавина	Ударна хвиля
Повінь, спричинена зовнішніми впливами	Потрібно враховувати наявність річок, озер і струмків поблизу ПНО, інші події, що здатні призвести до повені
Ерозія берегів	Погіршення стану навколишнього середовища
Припливи, підвищення рівня води в річках, озерах	Можуть спричинити повені
Низький рівень води в річці	Нестача холодної води
Коливання рівня води у водоймах	Вид повені
Зміна напрямку плину річок	Те ж саме, що й низький рівень води у річці, водоймі
Крижаний покрив	Засмічення річок льодом, механічні пошкодження внаслідок падіння льоду
Буря, торнадо	Предмети, що летять, уламки. Вітрове навантаження на конструкції
Штормові хвилі, хвилі	Спричинюють повені
Зсуви	Осідання устаткування
Піщана буря	Виводить з ладу устаткування, засмічує повітрязбірники

Продовження додатка 2

Продовження таблиці Д 2.4

1	2
Цунамі	Те саме, що й штормові хвилі, повінь
Сель	Ударна хвиля може вивести з ладу устаткування
Землетрус, сейсмічна активність	Невідповідність міцності будинків і будівельних споруд сейсмічній активності місцевості, небезпека руйнування будинків, споруд, шляхів
Виверження вулканів	Те саме, що й сейсмічна активність
Лісова пожежа чи пожежі на сусідніх об'єктах	Враховують розміщення об'єкта підвищеної небезпеки відносно лісового масиву та сусідніх пожежо- небезпечних об'єктів
Вплив літаків і падаючих уламків	Враховують за наявності аеродрому (чи злітно- посадкової смуги) ближче ніж за 5 км
Падіння метеоритів	Скрізь однакова небезпека
Усадка, набрякання чи тверднення	Небезпека руйнування будинків, споруд, шляхів
Аварії на сусідніх військових чи інших промислових об'єктах	Небезпека, що залежить від того, які об'єкти розміщені по сусідству
Ударні хвилі й осколки	Вибухи резервуарів на сусідніх апаратах, інших об'єктах
Аварії на сусідніх трубопроводах	Вибухи газоповітряних сумішей, пожежі, розливи, викиди токсичних речовин
Виділення хімічних речовин зі сховищ, апаратів і трубопроводів сусідніх ПНО	Отруєння операторів і втрата керування процесами, корозійне руйнування устаткування
Підземні і землерийні роботи	Пошкодження підземних споруд, розриви трубопроводів і кабельних ліній
Осколки в разі ламання машин	Відцентрові машини, турбіни, машини з деталями, що швидко обертаються
Транспортні аварії	Небезпека загибелі людей, майнових втрат
Війна, повстання	Руйнування, що створюють загрозу аварій чи призводять до аварій
Диверсії і терористичні акти	Небезпека масштабних збитків. Можуть здійснюватися за замовленням конкурентів, злочинними угрупованнями тоо

Навчальне видання

ЯНЧИК Олександр Григорович
БОГАТОВ Олег Ігорович
ІЛЬІНСЬКА Ольга Ігорівна
ТОЛСТОУСОВА Оксана Валеріївна,

ЗАПОБІГАННЯ АВАРІЙ НА ВИРОБНИЦТВІ

Навчальний посібник

з дисципліни «Запобігання аварій на виробництві» для здобувачів
вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
із спеціальності: 263 – Цивільна безпека

Відповідальний за випуск проф. Березуцький В. В.
Роботу до видання рекомендувала проф. Райко В.Ф.
В авторській редакції

План 2022 р., поз 11

Підп. до друку 02.02.2022. Формат 60×84 1/12. Папір офсет.

Друк – різнографія. Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 19,0.

Наклад 50 прим. Зам. № . Ціна договірна.

Видавничий центр НТУ «ХП».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 5478 від 21.08.2017 р.
61002, Харків, вул. Кирпичова, 2
