

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет пожежної безпеки

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів
та технологій**

**ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА
СУЧАСНИХ
ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Курс лекцій

Харків 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет пожежної безпеки

**Кафедра пожежної і техногенної безпеки об'єктів
та технологій**

**ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА
СУЧАСНИХ
ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Курс лекцій

Харків 2023

Рекомендовано до друку вченою радою
факультету пожежної безпеки
НУЦЗ України
(протокол від 27.12.2023 № 4)

Укладачі: В. В. Олійник, О. М. Роянов, О. М. Григоренко

Рецензент: доктор технічних наук, професор **В. М. Комяк**, професор кафедри фізико-математичних дисциплін факультету техногенно-екологічної безпеки НУЦЗ України,

Промислова безпека сучасних виробничих технологій: курс лекцій. Для здобувачів вищої освіти, які навчаються на другому (магістерському) рівні вищої освіти в галузі знань 16 "Хімічна інженерія та біоінженерія" за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист» / Укладачі: В. В. Олійник, О. М. Роянов, О. М. Григоренко. – Х.: НУЦЗУ, 2023. – 235 с.

Курс лекцій навчальної дисципліни «Промислова безпека сучасних виробничих технологій» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки магістра за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» спеціалізації «Радіаційний та хімічний захист».

Зміст лекцій містить інформацію щодо стану промислової безпеки сучасних потенційно небезпечних об'єктів в Україні, причин та умов виникнення аварійних ситуацій та аварій на промислових об'єктах, пов'язаних з техногенною небезпекою, питань нормативно-правового забезпечення безпеки об'єктів господарювання та цивільного захисту населення.

Для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» для підготовки до семінарських занять, модульних контрольних робіт, тестів, заліку та іспиту.

ЗМІСТ

Лекція 1. Промислові аварії та катастрофи. Поняття та визначення	6
1.1 Оцінка стану техногенної небезпеки в Україні	6
1.2 Нормативно-правове забезпечення безпеки об'єктів господарської діяльності та цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Поняття та визначення	9
1.3 Класифікація техногенних аварій	11
Питання для самоконтролю	14
Лекція 2. Аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах	17
2.1 Загальні відомості про ядерно-радіаційнонебезпечні об'єкти	17
2.2 Радіаційні аварії, причини їх виникнення та характеристика	24
Питання для самоконтролю	34
Лекція 3. Аварії на хімічно-небезпечних об'єктах	36
3.1 Хімічно небезпечні об'єкти, їх класифікація та характеристика	36
3.2 Аналіз стану небезпеки об'єктів хімічної промисловості	42
Питання для самоконтролю	46
Лекція 4. Аварії на пожежовибухонебезпечних об'єктах	48
4.1 Техногенні пожежі та вибухи, причини виникнення	48
4.2 Класифікація приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою	55
Питання для самоконтролю	59
Лекція 5. Аварії на гідротехнічних спорудах та об'єктах комунального господарства	61
5.1 Основні поняття та визначення	61
5.2 Аварії на об'єктах комунального господарства	63
5.3 Аварії на об'єктах комунального господарства	67
5.4 Транспортні аварії (катастрофи)	69
Питання для самоконтролю	71
Лекція 6. Аналіз та оцінка параметрів безпеки промислових об'єктів	73
6.1 Порядок встановлення вимог до безпеки промислових підприємств	73
6.2 Ідентифікація небезпек	75
Питання для самоконтролю	77
Лекція 7. Методи розрахунку значень критеріїв пожежної небезпеки об'єктів	78
7.1 Аналіз і узагальнення моделей для використання в методиках розрахунку	78
7.2 Кількісна оцінка маси горючих речовин, що надходять у навколишній простір в результаті аварії	82
Питання для самоконтролю	85

Лекція 8. Загальні принципи кількісної оцінки вибухонебезпечності технологічних блоків	86
8.1 Призначення методики оцінки рівня енергетичного потенціалу технологічного блоку. Умовні позначення та скорочення	86
8.2 Визначення значень енергетичних показників вибухонебезпечності технологічного блоку.....	89
Питання для самоконтролю.....	94
Лекція 9. Прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічнонебезпечних об'єктах і транспорті	96
9.1 Загальні положення методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій.....	96
9.2 Оцінка та прогнозування наслідків аварій.....	98
9.3 Порядок проведення довгострокового та аварійного прогнозування	107
9.4 Класифікація АТО та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки	110
9.5 Оформлення табло чергового диспетчера хімічно небезпечного об'єкта.....	110
Питання для самоконтролю.....	111
Лекція 10. Негативні чинники впливу пожеж і вибухів на людину та стан довкілля	113
10.1 Негативні чинники впливу джерел виробничих аварій на людину та стан довкілля. їх класифікація та характеристика.....	113
10.2 Негативні чинники пожеж	118
10.3 Негативні чинники вибуху.....	120
Питання для самоконтролю.....	124
Лекція 11. Негативні чинники токсичного впливу на людину і навколишнє середовище.....	126
11.1 Основні поняття. Терміни та визначення	126
11.2 Класифікація небезпечних хімічних речовин та їх характеристика.....	131
11.3 Зони та масштаби зараження небезпечними хімічними речовинами	134
Питання для самоконтролю.....	135
Лекція 12. Методика оцінки наслідків аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктах.....	136
12.1 Основні положення методики.....	136
12.2 Порядок оцінки наслідків аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктах.....	138
Питання для самоконтролю.....	149
Лекція 13. Методика прогнозування наслідків аварій на хімічно- та радіаційно небезпечних об'єктах	151

13.1 Загальні положення Методики прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті.....	151
13.2 Прогнозування аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті.....	153
13.3 Визначення розмірів, положення та інших характеристик зон планування і проведення заходів щодо захисту населення від радіаційного забруднення.....	162
Питання для самоконтролю.....	174
Лекція 14. Забезпечення безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.....	177
14.1 Основні положення Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».....	177
14.2 Планування в разі виникнення аварій на об'єктах підвищеної небезпеки.....	180
Питання для самоконтролю.....	182
Лекція 15. Методика визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.....	184
15.1 Загальні положення методики визначення ризиків.....	184
15.2 Порядок здійснення аналізу небезпеки й оцінки ризику.....	186
Питання для самоконтролю.....	190
Лекція 16. Безпека в нафтогазодобувній галузі. Загальні вимоги.....	192
16.1 Сутність технологічного процесу буріння нафтогазових свердловин.....	192
16.2 Способи експлуатації нафтогазових свердловин.....	203
16.3 Безпека праці в нафтогазодобувній галузі. Загальні вимоги.....	209
Питання для самоконтролю.....	209
Лекція 17. Безпека на хімічних підприємствах.....	211
17.1 Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах хімічної промисловості.....	211
17.2 Безпека праці при експлуатації підприємств хімічної промисловості.....	219
Питання для самоконтролю.....	226
Лекція 18. Безпека на енергетичних об'єктах.....	227
18.1 Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах енергетичної промисловості.....	227
18.2 Протипожежні заходи при експлуатації енергетичних підприємств.....	233
Питання для самоконтролю.....	234

ЛЕКЦІЯ 1. ПРОМИСЛОВІ АВАРІЇ ТА КАТАСТРОФИ. ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

ПЛАН

- 1.1 Оцінка стану техногенної небезпеки в Україні.
- 1.2 Нормативно-правове забезпечення безпеки об'єктів господарської діяльності та цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Поняття та визначення.
- 1.3 Класифікація техногенних аварій.

1.1 Оцінка стану техногенної небезпеки в Україні

Потужний промисловий розвиток, характерний для України в ХХ столітті, призвів до значних антропогенних порушень і техногенної перевантаженості території України, і, як наслідок, до зростання ризиків виникнення надзвичайних ситуацій (НС) різного характеру.

В Україні на початок ХХІ століття зношеність виробничих фондів становить в середньому 50 відсотків, а за умов старих технологій і браку коштів на підтримання техногенної безпеки дуже повільно здійснюється оновлення або заміна застарілих виробничих фондів, рівень техногенно-екологічної безпеки щорічно знижується.

Причинами росту НС техногенного характеру є перш за все: економічна криза та брак коштів; підвищення частки застарілих технологій та обладнання; високий рівень концентрації промислових об'єктів; відсутність належних природоохоронних систем, правового та економічного обґрунтування, які б стимулювали розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем; зростаючого дефіциту кваліфікованих кадрів та низької професійної підготовки персоналу та населення до дій в екстремальних умовах.

Розглянемо більш детально основні чинники техногенної небезпеки України.

Радіаційна небезпека. В Україні існує високий рівень радіаційної небезпеки, зумовлений наявністю на її території діючих 4-х АЕС 14 ЯЕР (Запорізької – 5, Південно-Української – 3, Рівненської – 4, Хмельницької – 2) і закритої 15.12.2000 р. Чорнобильської АЕС, двох дослідних ядерних реакторів та більше трьох тисяч підприємств, які використовують різноманітні радіоактивні речовини, а також виробляють радіоактивні відходи. Найбільш техногеннонапруженими регіонами, з точки зору радіаційного впливу джерела іонізуючого випромінювання (ДІВ), які використовуються, за кількістю підприємств, є Дніпропетровська, Донецька, Харківська, Луганська, Миколаївська та Одеська області.

Значну небезпеку становлять хвостосховища підприємств із переробки урану, які займають площу 542 га і містять близько 66 млн. тон

радіоактивних речовин.

Хімічна безпека. На стан техногенної небезпеки України суттєво впливають близько 1,5 тис. промислових об'єктів, де зберігається або використовується понад 300 тис. тон небезпечних хімічних речовин, зокрема понад 9 тис. тон хлору, 200 тис. тон аміаку.

При виникненні НС на хімічно-небезпечних об'єктах у зони можливого хімічного ураження можуть потрапити понад 250 адміністративно-територіальних одиниць, на яких мешкає понад 17 млн. людей [1].

Понад 400 адміністративно-територіальних одиниць мають ступінь 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.

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.

Пожежовибухонебезпека. В Україні діє понад 1,5 тис пожежовибухонебезпечних об'єктів, на яких зосереджено близько 13 млн. тонн твердих та рідких небезпечних речовин. Переважна більшість таких об'єктів розташована в центральних, східних та південних областях країни, де сконцентровані хімічні, нафто- і газопереробні, коксохімічні та металургійні підприємства, функціонує розгалужена мережа нафто-, газо-, аміакопроводів, експлуатуються вугільні шахти, нафтові та газові промисли. Найбільш ризикова щодо виникнення НС – вугільна промисловість, зокрема вугільні шахти. На сьогодні з майже 200 діючих шахт значна кількість працює без реконструкції вже понад 20 років. Більшість із них потребують заміни вентиляційного обладнання. Близько 90% шахт – газонебезпечні, 30%- небезпечні через раптові викиди вугілля, породи, газу, 70% - небезпечні через вибухи викидів вугілля, 30% - через самозаймання вугілля.

Гідродинамічна безпека. Значну гідродинамічну небезпеку становлять водосховища, греблі, дамби, шлюзи, зокрема, захисні споруди Дніпровського каскаду. Із метою захисту від підтоплення і затоплення територій побудовано комплекс захисних споруд, до якого входить 31 насосна станція, які перекачують щорічно близько 3 км³ води, 3 компресорні станції, 308,4 км захисних дамб, 118 інших гідротехнічних споруд та 325 км берегоукріплень. Тривалий період експлуатації цих споруд в

значній мірі привів їх до технічного зносу. Велика кількість захисних гідротехнічних споруд на дніпровських водосховищах вже стала потенційно небезпечними об'єктами.

Небезпека на транспорті. Розвинута мережа дорожньо-транспортних комунікацій, їх стан, перевезення ними переважної кількості небезпечних вантажів та функціонування всіх видів транспортних засобів несуть значну загрозу для людей, економіки та природного середовища. Щорічно в Україні перевозиться транспортом загального користування понад 900 млн. тонн вантажів, у тому числі значна частка небезпечних та понад 3,0 млрд. пасажирів. Попри позитивні зрушення, на залізничному транспорті ще низьким залишається рівень технічного стану колій, стрілочних переводів, земляного полотна та штучних споруд, що обумовлює необхідність обмеження швидкості (до 40-60 км/год) на 3 тис. км. головних колій, а на 357 км швидкість обмежена до 20-25 км/год.

Невід'ємною і найбільш відповідальною складовою частиною дорожньо-транспортної мережі є мости. Всього на автомобільних дорогах України побудовано понад 16 тис. мостів і шляхопроводів, із них понад 45% мостів за своїми параметрами не відповідають нинішнім потребам та вимогам безпеки дорожнього руху. А протяжність магістральних трубопроводів по території України становить понад 43 тис. км, із них: магістральних газопроводів - 35 тис. км, магістральних нафтопроводів - 4 тис. км, продуктопроводів - 3,3 тис. км. Близько 14% лінійної частини магістральних газопроводів побудовано у 60-70-ті роки і нині вони відпрацювали свій амортизаційний термін. Потреба в їх оновленні становить 500 км на рік. Фактичне ж виконання робіт із капітального ремонту та реконструкції газотранспортної мережі майже у 10 разів нижче від необхідного. До того ж аварії та навмисні пошкодження на магістральних трубопроводах спричиняють забруднення довкілля, а отже, стають джерелами підвищеної екологічної небезпеки.

Небезпека на об'єктах життєзабезпечення. Житлово-комунальне господарство у містах і селищах міського типу в Україні характеризується теж незадовільним станом споруд, обладнання, недосконалістю системи управління галуззю. Аналіз технічного стану централізованих систем водопостачання свідчить, що четверта частина водопровідних мереж і споруд відпрацювала нормативний термін амортизації. Половина насосних агрегатів потребує заміни. Понад 29% загальної кількості мереж перебуває в аварійному стані. Через дефіцит потужностей більше половини міст із населенням понад 100 тис. чол. забезпечується питною водою лише за графіком. Особливе занепокоєння викликає проблема якості питної води. Адже переважна більшість діючих споруд водопостачання та водовідведення теж побудована в 60-70-х роках і вже не може забезпечити належну якість води. В критичному стані перебуває каналізаційне господарство. На комунальних спорудах із 10,6 млн. м³ стічних вод за

добу проходять очищення лише 9,6 млн. м³, тобто щодоби у водні об'єкти скидається 1 млн. м³ стоків.

1.2 Нормативно-правове забезпечення безпеки об'єктів господарської діяльності та цивільного захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Поняття та визначення

Система захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру, як складова системи забезпечення національної безпеки становить собою систему загальнодержавних заходів, які реалізуються центральними і місцевими органами виконавчої влади, виконавчими органами рад, органами управління з питань НС та цивільного захисту, підпорядкованими їм силами та засобами, підприємствами, установами, організаціями незалежно від форм власності, добровільними формуваннями, що забезпечують виконання організаційних, інженерно-технічних, протипожежних, санітарно-гігієнічних, протиепідемічних та інших заходів у сфері запобігання та ліквідації наслідків НС.

Верховна Рада України в межах повноважень формує законодавчу базу в цій сфері, схвалює рішення з питань введення надзвичайного стану, встановлення зони надзвичайної екологічної ситуації, визначення загальної структури, чисельності, функцій сил реагування на надзвичайних ситуації.

Розглянемо нормативну базу з питань забезпечення захисту населення від наслідків НС.

1. Конституція України (28.06.1996 р.) ст.3,16.50 [2].
2. Кодекс цивільного захисту України [3].
3. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Прийнятий ВРУ від 25.06.1991 року, введений в дію 25.06.1991 року, редакція від 08.10.2023. [4].
4. Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану» (Редакція від 31.03.2023) [5].
5. Закон України «Про охорону праці» (14.10.1992 рік, редакція від 01.10.2023) [6].
6. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (18.01.2001 рік, остання редакція – 13.12.2022 р.) [7].

Основні поняття та визначення

Уміння дати визначення певному терміну характеризує знання людини з відповідного питання. Визначення повинно концентрувати в собі коло питань та/або проблем, що закладені в ньому. Самі визначення треба не стільки вивчити на пам'ять, скільки, насамперед, розуміти, вміти виділити ті питання чи проблеми, що закладені в ньому.

Терміни, що використовуються в цій лекції, даються у відповідності

з їх визначенням у Кодексі цивільного захисту України [3] та ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять» [8].

Надзвичайна ситуація (НС) [3]- 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.

Техногенна надзвичайна ситуація [8] – надзвичайна ситуація спричинена уражальними чинниками джерела техногенної надзвичайної ситуації.

Джерело техногенної НС [8] – те, що спричиняє надзвичайну подію на промисловому, сільськогосподарському чи транспортному об'єкті, унаслідок чого виникла чи може виникнути техногенна надзвичайна ситуація.

Уражальний чинник джерела НС [8] – складова частина небезпечного явища або процесу, що характеризується фізичною, хімічною, біологічною чи іншою дією (впливом) та перевищенням нормативних показників.

Уражальна дія джерела техногенної НС [8] – негативний вплив одного чи сукупності уражальних чинників джерела техногенної НС на життя та здоров'я людей, об'єкти господарювання та навколишнє середовище.

Убезпечення в умовах техногенної НС [8] – упровадження вимог державних, міжгалузевих і галузевих норм і правил, виконання комплексу організаційних, технологічних та інженерно-технічних (зокрема природоохоронних) заходів, які спрямовані на запобігання аваріям і катастрофам у зоні ймовірної техногенної НС.

Зона ймовірної техногенної НС [8] – територія, акваторія чи повітряний простір, де існує загроза виникнення техногенної НС.

Аварія [3] – 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.

Катастрофа [3] – велика за масштабами аварія чи інша подія, що

призводить до тяжких наслідків.

Техногенна безпека [3] – відсутність ризику виникнення аварій та/або катастроф на потенційно небезпечних об'єктах, а також у суб'єктів господарювання, що можуть створити реальну загрозу їх виникнення.

Техногенна безпека характеризує стан захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного характеру. Забезпечення техногенної безпеки є особливою (специфічною) функцією захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій.

Потенційно небезпечний об'єкт (ПНО) [8] – об'єкт, на якому можуть використовувати або виготовляти, переробляти, зберігати чи транспортувати небезпечні речовини, біологічні препарати, що за певних обставин можуть створити реальну загрозу виникнення техногенної НС.

Небезпечна речовина [8] – речовина, фізичні, хімічні, біологічні чи токсикологічні властивості якої становлять загрозу життю і здоров'ю людей та навколишньому середовищу.

Потенційно небезпечна речовина [8] – речовина, яка внаслідок своїх фізичних, хімічних, біологічних чи токсикологічних властивостей за певних умов є небезпечною для життя та здоров'я людей і навколишнього середовища.

1.3 Класифікація техногенних аварій

Зростання кількості виникнення надзвичайних ситуацій в останні роки змусило розглядати питання класифікації надзвичайних ситуацій як питання державної значимості. Класифікація НС впроваджена в Україні з метою забезпечення організаційної взаємодії центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій у процесі вирішення питань, пов'язаних з надзвичайними ситуаціями, ліквідацією їх наслідків та веденням державної статистики.

Класифікація здійснюється на підставі порядку класифікації надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру за їх рівнями, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 року № 368 (зі змінами від 31.12.2021) [9], Національного класифікатора України ДК019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій» [10], та Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій, затверджених наказом МВС України від 06.08.2018 № 658 [11].

Класифікацією НС в країні займається ДСНС України із структурними підрозділами, а саме (рис.1.1):

Розглянемо класифікацію надзвичайних ситуацій. Надзвичайні ситуації прийнято класифікувати за характером походження, за характером протікання, за масштабами та ступенем нанесеного матеріального збитку, а також за відомчою належністю.

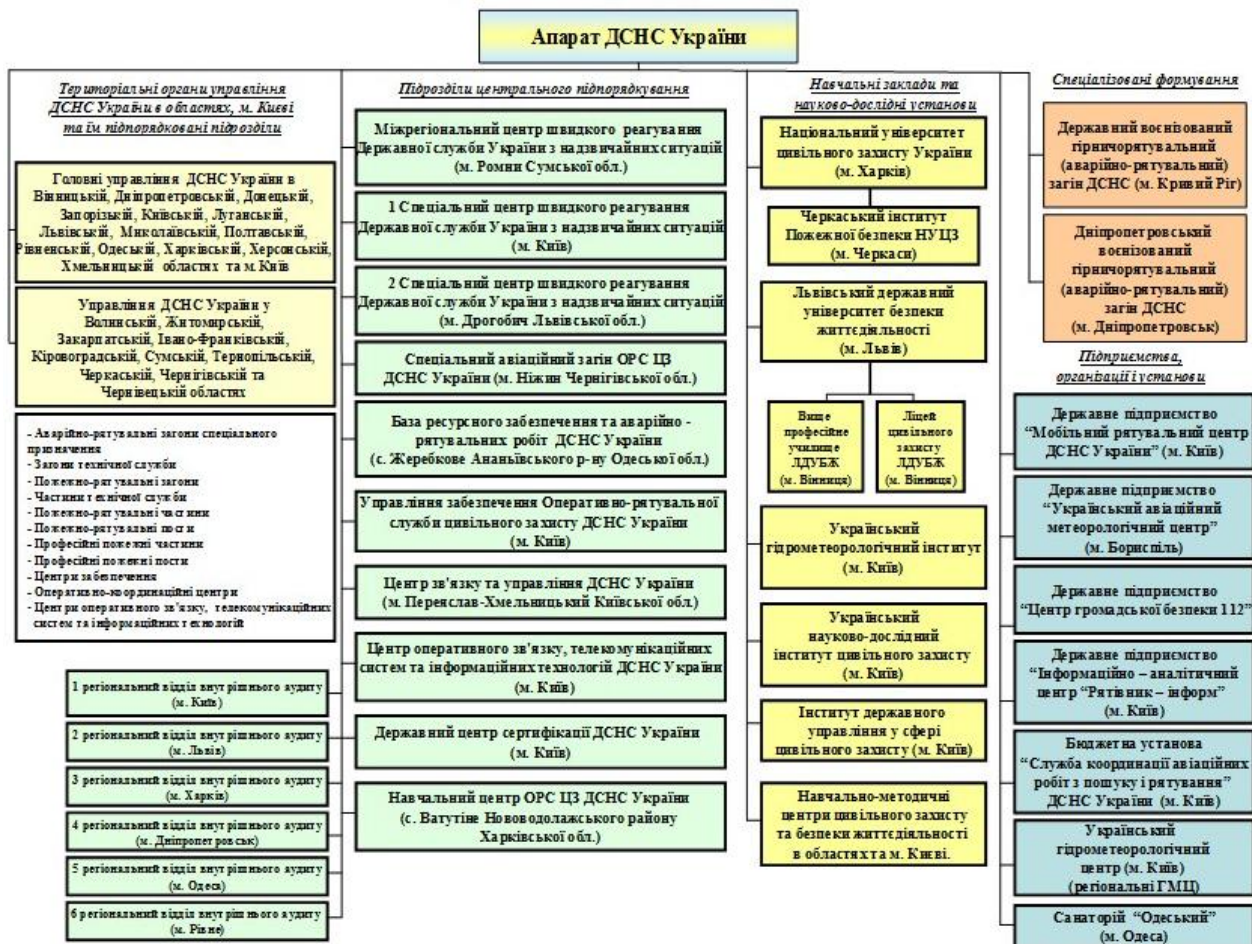


Рисунок 1.1 – Організаційна структура ДСНС України

За характером походження НС класифікуються як:

- техногенного;
- природного;
- соціального;
- воєнного характеру.

Залежно від обсягів заподіяних збитків, технічних і матеріальних ресурсів, необхідних для їх ліквідації, визначаються наступні рівні НС техногенного та природного характеру:

- державний;
- регіональний;
- місцевий;
- об'єктовий.

До НС техногенного характеру за сферою виникнення відносяться НС, 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);

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

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

- **небезпечкою 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);

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

На рисунку 1.2 схематично показано алгоритм класифікації надзвичайної ситуації. Він складається з трьох етапів: віднесення події за пороговим значенням 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.

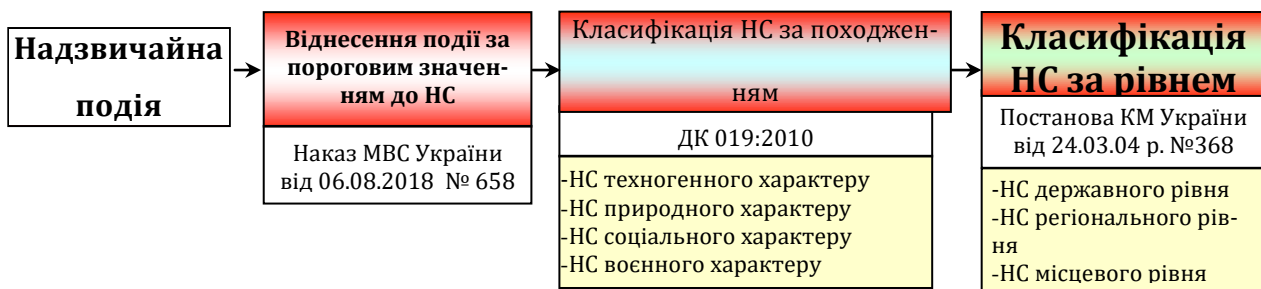


Рисунок 1.2 – Алгоритм класифікації надзвичайних ситуацій

Для віднесення надзвичайної події до надзвичайної ситуації (1 етап) 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 надзви-

чайної ситуації, які затверджені наказом МВС України від 06.08.2018 № 658 “Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій” [11]. При перевищенні фактичними показниками порогових значень надзвичайна подія вважається надзвичайною ситуацією.

За визначенням до НС ї слід відносити порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об’єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження чи іншою небезпечною подією, що призвела або може призвести до загибелі людей та значних матеріальних втрат.

Якщо схематично розглянути сукупність усіх надзвичайних подій у вигляді трикутника, то НС займуть його верхню частину (рис.1.3). Межею переходу надзвичайної події до надзвичайної ситуації буде порогове значення показника ознаки НС.

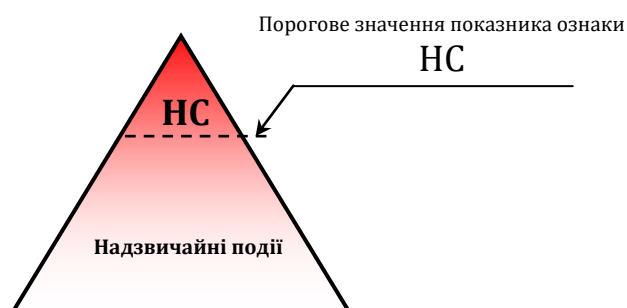


Рисунок 1.3 – Схема переходу надзвичайної події до надзвичайної ситуації

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.

Висновок: 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.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть основні чинники техногенної небезпеки України:
 - Радіаційна небезпека,
 - Хімічна небезпека,
 - Пожежовибухонебезпека,
 - Гідродинамічна небезпека,

- Небезпека на транспорті,
 - Небезпека на об'єктах життєзабезпечення
2. Наведіть основну нормативно-правову базу з питань забезпечення захисту населення від наслідків НС.
 3. Дайте визначення основних термінів:
 - Надзвичайна ситуація;
 - Техногенна надзвичайна ситуація;
 - Джерело техногенної НС;
 - Уражальний чинник джерела НС;
 - Уражальна дія джерела техногенної НС;
 - Убезпечення в умовах техногенної НС;
 - Зона ймовірної техногенної НС;
 - Аварія;
 - Катастрофа;
 - Техногенна безпека;
 - Потенційно небезпечний об'єкт;
 - Небезпечна речовина;
 - Потенційно небезпечна речовина.
 4. Наведіть організаційну структуру ДСНС України.
 5. Наведіть класифікацію НС за походженням та охарактеризуйте їх за характером походження.
 6. Наведіть класифікацію рівнів НС техногенного та природного характеру.
 7. Наведіть класифікацію НС техногенного характеру за сферою виникнення.
 8. Наведіть основну нормативно-правову базу щодо класифікації надзвичайних ситуацій
 9. Поясніть алгоритм класифікації надзвичайних ситуацій.

Рекомендована література

1. <http://www.dsns.gov.ua/>.
2. Конституція України (28.06.1996 рік) ст.3,16.50.
3. Кодекс цивільного захисту України.
4. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». Прийнятий ВРУ від 25.06.1991 року, введений в дію 25.06.1991 року, редакція від 08.10.2023.
5. Закон України «Про правовий режим надзвичайного стану» (Редакція від 31.03.2023).
6. Закон України «Про охорону праці» (14.10.1992 рік, редакція від 01.10.2023).
7. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (18.01.2001 рік., остання редакція – 13.12.2022 р.).
8. ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техноген-

ні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять».

9. Постанова КМ України від 24.03.2004 року № 368. (Редакція від 31.12.2021).

10. Національний класифікатор України ДК019:2010 «Класифікатор надзвичайних ситуацій».

11. Наказ МНС України від 06.08.2018 № 658 “Про затвердження Класифікаційних ознак надзвичайних ситуацій”.

ЛЕКЦІЯ 2. АВАРІЇ НА РАДІАЦІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

- 2.1. Загальні відомості про ядерно-радіаційнонебезпечні об'єкти
- 2.2. Радіаційні аварії, причини їх виникнення та характеристика

2.1 Загальні відомості про ядерно-радіаційнонебезпечні об'єкти

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 АЕС і при цьому кількість вуглекислого газу, що надходить в атмосферу, вдалося скоротити в 12 разів.

В умовах безаварійної роботи АС атомна енергетика – на теперішній час є найбільш економічно й екологічно чисте виробництво енергії, і альтернативи їй у найближчому майбутньому не передбачається. 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.

На підприємствах атомної енергетики відбулися такі значні аварії:

- [29 вересня 1957](#) сталася [Киштимська трагедія](#) – вибух на сховищі радіоактивних відходів ВО «Маяк», розташованому в СРСР на Південному Уралі в не позначеному на жодній радянській карті таємному місті «Челябінськ-40». Радіаційне забруднення місцевості переважно стронцієм-90 території, на якій мешкало 0,5 млн. осіб вдвічі перевищувало аналогічне забруднення, викликане Чорнобильською аварією. Вважають, що вибух у [Киштимі](#) (найближче до місця подій «відкрите» місто) до 1986 р. був найбільшою у світі катастрофою в ядерній промисловості;
- 10 жовтня 1957 року – аварія у Віндскейлі (Північна Англія) на заводі по виробництву плутонію (зона радіоактивного забруднення становила 500 кв.км);

- 1961 рік – аварія на АЕС в Айдахо-Фолсі, США (в реакторі стався вибух);
- 1979 рік – аварія на АЕС «Тримайл-Айленд» у Гарисберзі, США (сталось зараження великих територій короткоживучими радіонуклідами, що призвело до необхідності евакуювати населення з прилеглої зони);
- 26 квітня 1986 [Чорнобильська аварія](#);
- [Аварія на АЕС Фукусіма-1 в 2011 році в Японії](#).

Інші аварії з викидом радіоактивних речовин у навколишнє середовище:

- 21 квітня 1964 падіння супутника «Транзит-5В» з ядерною енергетичною установкою SNAP-9A на борту;
- Радіоактивне забруднення внаслідок наземних термоядерних вибухів на атолах Еніветок і Бікіні;
- Атомна аварія на заводі [«Червоне Сормово»](#) (24.04.1970 р);
- Радіологічний інцидент в Гоянії 1987 рік;
- Руйнування трьох плутонієвих ядерних бомб в селі Паломарес (Іспанія) 19 жовтня 1966 р;
- Руйнування чотирьох термоядерних бомб в авіакатастрофі над Гренландією, 1968 рік. Взагалі відомо приблизно про 20 авіаційних інцидентів в США з втратою і/або руйнуванням ядерної зброї. В СРСР такі випадки були засекреченими від громадськості та екологів;
- Аварія на підводному човні К-19 та ін.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організовувати роботу для попередження НС, у тому числі й спеціалістів з ОП.

Основні поняття та визначення

Аварія на промисловому підприємстві – порушення експлуатації підприємства, під час якого виникає перевищення унормованих меж впливу на персонал підприємства, населення та навколишнє середовище.

Проектна (передбачувана) аварія – аварія, для якої проектом визначено вихідні події та кінцеві стани, а також передбачені системи безпеки, що обмежують установлені для таких аварій наслідки.

Позапроектна (непередбачувана) аварія – аварія, спричинена неврахованими для проектних аварій вихідними подіями або супроводжувала додатковими, порівняно з проектними аваріями, відмовами систем безпеки, технологічного устаткування, помилками персоналу чи їх сукупністю, які можуть призвести до значних пошкоджень об'єкта.

Безпека на промисловому підприємстві в умовах техногенної НС – стан захищеності населення, виробничого персоналу, об'єктів господарювання та навколишнього природного середовища від техногенної небезпеки, яка виникає в разі аварії чи катастрофи на промисловому підприємстві в зоні надзвичайної ситуації.

Зона техногенної НС – територія, акваторія чи повітряний простір, де унаслідок виникнення джерела небезпеки чи поширення уражальної дії джерела небезпеки з інших територій чи акваторій виникла техногенна надзвичайна ситуація.

Радіаційний захист – сукупність проектно-конструкторських, радіаційно-гігієнічних, технічних і організаційних заходів, спрямованих на захист населення та навколишні середовища.

Радіаційна безпека – дотримання допустимих меж радіаційного впливу на персонал, населення та навколишнє природне середовище.

Радіаційна аварія – аварія на об'єкті з радіаційною чи радіаційно-ядерною технологією, унаслідок якої втрачено контроль над джерелом іонізуючого випромінювання і яка призводить або може призвести до реального чи потенційного опромінювання людей.

Радіаційно-ядерна аварія – аварія на об'єкті з радіаційно-ядерною технологією, яка відбувається з одночасною втратою контролю над ланцюговою реакцією та виникнення реальної чи потенційної загрози самочинної ланцюгової реакції.

Аварія з викиданням (проливанням) радіоактивних речовин – аварія на радіаційно небезпечному об'єкті, яка спричинила викидання (проливання) радіоактивних речовин і/або виникнення іонізуючого випромінювання поза територією, передбаченою проектом для нормальної експлуатації даного об'єкта, кількістю, що перевищує встановлені норми його безпечної експлуатації

Радіаційно-небезпечний об'єкт – об'єкт, на якому зберігають, переробляють, використовують, захоронюють чи транспортують радіоактивні речовини, матеріали чи відходи та на якому, у разі порушення умов експлуатації, може статися опромінювання іонізуючим випромінюванням чи радіоактивне забруднення людей і навколишнього середовища. До радіаційно небезпечних об'єктів належать також джерела іонізуючого випромінювання.

Радіоактивне забруднення – забруднення навколишнього середовища радіоактивними речовинами, уміст яких перевищує рівень, установлений згідно зі стандартами, нормами і правилами радіаційної безпеки.

Зона радіоактивного забруднення – територія чи акваторія, у межах якої рівні радіоактивного забруднення перевищують установлені норми радіаційної безпеки. Залежно від ступеня радіоактивного забруднення розрізняють зони помірного, сильного, небезпечного та надзвичайно небезпечного забруднення.

Режим протирадіаційного захисту – порядок дій населення та застосування засобів захисту у зоні радіоактивного забруднення задля зменшення дії іонізуючого випромінювання на людей.

Радіаційний (регулювальний) контроль – контроль за дотри-

манням норм радіаційної безпеки й основних санітарних правил роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання, а також отримання інформації щодо рівнів опромінення людей, радіаційного стану об'єкта та навколишнього середовища.

Дозиметричний (радіаційно-дозиметричний) контроль – система вимірювань і розрахунків, які спрямовані на оцінювання доз опромінення окремих осіб або груп людей і навколишнього природного середовища.

Характеристика радіаційно небезпечних об'єктів

Потенційна небезпека експлуатації радіаційно небезпечних об'єктів (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 проектні 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 старту, 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 ти-

сяч 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.

Атомні станції як об'єкти підвищеної радіаційної небезпеки. З перерахованих вище ядерно небезпечних об'єктів найнебезпечнішим джерелом потенційної радіаційної небезпеки для персоналу, населення і оточуючого середовища є працюючі ядерні реактори. Це обумовлено накопиченням (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.

Загальні відомості про ядерно- та радіаційно небезпечні об'єкти (ЯНО, РНО). За обсягами виробництва електричної енергії АЕС України займають восьме місце у світі після США, Франції, Японії, Росії, Республіки Корея, Великобританії та Німеччини. Атомна енергетика України виробляє 45-50% електроенергії від її загального обсягу. Вона включає 4 атомні станції з 14-ма реакторами. Нині альтернативи атомній енергетиці не існує, тому найближчим часом слід очікувати збільшення потужностей атомних електростанцій.

Головним елементом атомної станції (АС) є ядерна енергетична установка -реактор. Принцип його роботи – це отримання теплової енергії за рахунок реакції поділу ядерного палива, яке в більшості реакторів представлено ураном. Однак ланцюгова реакція поділу в природному

урані неможлива через низький вміст у ньому основного ізотопу, що ділиться, – урану-235, частка якого складає всього 0,7%. Ланцюгова реакція можлива лише за умови підвищення в природному урані частки вмісту урану-235 (^{235}U) не менш як до 25%, або шляхом уповільнення основної маси нейтронів, що утворюються в реакторі, використовуючи здатність ^{235}U до більш активного захвату повільних (теплових) нейтронів.

В атомних реакторах застосовуються обидва способи. При цьому реактори, в яких використовується уповільнення нейтронів, називаються реакторами на повільних (теплових) нейтронах, а реактори з використанням сильно збагаченого урану – реакторами на швидких нейтронах (ШН). Ядерним паливом у реакторах на повільних нейтронах слугує двооксид урану з вмістом ^{235}U біля 2-4%, в реакторах на швидких нейтронах окрім сильно збагаченого урану використовується також плутоній-239. У реакторі ядерне паливо розміщується у твелах (тепловиділяючих елементах) – збірках цирконієвих трубок, заповнених таблетками двооксиду урану. Простір між твелами заповнюється уповільнювачем нейтронів-графітом чи водою.

Внаслідок ланцюгової реакції поділу виділяється теплова енергія. Для її відведення через активну зону реактора прокачується рідка або газоподібна речовина – теплоносій. На сучасних АЕС у якості теплоносія в реакторах на повільних нейтронах використовується очищена та знесолена вода, а в реакторах на швидких нейтронах – рідкий метал натрій.

Потім теплова енергія перетворюється на механічну енергію обертання турбіни, далі - на електричну. Вона може бути також використана для підігріву води з комунальних чи виробничих мережах теплопостачання.

Замкнений контур, по якому циркулює теплоносій, називається контуром теплоносія, або першим контуром АЕС. Другим замкненим колом АЕС є контур так званого робочого тіла. Робоче тіло – це звичайна очищена вода, якій через парогенератор теплоносій передає тепло з реактора, і вона у вигляді пару високого тиску обертає турбіну генератора, що виробляє електроенергію.

У деяких типах АЕС вода є одночасно і теплоносієм, і робочим тілом, циркулюючи в одному контурі. Такі станції називаються одноконтурними. У двоконтурних станціях високорадіоактивний теплоносій і робоче тіло заключені в окремих контурах, які сполучаються через теплообмінник. Там, де потрібен особливо високий ступінь очищення води від радіоактивних речовин (наприклад, при використанні її в мережах теплопостачання міст), будуються триконтурні станції.

У реакторах на теплових нейтронах з метою зниження енергії, а отже й швидкості нейтронів використовуються уповільнювачі нейтронів. На українських АЕС каналних реакторах великої потужності (РБМК) це графіт, а у водо-водяних енергетичних реакторах (ВВЕР) - вода.

Рознесення контурів теплоносія і робочого тіла пов'язане із забезпеченням радіаційної безпеки, оскільки теплоносієм першого контуру є високорадіоактивним. Більшість аварійних ситуацій на АЕС виникає в контурі робочого тіла, особливо в тій його частині, де розміщені барабани-генератори і турбіни, а також знаходяться головні циркулярні насоси. В одноконтурних АЕС ці та багато інших елементів контуру теплоносія і робочого тіла завжди радіоактивні. Тому будь-яке протікання радіоактивної води чи вихід пари високого тиску – це загроза безпеці людей і, перш за все, персоналу станції.

Двоконтурні АЕС із реакторами ВВЕР більш безпечні, ніж одноконтурні, оскільки в разі протікання в першому контурі елементи другого контуру зазнають впливу радіації.

Найбільш безпечними є триконтурні АЕС теплопостачання. Безпека їх зумовлена насамперед зовнішнім захисним корпусом, виготовленим з металів високої міцності, у якому за типом "матрьошки" розміщені страховальний корпус і корпус реактора, що виключає у випадку руйнування реактора вихід радіоактивності до навколишнього середовища.

Під час роботи атомних станцій з "вигоранням" твелів у реакторах накопичується велика кількість радіоактивних продуктів поділу з різними періодами напіврозпаду: від короткоживучих – кілька годин або діб (аргон-41, йод-131) до довгоживучих – тисячі та мільйони років (плутоній-239, уран-235).

Радіоактивні продукти розпаду, що знаходяться в активній зоні реактора, є основними джерелами іонізуючих випромінювань. Їх активність може сягати багатьох мільярдів Кюрі. Поза активною зоною реактора джерелами випромінювання на АЕС є переважно трубопроводи до устаткування контуру теплоносія.

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

Системи (елементи) безпеки АЕС. 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 барієвих 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 обмежувати 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. Наприклад, АЕС з водо-водяним енергетичним реактором мають п'ять таких бар'єрів:

1. оболонка таблетки ядерного палива утримує більшу частину активності, що утворюється;
2. герметичні оболонки ТВЕЛів здатні протистояти тиску продуктів поділу, які накопичуються;
3. корпус реактора, виготовлений зі сталі завтовшки кілька десятків міліметрів;
4. бетонна шахта – гермоприміщення реактора, що має прошарки з поглинаючих матеріалів;
5. захисний корпус станції.

На деяких атомних станціях страхувальний та зовнішній захисний корпуси також є додатковими бар'єрами.

Внаслідок послаблення іонізуючих випромінювань бар'єрами безпеки опромінення населення, що проживає неподалік від АЕС з реакторами типу ВВЕР при її безаварійній роботі, показник не перевищує 2 мЗв (0,2 бера) на рік – не вищий за нормальний фон.

2.2 Радіаційні аварії, причини їх виникнення та характеристика

Можливі аварії на АЕС та їх характеристика

Аварією на ядерно (радіаційно) небезпечному об'єкті 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 поділяються на кілька видів:

- промислові,
- комунальні,
- локальні,
- регіональні,
- глобальні
- транскордонні.

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

Аварія комунальна – це така радіаційна аварія, наслідки якої не обмежуються приміщеннями об'єкта і його проммайданчиком, 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, розсіпань 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 проектування РНО, передбачаючи початкову подію, яка здатна призвести до порушення його нормальної експлуатації, виділяють два типи аварій (проектну, позапроектну), для яких планують різні технічні та організаційні заходи.

Для проектної аварії проектом 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 позапроектного 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 2.1).

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.

Радіоекологічні проблеми аварій на радіаційно небезпечних об'єктах

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

Таблиця 2.1 – 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 Кіштімі, 1957 рік, Росія
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

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	Аварія, що не супроводжується значним ризиком за межами майданчику	<p>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 неректорних установках.</p> <p>Опромінення одного чи кількох робітників, яке призводить до переопромінення з високою імовірністю ранньої передчасної смерті.</p>	<p>Завод з переробки палива в Уіндскейлі, 1973 рік, Сполучене Королівство</p> <p>АЕС Сен-Лоран, 1980 рік, Франція</p> <p>Критична збірка у Буенос-Айресі, 1983 рік, Аргентина</p>
3	Серйозна подія	<p>Зовнішній викид радіоактивності, який перевищує встановлені ліміти та призводить до дози опромінення найбільш переопромінених осіб за межами майданчика в десяті 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</p>	<p>АЕС Вандельос, 1989 рік, Іспанія</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
		аварійних умов, або ситуація, коли системи безпеки будуть не в змозі відвернути аварію у випадку виникнення певних ініціюючих подій.	
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.

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.

Характер розвитку аварії на АЕС і формування радіаційної обстановки.

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 ймовірністю 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.

Радіоактивне забруднення у випадку аварії на АЕС

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 десятків, 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 вибу-

ху 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:

$$H_1 = H_T + H_\Phi, \quad (2.1)$$

де H_T – геометрична висота зрізу труби;

H_Φ – висота підйому факела викиду, яка дорівнює:

$$H_\Phi = \frac{1,5 \times w \times R}{v} \left[2,5 + \frac{3,3 \times g \times R (T_\Phi - T_B)}{T_B \times v} \right] \quad (2.2)$$

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:

$$H_2 = H_{\text{буд}}, \quad (2.3)$$

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 по-

вільніше, 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. Нижче наведена характеристика радіоактивного випромінювання (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Характеристика радіоактивного випромінювання

Вид випромінювання	Склад	Прониклива здатність	Іонізуюча здатність	Захист
Альфа	Потік ядер гелію	10 см у повітрі	30000 пар іонів на 1 см шляху	Лист паперу для письма
Бета	Потік електронів	20 см у повітрі	70 пар іонів на 1 см шляху	Літній одяг наполовину затримує
Гама	Електромагнітне випромінювання	Сотні метрів	Декілька пар іонів на 1 см шляху	Не затримується
Нейтронне	Потік нейтронів	Декілька кілометрів	Декілька тисяч пар іонів на 1 см шляху, окрім того викликає наведену активність	Затримується матеріалами із вуглеводнів

Розглядаючи іонізуючу та проникливу здатність, можна зробити висновки:

1. Альфа – випромінювання небезпечне під час потрапляння усередину організму.
2. Захист від гама та нейтронного випромінювання можна здійснити шляхом евакуації до сховищ, протирадіаційних укриттів, найпростіших укриттів.

Для досягнення мети захисту населення встановлюються основні межі допустимих доз, тобто найбільше значення індивідуальної еквівалентної дози на рік, яка за рівномірного впливу протягом 50 років не ви-

кличе у стані здоров'я персоналу неспиятливих змін, що виявляються сучасними методами.

Висновки. 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.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення основних понять:
 - Аварія на промисловому підприємстві;
 - Проектна (передбачувана) аварія;
 - Позапроектна (непередбачувана) аварія;
 - Безпека на промисловому підприємств в умовах техногенної НС;
 - Зона техногенної НС;
 - Радіаційний захист;
 - Радіаційна безпека;
 - Радіаційна аварія;
 - Радіаційно-ядерна аварія;
 - Аварія з викиданням (проливанням) радіоактивних речовин;
 - Радіаційно-небезпечний об'єкт;
 - Радіоактивне забруднення;
 - Зона радіоактивного забруднення;
 - Режим протирадіаційного захисту;
 - Радіаційний (регулювальний) контроль;
 - Дозиметричний (радіаційно-дозиметричний) контроль.
2. Наведіть характеристики радіаційно небезпечних об'єктів.
3. Наведіть типові радіаційно небезпечні об'єкти.
4. Назвіть функції системи безпеки АЕС.
5. Основні причини аварій на АЕС.
6. Види радіаційних аварій на радіаційно небезпечних об'єктах.
7. Наведіть міжнародну шкалу оцінки ядерних подій на АЕС.
8. Охарактеризуйте основні чинники, які визначають радіоекологічні наслідки радіаційних аварій.
9. Наведіть та охарактеризуйте процес протікання й розвитку радіаційної обстановки на АЕС під час аварії.
10. Назвіть особливості радіоактивного забруднення у випадку аварії на АЕС.
11. Назвіть можливі три (за формою) типи викидів під час аварій на АЕС.

Рекомендована література

1. Закон України „Про використання ядерної енергії та радіаційну безпеку” (08.02.1995 рік, редакція від 09.11.2023).
2. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
3. Правила ядерної безпеки реакторних установок атомних станцій з реакторами з водою під тиском. Затверджені наказом Державного комітету ядерного регулювання України від 15 квітня 2008 року № 73.
4. Загальні положення безпеки атомних станцій. Затверджені наказом державного комітету ядерного регулювання України від 19 листопада 2007 року № 162 (редакція від 21.10.2011).
5. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека. / За загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.:КІМ, 2007. – С. 70 – 87.

ЛЕКЦІЯ 3. АВАРІЇ НА ХІМІЧНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

3.1. Хімічно небезпечні об'єкти, їх класифікація та характеристика. Основні поняття та визначення

3.2. Аналіз стану безпеки хімічних об'єктів

3.1 Хімічно небезпечні об'єкти, їх класифікація та характеристика

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 приходиться 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.

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, Северодонецьке 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 хімічної продукції – синтетичний аміак, кальцинована сода, хлорвініл, оцтова та адіпінова 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 не конкурентноспроможною. Матеріалоємність та енергоємність 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.

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.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організовувати роботу для попередження НС, у тому числі й спеціалістів з ОП.

Хімічно небезпечні об'єкти, їх класифікація та характеристика. Основні поняття та визначення.

Терміни, що використовуються в цій лекції, даються у відповідності з їх визначенням у ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Тех-

ногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять» та наказу МНС України від 27.03.2001 № 73/82/64/122 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків вилливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті».

Аварія з [викиданням] [проливанням] небезпечних хімічних речовин – аварія на хімічнонебезпечному об'єкті, що супроводжується [викиданням] [проливанням] небезпечних хімічних речовин, які можуть призвести до загибелі чи ураження людей і/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). Розрізняють 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.

Класифікація небезпечних хімічних речовин

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

Крім цього небезпечного потенціалу багато підприємств, транспорт і інші техногенні джерела 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, нетріл, антилова кислота, хлорпикрин тощо;
- кислоти, що димлять – сірчана, азотна, соляна тощо;
- сипучі та тверді нелетючі при температурі зберігання до 40°C – сулема, фосфор, жовтий, миш'яковистий ангідрид;
- сипучі та тверді летючі речовини, при температурі зберігання до 40°C – 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:

1. **Речовини з переважно задушливою дією** (хлор, трихлористий фосфор, фосген, хлориди сірки тощо) впливають на організм людини че-

рез вдихання парів, через деякий час ці речовини викликають токсичний набряк легенів.

2. **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.

3. **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.

4. **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.

5. **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.

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

за ступенем горючості:

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

Класифікація об'єктів господарювання і адміністративно-територіальних одиниць за хімічною небезпекою

Найбільшу небезпеку для населення представляють аварії на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) у сфері економіки з викидом АХНР.

Хімічно небезпечні об'єкти 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 інш. видів промисловості, що використовують у своїх технологіях аварійно хімічні небезпечні речовини;
- промислові холодильні установки;
- водоочисні споруди;
- залізничні транспортні станції, порти, термінали і склади тимчасового зберігання АХНР;
- транспортні засоби (контейнери, наливні поїзди, автоцистерни, річкові та морські танкери, трубопроводи тощо);
- склади тимчасового зберігання БХНР;
- підприємства по знищенню БХНР.

за способами та умовами зберігання:

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

За категоріями хімічної безпеки. Критерієм для визначення категорії хімічної безпеки об'єкта є 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.

Всього 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 по **ступенях хімічної безпеки:**

•**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.). Розподіл кількості хімічно небезпечних об'єктів I-III ступенів по регіонах України приведено у таблиці.

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 АХНР, ударна хвиля за наявності 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.

3.2 Аналіз стану небезпеки об'єктів хімічної промисловості

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. Так, в 1996р. викиди діоксину із реактора заводу швейцарсько-італійської компанії в Севезо (Італія) через його мембрану, що зруйнувалася, мав дуже серйозні наслідки для населення та навколишнього середовища. З метою ліквідації наслідків цієї аварії в зоні площею 105 га знімали шар ґрунту. Ці роботи, що проводилися в засобах індивідуального захисту, були закінчені через 40 днів після аварії. Незважаючи на заходи. Що приймалися, загальна кількість, що постраждали склала 2000 чол.

В 1984 році в м. Бхопал (Індія) сталася найбільш страшна за всю історію розвитку хімічної промисловості за своїми наслідками хімічна катастрофа. На заводі по виробництву інсектицидів (севину) на стадії очищення метилізоціанату виникло витікання його із хімічного реактора. Реактор розмірами: об'єм- 57 м³, висота – 13 м; діаметр 2,5 м, тиск в апараті – 0,3 МПа. Реактор був установлений на бетонній опалубці, на даху його був влаштований запобіжний клапан та розривна мембрана, між якими додатково встановлений манометр. До резервуару була підведена лінія високо чистого азоту. Охолодження продукту в реакторі здійснювалось

за допомогою хлороформу (холодоагент), для запобігання попадання води із системи охолодження.

На запобіжному клапані розміщувався скруббер, де пари МІЦ у разі підвищення тиску та викиду через клапан повинні були омилятися гідроксидом натрію, а далі газ повинен був через скруббер направлятися на факельну систему для спалювання. Факельний пристрій розміщався на висоті 30 м. Газ повинен згорати до безпечних продуктів горіння.

Але ні одна система захисту не спрацювала. Несподівано в апараті підвищилась температура та тиск, спрацював запобіжний клапан, тріснула бетонна основа, після включення скруббера, він не спрацював.

На початок 1989 року число померлих від отруєння МІЦ досягло 3500 чоловік.

Аварії на ХНО характеризуються, в основному, масштабом і тривалістю хімічного зараження.

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

Неконтрольовані викиди АХНР 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 АХНР при аварії багато в чому залежать від способів зберігання АХНР 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 АХНР під тиском, і наступного розливу великої кількості АХНР у піддон (обвалування), його надходження 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 АХНР у ємності й парціального тиску у повітрі. У цей час в атмосферу надходить основна кількість парів речовини й утвориться *первинна хмара*. Крім того, частина АХНР переходить у пару за рахунок зміни тепломісткості рідини, температури навколишнього повітря й сонячної радіації. Враховуючи, що за даний період

часу випаровується значна кількість АХНР, може утворитися хмара з концентрацією АХНР, яка значно перевищує смертельну.

Другий період – нестійке випаровування АХНР за рахунок тепла поверхні, на яку потрапила рідина (піддона, обвалування), зміни теплоємності 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 АХНР, 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 АХНР відбувається найбільш інтенсивно. При цьому, у перший момент викиду зрідженого газу, що перебуває під тиском, утвориться аерозоль у вигляді важкої хмари, що ментально 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 АХНР 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. Випаровування рідини відбувається за стаціонарними процесами й залежить від фізико-хімічних властивостей АХНР і температури навколишнього повітря. З огляду на малі швидкості випаровування висококиплячих АХНР, 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 оснащення 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 НХР;
- 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 ра-

йонів, 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 парогазових 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-вимірювальних приладів та засобів автоматизації;
- ефективність засобів протиаварійного стану тощо.

Висновок: Таким чином, техногенна безпека 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 проти аварійного захисту.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення понять:
 - Аварія з [викиданням] [проливанням] небезпечних хімічних речовин;
 - Небезпечна хімічна речовина (НХР);
 - Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО);
 - Хімічне забруднення;
 - [Викидання] [проливання] небезпечної хімічної речовини;
 - Зона хімічного забруднення;
 - Хмара НХР;
 - Первинна хмара НХР;
 - Вторинна хмара НХР.
2. Наведіть класифікацію за групами хімічнонебезпечних об'єктів.

3. Наведіть класифікацію за ознаками хімічнонебезпечних об'єктів.
4. Наведіть класифікацію за класом небезпеки НХР.
5. Наведіть класифікацію НХР відповідно до токсикологічного походження.
6. Наведіть класифікацію НХР за ступенем горючості.
7. Наведіть класифікацію ХНО за показниками.
8. Охарактеризуйте об'єкти по ступенях хімічної небезпеки.
9. Розкрийте суть основних чинників хімічної небезпеки в Україні.
10. Наведіть найбільш характерні небезпеки хімічних виробництв.
11. Покажіть, від яких чинників залежить Безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів.

Рекомендована література

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030 Деякі питання ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки (із змінами, внесеними згідно з Постановою КМ № 690 від 07.07.2023).
3. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
4. Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».
5. О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, І.Я. Кріса, П.А. Білим, О.О. Тесленко. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки. Навчальний посібник. – Х.: НУЦЗУ, 2010. – С. 117-123.
6. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека./За загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.:КІМ, 2007. – С. 37 – 69.

ЛЕКЦІЯ 4. АВАРІЇ НА ПОЖЕЖОВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

- 4.1. Техногенні пожежі та вибухи, причини виникнення
- 4.2. Класифікація приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою

4.1 Техногенні пожежі та вибухи, причини виникнення

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, в 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.

Внаслідок 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.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організувати роботу для попередження НС, у тому числі й спеціалістів з ОП.

Терміни, що використовуються в цій лекції, даються у відповідності з їх визначенням у ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять» та ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять».

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

Пожежна безпека – відсутність неприпустимого ризику виникнення та розвитку пожежі й пов'язаного з нею можливого завдання шкоди життю та здоров'ю людей, матеріальним цінностям і навколишньому природному середовищу.

Пожежне забезпечення – прийняття та дотримання нормативних і правових актів, правил і вимог пожежної безпеки, а також вживання протипожежних заходів

Пожежна безпека об'єкта – стан об'єкта, за якого ймовірність виникнення і розвитку пожежі та ймовірність впливу небезпечних чинників пожежі не перевищують унормованих припустимих значень

Пожежна небезпека – можливість виникнення і/або розвитку пожежі.

Протипожежні вимоги – перелік інженерно-технічного устаткування та організаційних заходів, необхідних для запобігання виникненню чи розвитку пожежі та для її гасіння.

Протипожежний режим об'єкта – комплекс установлених норм поведінки людей, правил виконання робіт і експлуатації об'єкта, спрямованих на його пожежне забезпечення.

Протипожежні заходи – комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на дотримання протипожежного режиму та створення умов для запобігання пожежам і швидкого їх гасіння

Пожежовибухонебезпечний об'єкт – об'єкт на якому виготовляють, використовують, зберігають чи транспортують легкозаймисті та пожежовибухонебезпечні речовини, які створюють потенційну загрозу виникнення техногенної надзвичайної ситуації.

Вибух – процес вивільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу.

Вибухонебезпечна(-ий) [речовина] [матеріал] – [Речовина, здатна] [Матеріал, здатний] самостійно або в суміші з окиснювачем створювати вибухонебезпечне середовище.

Загальні відомості про пожежі

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°C);

- 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.

Класифікація пожеж

За видом горючого матеріалу пожежі діляться на класи:

Клас пожежі	Характеристика класу	Підклас пожежі	Характеристика підкласу пожежі	Позначення
А	Горіння твердих речовин	A1	Горіння твердих речовин, що супроводжується тлінням (деревина, папір, картон, тканини і т.д.)	
		A2	Горіння твердих речовин не супроводжуване тлінням (гума, пластмас, каучук і т.д.)	
В	Горіння рідких речовин	B1	Горіння рідких речовин, нерозчинних у воді (наприклад, бензин, ефір, нафтопродукти, олія). Також, горіння зріджується твердих речовин (наприклад, парафін, віск, стеарин і т.д.)	
		B2	Горіння рідких речовин, розчинних у воді (спирт, гліцерин).	
С	Горіння газоподібних речовин			

Клас пожежі	Характеристика класу	Підклас пожежі	Характеристика підкласу пожежі	Позначення
D	Горіння металів	D1	Горіння легких металів, за винятком лужних (алюміній, магній та їх сплави)	
		D2	Горіння лужних металів (натрій, калій)	
		D3	Горіння металомістких сполук (металоорганічні сполуки, гідриди металів)	
E	Горіння об'єктів, установок під напругою			
F	Горіння об'єктів, установок з використанням, переробкою і зберіганням радіоактивних речовин			

За видом джерела запалювання – 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 на:

- 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 .

При слабкому вітрі, низькій вологості й суцільній забудові будинками з низкою вогнестійкістю (горінні нафтопродуктів на великій пло-

щі) 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 °С 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.

Внутрішні пожежі. Більшість пожеж усередині приміщень пов'язані з горінням твердих горючих матеріалів і починається із загорання, 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, зростає 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 головешки 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 °С), по утворенню небезпечних концентрацій шкідливих речовин (виходять із середньої швидкості поширення продуктів згорання 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.

Загальні відомості про вибухи

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 НС.

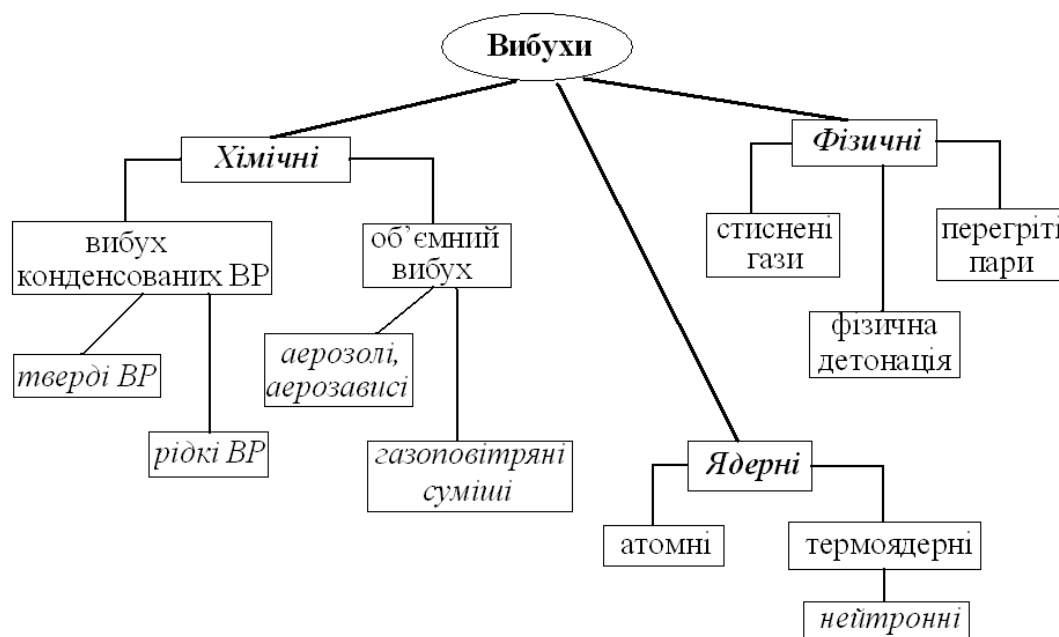


Рисунок 4.1 – Класифікація вибухів

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 темпера-

тура однієї істотно перевершує іншу (особливо коли температура однієї із речовин перевищує температуру кипіння іншої).

Специфічний різновид вибуху являє собою **об'ємний вибух газопо-вітряних 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 вибухову 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 пожежовибухонебезпечки 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 трубопроводних 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 промислових підпри-

ємств, 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.

4.2 Класифікація приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

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 пожежонебезпекою 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 на ведена 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 під-розділяються (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Категорії приміщень за вибухопожежною і пожежною небезпекою

Категорія приміщення	Характеристика речовин і матеріалів, що знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) у приміщенні
А вибухопожежно-небезпечна	Горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не вище ніж 28°C у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні газо-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху у приміщенні, який перевищує 5 кПа, і/або речовини і матеріали, здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним, у такій кількості, що розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні перевищує 5 кПа.
Б вибухопожежно-небезпечна	Горючі пил і/або волокна, легкозаймисті рідини з температурою спалаху вище ніж 28°C, горючі рідини такої кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні пило-, пароповітряні суміші, у разі займання яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа
В пожежонебезпечна	Горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали (включно горючий пил і/або 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
Г помірно пожежонебезпечна	Негорючі речовини і/або матеріали у гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, утворенням іскор і/або полум'я; горючі гази, рідини і/або тверді речовини, що спалюються або утилізуються як паливо
Д знижено пожежонебезпечна	Речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорії приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В.

Примітка 1. Площу окремих ділянок для твердих і рідких легкозаймистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів, що складають пожежну навантагу,

визначають за розмірами проекції їх площі розміщення (складування), а також площі розливу під час розрахункової аварії на горизонтальну поверхню підлоги. У разі якщо граничні відстані між окремими ділянками що містять складові пожежної навантаги менші за мінімальні, які наведені у табл. 6 та п.п. 7.6.5, 7.6.7 ДСТУ відповідно, то площу пожежної навантаги визначають як загальну площу цих ділянок з урахуванням площі між ділянками.

Примітка 2. Якщо площа приміщення не перевищує 10 м² і в ньому знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) речовини і/або матеріали, зазначені в примітці 1, що складають пожежну навантагу під час розрахункової аварії, віднесення даного приміщення до певної категорії здійснюється за результатами розрахунків, викладених в п.п. 7.2-7.6 ДСТУ. Розрахункова площа при визначенні питомої пожежної навантаги дорівнює фактичній площі приміщення.

Примітка 3. Під час розрахунку пожежної навантаги за формулою (29), важкогорючі речовини і матеріали (відповідно до ГОСТ 12.1.044-89) включаються у розрахунок у тому випадку, якщо вони знаходяться разом з горючими речовинами і матеріалами. Якщо у приміщенні знаходяться тільки важкогорючі речовини і матеріали, приміщення відноситься до категорії Д.

Категорії будинків та окремих протипожежних відсіків за вибухопожежною та пожежною безпекою

В окремих випадках за вибухопожежною і пожежною безпекою категоруються не весь будинок, а його протипожежні відсіки, які є частинами будинку та відокремлені один від одного протипожежною стіною по всій висоті та ширині (або довжині) будинку. При цьому такі протипожежні стіни повинні спиратися на фундаменти або фундаментні балки і перетинати всі конструкції та поверхи будинку.

1. Будинок (протипожежний відсік) відноситься до категорії А, якщо в ньому сумарний об'єм приміщень категорії А перевищує 5% загального об'єму будинку (протипожежного відсіку).

2. Будинок або протипожежний відсік відносять до категорії Б, якщо одночасно виконуються дві умови:

будинок або протипожежний відсік не відносять до категорії А;

сумарний об'єм приміщень категорій А і Б перевищує 5 % об'єму будинку або протипожежного відсіку.

3. Будинок або протипожежний відсік відноситься до категорії В, якщо одночасно виконуються дві умови:

будинок або протипожежний відсік не відносять до категорій А або Б;

сумарний об'єм приміщень категорій А, Б і В перевищує 5 % (10%, якщо в будинку відсутні приміщення категорій А і Б) об'єму будинку або протипожежного відсіку.

4. Будинок або протипожежний відсік відносять до категорії Г, якщо одночасно виконуються дві умови:

будинок або протипожежний відсік не відносять до категорій А, Б або В;

сумарний об'єм приміщень категорій А, Б, В і Г перевищує 5 % об'єму будинку або протипожежного відсіку.

5. Будинок або протипожежний відсік відносять до категорії Д, якщо він не відноситься до категорій А, Б, В або Г.

Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою

Визначення категорій зовнішніх установок слід здійснювати шляхом послідовної перевірки їхньої належності до категорій, які наведені у таблиці 6, від вищої (А₃) до нижчої (Д₃). У таблиці 6 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 (С_{нкмп}), розрахунковий надлишковий тиск у разі загоряння газо-, паро- або пилоповітряної суміші та інтенсивність теплового випромінювання від осередку пожежі.

Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою приймають відповідно до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 — Категорії зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Категорія зовнішньої установки	Критерії віднесення зовнішньої установки до тієї або іншої категорії за вибухопожежною та пожежною небезпекою
1	2
А ₃ Вибухопожежонебезпечна	Установка відноситься до категорії А ₃ , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази (ГГ); легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28°C; речовини і/або матеріали, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним. 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/або розрахунковий надлишковий тиск у разі згоряння газо-, пароповітряної суміші, речовин і/або матеріалів, які здатні вибухати і горіти при взаємодії з водою, киснем повітря і /або один з одним на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 5 кПа.
Б ₃ Вибухопожежонебезпечна	Установка відноситься до категорії Б ₃ , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі пил і/або волокна; легкозаймисті рідини з температурою спалаху більше 28°C; горючі рідини. Горизонтальний розмір зони, що обмежує пароповітряні суміші із концентрацією горючої речовини вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я (С _{нкмп}), перевищує 30 м (даний критерій застосовується тільки для горючих парів) і/або розрахунковий надлишковий тиск у разі згоряння паро- або пилоповітряної суміші на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 5 кПа

1	2
В _з Пожежоне- безпечна	Установка відноситься до категорії В _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, горючі пил і волокна, тверді горючі і/або важкогорючі речовини і матеріали, а також речовини і/або матеріали, які здатні при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним вибухати і горіти або тільки горіти за умови, що установка не відноситься до категорій А _з або Б _з . Інтенсивність теплового випромінювання від осередку пожежі на відстані 30 м від зовнішньої установки перевищує 4 кВт·м ⁻²
Г _з	Установка відноситься до категорії Г _з , якщо в ній знаходяться (обертаються) негорючі речовини і/або матеріали в гарячому, розпеченому і/або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і/або полум'я, а також горючі гази, рідини і/або тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо
Д _з	Установка відноситься до категорії Д _з , якщо вона не відноситься до категорій А _з , Б _з , В _з , Г _з .

Висновок: 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.

Питання для самоконтролю

1. Які об'єкти є вибухопожежонебезпечними та пожежонебезпечними.
2. Розкрийте поняття:
 - Пожежа;
 - Пожежна безпека;
 - Пожежне убезпечення;
 - Пожежна безпека об'єкта;
 - Пожежна небезпека;
 - Протипожежні вимоги;
 - Протипожежний режим об'єкта;
 - Протипожежні заходи;
 - Пожежовибухонебезпечний об'єкт;
 - Вибух;
 - Вибухонебезпечна(-ий) [речовина] [матеріал];

- Зона горіння;
 - Зона теплового впливу;
 - Зона задимлення.
3. Наведіть класифікацію пожеж.
 4. Наведіть класифікацію вибухів.
 5. Від чого залежить швидкість згорання речовини?
 6. Назвіть основні причини виникнення пожеж та вибухів.
 7. Дайте визначення приміщення категорії «А», «Б», «В», «Г», «Д» за вибухо- та пожежонебезпекою.
 8. Дайте визначення будинків та окремих протипожежних відсіків категорії «А», «Б», «В», «Г», «Д» за вибухо- та пожежонебезпекою.
 9. Дайте визначення зовнішньої установки категорії «Аз», «Бз», «Вз», «Гз», «Дз» за вибухо- та пожежонебезпекою.

Рекомендована література

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
2. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
3. ДСТУ 2272:2006 «Пожежна безпека. Терміни та визначення основних понять»
4. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою». Затверджено Наказом від 15.06.2016 № 158 Про прийняття національного стандарту ДСТУ Б В.1.1-36:2016, ДСТУ набуває чинності з 1 січня 2017 року.
5. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека./За загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.:КІМ, 2007. – С. 31 – 37.

ЛЕКЦІЯ 5. АВАРІЇ НА ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУДАХ ТА ОБ'ЄКТАХ КОМУНАЛЬНОГО ГОСПОДАРСТВА

ПЛАН

- 5.1. Основні поняття та визначення.
- 5.2. Гідродинамічні небезпеки і причини їх виникнення.
- 5.3. Аварії на об'єктах комунального господарства.
- 5.4. Транспортні аварії (катастрофи).

5.1 Основні поняття та визначення

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 транспорту.

Найбільш резонансні аварії на гідротехнічних спорудах в світі:

9 жовтня 1963 року аварія на греблі Вайонт в Італії. У водосховище об'ємом 0,169 куб. км сталося осипання гірських порід об'ємом 0,24 куб. км, що призвело до переливу більше 50 млн куб. м води через греблю. Водяний вал висотою 90 м за 15 хвилин змив кілька населених пунктів, що призвело до загибелі більше 2 тис. чоловік. Причиною зсуву стало підняття горизонту ґрунтових вод, викликане будівництвом греблі.

7 серпня 1994 року в Белорецьком районі Башкирії відбувся прорив греблі Тирлянського водосховища й позаштатне скидання 8,6 млн куб. м води. У зоні затоплення опинилося чотири населених пункти, 85 житлових будинків були повністю зруйновані, 200 будинків – частково. У результаті повені **загинуло 29 чоловік**, 786 чоловік залишилося без даху.

У ніч на 11 лютого 2005 року в провінції Белуджистан на південно-заході Пакистану через потужні зливи відбувся **прорив 150-метрової греблі ГЕС** біля міста Пасни. У результаті було затоплено кілька сіл, більше 135 чоловік загинули.

17 серпня 2009 року – аварія на Саяно-Шушенській ГЕС. Загинуло 75 чоловік та ін.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організувати роботу для попередження НС, у тому числі й спеціалістів з ОП.

Терміни, що використовуються в цій лекції, даються у відповідності з 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 території.

Транспортна аварія – аварія транспортних засобів на дорогах, мостах, у тунелях, на залізничних переїздах тощо, що призводить до загибелі людей чи отримання ними тілесних ушкоджень, пошкодження транспортних засобів, шляхів, споруд, вантажів тощо та/або завдає шкоди навколишньому природному середовищу. (Транспортні аварії поділяють за видами транспорту та небезпечністю вантажів).

Аварія на залізничному транспорті – аварія на залізниці, зокрема в метрополітені, що призводить до загибелі людей чи отримання ними тілесних ушкоджень, до пошкодження транспортних засобів, шляхів, споруд, вантажів тощо та/або завдає шкоди навколишньому природному середовищу.

Аварія на водному транспорті – аварія рибальських, рибпромислових, нафтоналивних, пасажирських суден тощо, що призводить до за-

гибелі людей чи отримання ними тілесних ушкоджень, пошкодження чи до затоплення суден або завдає шкоди навколишньому природному середовищу.

Аварія на автомобільному транспорті – аварія автомобільного транспорту під час дорожнього руху, яка призводить до загибелі людей чи отримання ними тілесних ушкоджень, до пошкодження транспортних засобів, шляхів, споруд, вантажів і/або завдає шкоди навколишньому природному середовищу.

Аварія на трубопроводі – аварія на трасі трубопроводу, пов'язана з викиданням (проливанням) небезпечних хімічних або пожежовибухо-небезпечних речовин, що призводить до загибелі людей чи отримання ними тілесних ушкоджень і/або завдає шкоди навколишньому природному середовищу. (Залежно від виду транспортованого продукту розрізняють аварії на газопроводах, нафтопроводах, продуктопроводах та водопроводах).

Аварія на повітряному транспорті – небезпечна подія на повітряному судні під час польоту чи в аеродромному циклі, що спричиняє загрозу життю та здоров'ю людей, пошкодження чи руйнування повітряного судна, завдає збитки матеріальним цінностям і/або навколишньому природному середовищу.

5.2 Аварії на об'єктах комунального господарства

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 водозабору понад 50 тис.кв. км) – 9; середніх (від 2 до 50 тис. км²) – 81 і малих (менше 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 і Дніпродзержинське.

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 іригаційні системи, дамби, перемички, загати й ін.

Природні греблі створюються дією природних сил, наприклад, у результаті зсувів, селів, лавин, обвалів, землетрусів. Перед греблею вгору по водостоку 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.

Короткочасні 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, мілині, 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 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 перемички водоймища з урахуванням даних прогнозу найближчої метеостанції.

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

Наслідки гідродинамічних аварій.

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 повені, 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.

В 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.

В 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.

5.3 Аварії на об'єктах комунального господарства

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 на-

пруги, 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 ОЕС.

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

Україна 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 2009 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. Істотний 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 дозволених обсягів нормативів ГДС фіксується найчастіше на підприємствах житлово-комунального господарства, на підприємствах харчової та переробної промисловості, епізодично на підприємствах інших галузей промисловості.

5.4 Транспортні аварії (катастрофи)

Щорічно в Україні перевозиться транспортом загального призначення близько 900 млн. тонн вантажів (у тому числі небезпечних) і близько 3 млрд. пасажирів, з них залізничним транспортом — близько 60 % вантажних перевезень, автомобільним — 26 %, річковим і морським — 14 %. Оскільки транспортом перевозяться і потенційно небезпечні вантажі (вибухо-пожежо-хімічно небезпечні речовини — 15 % від вантажів,

що перевозяться), небезпека життя і здоров'я людей збільшується. А скорочення відновлення основних фондів усіх видів транспорту, зростання ступеня зносу транспортних засобів, який у даний час становить близько 50 %, значно підвищує ступінь ризику при експлуатації транспортних засобів.

Основними причинами аварій і катастроф на залізничному транспорті є:

- несправність колії, засобів сигналізації, централізації і блокування,
- помилки диспетчерів,
- неуважність і недбалість машиністів.

Частіше за все виникають надзвичайні ситуації при сходженні рухомого потягу з колії, зіткненнях, наїздах на перешкоди на переїздах, при пожежах і вибухах безпосередньо у вагонах. Найбільшу небезпеку представляють аварійні ситуації під час перевезення залізничним транспортом НХР, радіоактивних речовин. Такі аварії можуть призвести до небезпечного опромінення людей і радіоактивного забруднення навколишнього середовища, а при викиді НХР у навколишнє середовище — до небезпечного отруєння пасажирів і хімічного забруднення атмосфери, поверхні землі й об'єктів господарювання.

Характерними особливостями транспортних аварій можуть бути:

- віддалення місця катастрофи від великих населених пунктів, що ускладнює збір достовірної інформації у перший період і об'єм надання першої медичної допомоги потерпілим;
- ліквідація пожеж (вибухів) на території залізничних станцій та вузлів, пов'язаних з необхідністю виводу залізничних потягів з території станції на перегони, тупики та під'їзні шляхи;
- необхідність використання тепловозів для розосередження потягів на електрифікованих ділянках;
- труднощі виявлення горіння на шляху слідування, відсутність потужних засобів пожежогасіння;
- важкодоступний під'їзд до місця катастрофи та труднощі залучення інженерної техніки;
- наявність у деяких випадках складної медико-біологічної обстановки, як характеризується масовим виникненням санітарних та безповоротних утрат;
- необхідність відправлення великої кількості постраждалих (евакуація) до інших міст у зв'язку із специфікою лікування;
- труднощі у визначенні кількості пасажирів, які прямували з різних територій і опинились у зоні аварії (катастрофи);
- організація відправки загиблих до місць їх захоронення;
- прибуття родичів із різних міст держави, організація розміщення, обслуговування тощо;

- організація пошуку постраждалих та ідентифікація тіл загиблих.

Безпосередніми місцями виникнення надзвичайних ситуацій на транспорті є автомобільні дороги, залізничні станції, колії та переїзди, порти, акваторія Чорного та Азовського морів, траси магістральних трубопроводів.

Головними причинами цих надзвичайних ситуацій є порушення Правил дорожнього руху водіями транспортних засобів при перевезеннях вантажів і пасажирів, причому особливо тяжкі наслідки мають аварії пасажирських автобусів як на автодорогах, так і на залізничних переїздах.

Аналіз причин виникнення НС на транспорті показав, що порушення Правил дорожнього руху водіями транспортних засобів, Правил пілотування і судноплавства призвели до аварій майже у 59% випадків, унаслідок незадовільного технічного стану транспортних засобів і комунікацій -27%, унаслідок протиправних дій осіб – 10% і в 4% випадків унаслідок порушення вимог безпеки під час експлуатації транспортних засобів та у результаті несприятливих погодних умов.

Зниження рівня безпеки перевезення пасажирів і вантажів водним транспортом в Україні за останні роки визначається збільшенням числа порушень правил керування суднами, технічної експлуатації, зниження якості ремонту, призупиненням будівництва суден нового покоління. Середній термін експлуатації судна — 22 роки, а за останні 11 років Чорноморське пароплавство не закупило жодного судна.

Основними причинами загибелі кораблів є:

- посадка на рифи,
- зіткнення з іншим судном чи з опорами мостів,
- перекидання,
- пожежі,
- витікання небезпечних речовин,
- порушення норм експлуатації і правил безпеки,
- помилкові функціональні дії команди тощо.

Висновок: 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. Тому фахівцям з охорони праці необхідно знати основні небезпеки, що несуть у собі такі НС.

Питання для самоконтролю

1. Розкрийте поняття:

- гребля;
- штучна гребля;
- природна гребля;
- б'єф;

- верхній б'єф греблі;
 - нижній б'єф греблі;
 - довгострокове природне водоймище;
 - короткострокові штучні греблі;
 - направлений водоспуск;
 - випадково утворений водоспуск;
 - проран;
 - хвиля прориву;
 - катастрофічне затоплення та його параметри;
 - зона можливого затоплення;
2. Назвіть основні чинники гідродинамічної небезпеки в Україні.
 3. Наведіть основні вражаючі фактори катастрофічного затоплення.
 4. Що є вторинними наслідками гідродинамічних аварій?
 5. Назвіть основні показники наслідків повені.
 6. Чим обумовлена небезпека аварій на електроенергетичних системах?
 7. Чим обумовлена небезпека аварій на системах життєзабезпечення?
 8. Чим обумовлена небезпека аварій на очисних спорудах?
 9. Назвіть основні причини аварій і катастроф на залізничному транспорті.
 10. Наведіть характерні особливості транспортних аварій (катастроф).
 11. Назвіть головні причини транспортних аварій.
 12. Назвіть основні причини загибелі кораблів.

Рекомендована література

1. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
2. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – С. 60-65.
3. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека./За загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.:КІМ, 2007. – С. 27 – 30, С. 117 – 123.

ЛЕКЦІЯ 6. АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ НЕБЕЗПЕКИ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

ПЛАН

- 6.1. Порядок встановлення вимог до безпеки промислових підприємств.
- 6.2. Ідентифікація небезпек.

6.1 Порядок встановлення вимог до безпеки промислових підприємств

Для забезпечення безпечної експлуатації будь-якого промислового об'єкту необхідне чітке розуміння основних небезпек, що несе в собі дане виробництво. Останні роки активно розвивається новий підхід до забезпечення промислової безпеки, заснований на принципах прийнятного ризику й оптимізації захисних і природоохоронних заходів на основі керування ризиком. Головним постулатом даного підходу є твердження, що абсолютна безпека в принципі не досяжна. Науковим базисом такого підходу є імовірнісний підхід до забезпечення безпеки, а величина збитку розглядається разом з імовірністю її реалізації. Система єдиних кількісних критеріїв ризику дозволяє проводити комплексний аналіз аспектів життєдіяльності суспільства й на основі цього аналізу приймати обґрунтовані рішення по зниженню рівня техногенного ризику для населення й навколишнього середовища. Основним етапом керування безпекою на основі принципу прийнятного ризику є кількісна оцінка ризику.

Першим етапом для оцінки ризику є виявлення потенційних небезпек, тобто їх ідентифікація.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організовувати роботу по забезпеченню безпеки промислового об'єкту, у тому числі й спеціалістів з ОП.

Порядок встановлення вимог до безпеки промислових підприємств.

Загальні положення та вимоги до нормування та забезпечення безпечності промислових об'єктів встановлює ДСТУ 3273-95. «Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги».

Встановлення вимог до безпеки конкретного підприємства, що будується чи реконструюється, полягає у визначенні складу (номенклатури) показників, які використовують для кількісного опису безпеки, та у визначенні гранично припустимих числових значень (норм) цих показників.

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

до безпеки повинні задаватись для кожного об'єкта, для окремого підприємства в цілому, а також для групи підприємств (промислових вузлів).

Вимоги до безпеки підприємств повинні встановлюватись з урахуванням усієї сукупності чинників, від яких залежить характер та рівень впливу підприємства на реципієнтів.

Підприємства мають бути диференційовані:

- за видами джерел небезпеки (радіаційні, хімічні, біологічні, фізичні, механічні, бактеріологічні, пожежонебезпечні);
- за інтенсивністю джерел небезпеки (постійне випромінювання, залпові викиди, накопичення небезпечного ефекту на поверхні ґрунту тощо);
- за характером та ступенем впливу на реципієнтів;
- за сферою забруднення (атмосфера, гідросфера, літосфера).

Відповідно до перелічених ознак підприємства (об'єкта) формулюються вимоги до його безпеки.

Державне регулювання безпеки 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.

Вимоги до безпеки підприємства формулюються як у вигляді технічних і організаційних заходів, так і у вигляді гранично допустимих значень показників безпеки.

Технічні та організаційні заходи, що формулюються у вигляді настанов і правил, визначаються вимогами фізичного захисту підприємства. Вони перешкоджають несанкціонованому поширенню дії джерел небезпеки, що є на підприємстві, і попереджають несанкціонований доступ до встановлених проектом вразливих місць.

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

Потрібні числові значення показників безпеки встановлюють на підставі аналізу технологічного процесу з урахуванням як наслід-

ків функціонування, так і цінності створюваного продукту чи наданих послуг.

Показники безпеки поділяють на проектні та оперативні. Проектні показники характеризують безпечність, закладену в технічній документації підприємства.

Оперативні показники описують поточні значення рівня безпеки і відображають стан підприємства на час проведення контролю. Оперативні показники служать мірою наближення підприємства до межі безпечної експлуатації і тому для них у проектній документації мають бути встановлені граничні значення.

Висновок про безпечність показників роблять на основі ідентифікації небезпек даного виробництва

6.2 Ідентифікація небезпек

Основні завдання етапу ідентифікації небезпек – виявлення й чіткий опис всіх джерел небезпек і шляхів (сценаріїв) їхньої реалізації. Це відповідальний етап аналізу, тому що не виявлені на цьому етапі небезпеки не піддаються подальшому розгляду й зникають із поля зору.

При ідентифікації варто визначити, які елементи, технічні пристрої, технологічні блоки або процеси в технологічній системі вимагають більш серйозного аналізу і які становлять менший інтерес із погляду безпеки.

Результатом ідентифікації небезпек є:

- перелік небажаних подій;
- опис джерел небезпеки, факторів ризику, умов виникнення й розвитку небажаних подій (наприклад, сценаріїв можливих аварій);
- попередні оцінки небезпеки й ризику (наприклад, при ідентифікації небезпеки, при необхідності, можуть бути представлені показники небезпеки речовин, що задіяні в технологічному процесі, оцінки наслідків для окремих сценаріїв аварій і т.п.).

Побудова сценаріїв розвитку аварії. Для визначення характерних факторів небезпеки на потенційно небезпечних об'єктах пропонується загальна схема імовірнісної моделі виникнення й розвитку аварії. Блок-схема моделі представлена на рис. 2.1.

Відповідно до цієї схеми в кожній аварійній ситуації виділено три фази:

Фаза 1 – період виникнення аварійної ситуації в межах одного технологічного блоку (апарата, процесу);

Фаза 2 – розвиток аварії в межах цеху, ділянки виробництва й загроза ланцюгового розвитку аварії з виходом за межі локальної ділянки технологічного блоку й залученням в аварійний процес усього технологічного об'єкта; ця фаза становить небезпеку в основному для працюю-

чих на даному підприємстві;

Фаза 3 – ланцюговий розвиток аварії на рівні технологічних об'єктів з можливим руйнуванням будинків і споруджень; істотні руйнування й загибель людей можуть відбутися на всій території підприємства та за його межами.

Ідентифікація небезпек завершується також вибором подальшого напрямку діяльності. Як варіанти подальших дій може бути:

- рішення припинити подальший аналіз через незначність небезпек або достатності отриманих попередніх оцінок (у цьому випадку під ідентифікацією небезпек мається на увазі аналіз або оцінка небезпек);
- рішення про проведення більш детального аналізу небезпек і оцінки ризику;
- розробка попередніх рекомендацій для зменшення небезпек.

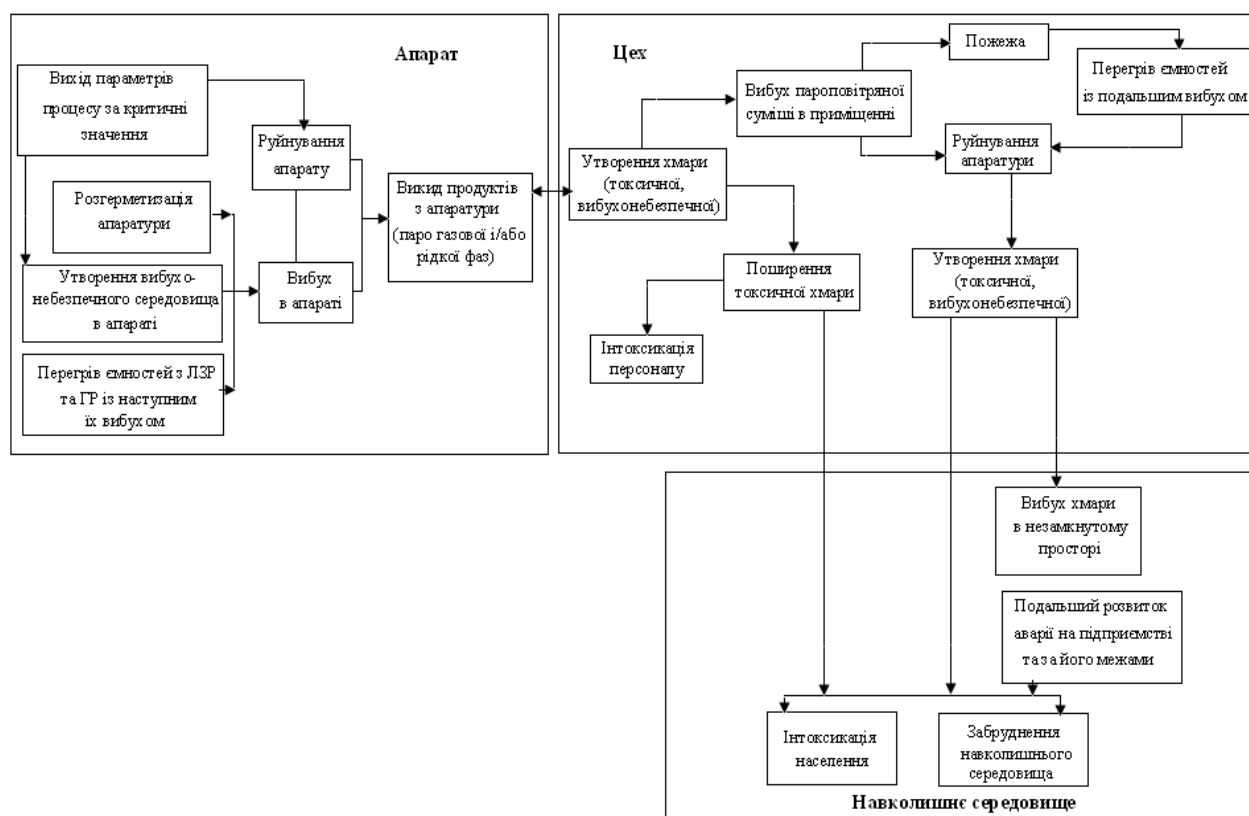


Рисунок 6.1 – Схема виникнення та розвитку аварійної ситуації

Незалежно від джерела виникнення НС мають практично одні й ті ж **фактори негативного впливу на людину та навколишнє середовище:**

- вплив ударної хвилі під час вибуху газоповітряних (паливоповітряних) сумішей, вибухових речовин, технологічних установок та ін.;
- термічний вплив при пожежах будівель і споруд, пожеж розливу, лісових пожеж та ін.;

- токсичний вплив хімічної зброї, викидів небезпечних хімічних речовин (НХР), шлейф пожеж та ін.;
- механічний вплив при враженні осколками, при руйнуванні будівель і споруд та ін.;
- вплив іонізуючого випромінювання.

Встановлені деякі фіксовані значення негативних факторів, що відповідають тому чи іншому фіксованому ступеню ураження людини, будівель та споруд.

Висновок: Для забезпечення безпечної експлуатації будь-якого промислового об'єкту необхідне чітке розуміння основних небезпек, що несе в собі дане виробництво. Першим етапом для оцінки небезпеки виробництв є виявлення потенційних небезпек, тобто їх ідентифікація – виявлення й чіткий опис всіх джерел небезпек і шляхів (сценаріїв) їхньої реалізації.

Питання для самоконтролю

1. Чим можна охарактеризувати прийнятний ризик.
2. Наведіть принципи диференціювання підприємств.
3. В чому полягає Державне регулювання безпеки?
4. У вигляді чого характеризуються вимоги до безпеки підприємства?
5. Як формуються числові значення показників безпеки?
6. Поясніть поняття проектні та оперативні показники безпеки.
7. Розкрийте основні завдання етапу ідентифікації небезпек.
8. Наведіть результат ідентифікації небезпек.
9. Розкрийте сутність фаз сценаріїв розвитку аварії.
10. Що є результатом проведення ідентифікації небезпек?
11. Наведіть фактори негативного впливу на людину та навколишнє середовище.

Рекомендована література

1. ДСТУ 3273-95. Безпека промислових підприємств. Загальні положення та вимоги.
2. Стоєцький В.Ф., Дранішніков Л.В., Жартовський В.М., Найверт О.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. - Тернопіль: Видавництво Астон, 2006. - С. 100 - 117, 181 - 184.

ЛЕКЦІЯ 7. МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ЗНАЧЕНЬ КРИТЕРІЇВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ

ПЛАН

7.1. Аналіз і узагальнення моделей для використання в методиках розрахунку

7.2. Кількісна оцінка маси горючих речовин, що надходять у навколишній простір в результаті аварії

7.1 Аналіз і узагальнення моделей для використання в методиках розрахунку

Для визначення негативного впливу уражальних факторів надзвичайних ситуацій на людину, майно й навколишнє природне середовище, необхідно знати просторово-тимчасовий розподіл тих або інших фізико-хімічних, біологічних, теплофізичних та інших параметрів:

1. при впливі ударної хвилі – надлишковий тиск ($\Delta P_{\phi} = P - P_0 > 0$) на фронті ударної хвилі та імпульс фази стиснення;
2. при термічному впливі – поле густини (щільності) теплових потоків випромінювання;
3. при токсичному впливі – поле концентрацій (токсодоз) токсиканта.

Під сценарієм розвитку техногенної аварії розуміється послідовність логічно зв'язаних між собою окремих подій (витікання, викид, випар, розсіювання, дрейф парів, заpalення, вибух, вплив на людей і сусіднє обладнання) відповідно до яких визначаються поля фізичних параметрів, вид і величина уражальних факторів, ступінь поразки людей, їхнього майна, навколишнього природного середовища.

Для розрахунку значень критеріїв пожежної небезпеки об'єктів необхідно знати і вміти використовувати спеціальні методики для оцінки наслідків аварій на небезпечних промислових об'єктах.

У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організовувати роботу по забезпеченню безпеки промислового об'єкту.

У цей час розроблено досить велику кількість методик і керівних матеріалів для оцінки наслідків аварій на небезпечних промислових об'єктах. Аналіз деяких з них представлений у табл. 7.1. Проведений аналіз показав, що більшість із них призначені для оцінки матеріальних збитків у результаті аварій і оцінки негативних впливів на виробничий персонал небезпечних промислових об'єктів, а також для організації дій служб ЦЗ та НС по локалізації й ліквідації наслідків аварій.

Проведений аналіз моделей оцінки фізико-хімічних параметрів процесів при аваріях на промислових об'єктах представлений у вигляді узагальненої табл. 7.1.

Таблиця 7.1 – Аналіз методик оцінки наслідків аварій на пожежо-вибухо-небезпечних об'єктах

Назва методики	Призначення	Вихідні дані	Результати	Використання (у тому числі й в інших методиках)
1	2	3	4	5
Методика прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті	Методика для використання органами управління та силами цивільного захисту єдиної державної системи цивільного захисту, які організують, здійснюють та забезпечують заходи із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації аварій, пов'язаних з вилівом (викидом) НХР, та їх наслідків	<ul style="list-style-type: none"> - загальна кількість НХР на об'єкті й дані про розміщення їхніх запасів у технологічних ємностях і трубопроводах; - кількість НХР, викинутих в атмосферу, і характер їхнього розливу на поверхні, що підстилає («вільно», «у піддон» або «в обвалування»); - висота піддона або обвалування складських ємностей; - метеорологічні умови: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 м (на висоті флюгера), ступінь вертикальної стійкості повітря 	<ul style="list-style-type: none"> - прогнозування глибини зони зараження НХР; - площа зони зараження НХР; - час підходу зараженого повітря до об'єкта й тривалість уражальної дії НХР 	Для оцінки екологічних наслідків зараження навколишнього середовища
Методика оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру	Для визначення розмірів збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру (далі - НС), завданих здоров'ю людей та об'єктам національної економіки	<ul style="list-style-type: none"> - втрати життя та здоров'я населення (Нр); - руйнування та пошкодження основних фондів, знищення майна та продукції (Мр); - невироблення продукції внаслідок припинення виробництва (Мп); - вилучення або порушення сільськогосподарських угідь (Рс/г); - втрати тваринництва (Мтв); - втрати деревини та інших лісових ресурсів (Рл/г); 	<ul style="list-style-type: none"> - визначення загального обсягу збитків від наслідків НС розраховується як сума основних локальних збитків 	Для визначення розмірів збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4	5
		<ul style="list-style-type: none"> - втрати рибного господарства (Рр/г); - знищення або погіршення якості рекреаційних зон (Ррек); - забруднення атмосферного повітря (Аф); - забруднення поверхневих і підземних вод та джерел, внутрішніх морських вод і територіального моря (Вф); - забруднення земель несільськогосподарського призначення (Зф); - збитки, заподіяні природно-заповідному фонду (Рпзф). 		
Методика оцінки наслідків аварійних вибухів паливоповітряних сумішей сумішей (ППС)	Для оцінки наслідків аварій, на об'єктах по зберіганню, переробці й транспортуванню зріджених і стислих вуглеводневих газів (СВГ, СТВГ)	<ul style="list-style-type: none"> - маса палива, що перебуває в різних місцях об'єкта (резервуарах, установках і т.д.); - клас навколишнього простору - план об'єкта й прилягаючої території з картографією розподілу людей; 	Визначення маси речовини в хмарі ППС для СВГ і СТВГ, визначення режиму підривно-го припинення вогненної кулі, оцінка параметрів ударної хвилі, осколки обкладання.	Для оцінки економічних наслідків. У якості вихідних даних для методик для викиду НХР

Основними результатами розрахунків в моделях є визначення мас рідин, горючих та легкозаймистих рідин у випадку виникнення аварійних ситуацій (розгерметизацією, розтікань, руйнувань і т.п.) на технологічних установках і трубопроводах промислових виробництв.

Ці параметри можуть бути використані як вихідні дані (маса витиснутої рідини, маса ГР, маса ЛЗР) для безпосередньої оцінки екологічних наслідків аварій з використанням відповідних методик. У цих же методиках можуть бути використані такі параметри, як концентрації парів у заданій точці простору. Для непрямих оцінок екологічних збитків може використовуватися величина інтенсивності випаровування рідини із розливу.

Таблиця 7.2 – Аналіз моделей фізико-хімічних параметрів процесів в аварійних ситуаціях

№ п/п	Назва методики	Вихідні дані	Результати
1	Оцінка інтенсивності теплового випромінювання від пожежі, протоки й від вогневої кулі	- середньоповерхнева інтенсивність теплового випромінювання; - площа розливу; - питома масова швидкість вигорання ЛЗР (ГР); - параметри навколишнього повітря; - відстань від геометричного центра розливу до об'єкта, що опромінюється; - маса ЛЗР у вогневій кулі.	- ефективний діаметр розливу й вогневої кулі, висота полум'я; - інтенсивність теплового опромінення
2	Витікання рідини з отвору в резервуарі	- фізико-хімічні параметри ЛЗР - коефіцієнт витікання; - параметри технологічного обладнання; - характеристики території поблизу аварійного об'єкта (обвалування); - початкова висота стовпа рідини в резервуарі.	- масова витрата рідини; - кількість рідини, що перелилася через отвір за час витікання.
3	Визначення надлишкового тиску в ударній хвилі при вибуху пароповітряної хмари	- відстань від епіцентру вибуху; - кількість пар ЛЗР у хмарі; - питома теплота згорання палива.	- надлишковий тиск в ударній хвилі; - імпульс позитивної фази ударної хвилі.
4	Метод оцінки надлишкового тиску в ударній хвилі при вибуху резервуара з перегрітою ЛЗР (ГР) у осередку пожежі	- маса ЛЗР (ГР), що міститься в резервуарі; - фізико-хімічні параметри рідини; - параметри технологічного апарата; - відстань від епіцентру вибуху	- надлишковий тиск в ударній хвилі; - імпульс позитивної фази ударної хвилі.
5	Визначення маси ЛЗР або ГР при аварійних розгерметизаціях	- фізико-хімічні характеристики ЛЗР (ГР), парів ЛЗР (ГР) - технологічні параметри обладнання.	- маса ЛЗР (ГР) при аварійних розгерметизаціях
6	Випаровування рідини із розливу	- молярна маса рідини; - параметри повітряного потоку: - тиск насичених парів рідини.	- інтенсивність випаровування рідини
7	Утворення пароповітряної хмари	- топографічні характеристики території; - інтенсивність випаровування; - площа випаровування; - швидкість вітру.	- концентрація пар у заданій крапці простору
8	Визначення максимальних розмірів вибухонебезпечних зон	- фізико-хімічні параметри парів ЛЗР; - площа розливу; - нижня концентраційна межа поширення полум'я.	- горизонтальний і вертикальний розмір вибухонебезпечних зон

Інші параметри (інтенсивність теплового випромінювання, розміри вибухонебезпечної зони) можуть бути використані для оцінки інших видів збитків (економічних, соціальних) або непрямих оцінок екологічних збитків.

7.2 Кількісна оцінка маси горючих речовин, що надходять у навколишній простір в результаті аварії

Масу горючих речовин, що надходять у навколишній простір в результаті аварії прийнято визначати згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою». Для розрахунку також можна використовувати методики, що наведені в першому питанні.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 масу горючих газів (ГГ) або парів легкозаймистих рідин (ЛЗР) та горючих рідин (ГР), що потрапляють в результаті розрахункової аварії до приміщення, визначають за формулами:

для горючих газів:

$$m = (V_a + V_T) \cdot \rho_r, \quad (7.1)$$

де V_a – об'єм газу, що вийшов з апарата, м³;

V_T – об'єм газу, що вийшов з трубопроводів, м³;

ρ_r – густина газу при розрахунковій температурі t_p , кг·м⁻³, що визначається за формулою:

де M – молярна маса, кг·кмоль⁻¹;

V_o – мольний об'єм, що дорівнює 22,413 м³·кмоль⁻¹;

t_p – розрахункова температура, °С;

$C_{ст}$ – стехіометрична концентрація ГГ або парів ЛЗР та ГР, % (об.), що визначається за формулою:

$$C_{ст} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot \beta}, \quad (7.2)$$

де $\beta = n_c + \frac{n_n - n_x}{4} - \frac{n_o}{2}$ – стехіометричний коефіцієнт кисню в реакції згоряння (при розрахунку β атоми азоту не враховуються);

n_c, n_n, n_o, n_x – число атомів С, Н, О та галогенів у молекулі ГГ або парів ГР;

для парів ЛЗР та ГР:

Масу парів рідини m , які потрапили до приміщення при наявності декількох джерел випаровування (поверхня розлитої рідини, поверхня зі свіжнанесеною рідиною, відкриті ємності тощо), визначають за формулою:

$$m = m_p + m_{\text{емн}} + m_{\text{св}} \quad (7.3)$$

де m_p — маса рідини, що випарувалася з поверхні розливу, кг;
 $m_{\text{емн}}$ — маса рідини, що випарувалася з поверхонь відкритих ємностей, кг;

$m_{\text{св}}$ — маса рідини, що випарувалася з поверхонь, на які була нанесена свіжа рідина, кг.

За цих умов кожна з складових у формулі визначають за формулою:

$$m = W \cdot F_g \cdot \tau, \quad (7.4)$$

де W – інтенсивність випаровування, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{м}^{-2}$;

F_g - площа випаровування, м^2 , площа випаровування, 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 м^2 , а інших рідин – на 1 м^2 підлоги приміщення; відбувається також 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;

τ - тривалість випаровування, с.

Маса рідини m_p , кг, що потрапила до приміщення, визначається, виходячи з наступних передумов:

а) відбувається розрахункова аварія одного з апаратів (найбільш несприятливий варіант);

б) увесь вміст апарата потрапляє до приміщення;

в) відбувається одночасно 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 у системі автоматики не забезпечується резервування її елементів;

300 с, у разі ручного відключення (перекривання).

г) відбувається випаровування з поверхні рідини, що розлилася; площа випаровування, 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 м², а інших рідин – на 1 м² підлоги приміщення;

д) відбувається також 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;

є) тривалість випаровування рідини приймається рівною з часом її повного випаровування, але не більше 3600 с.

Інтенсивність випаровування W визначають за довідниковими та експериментальними даними. Для ЛЗР, які не нагріті вище температури навколишнього середовища, у разі відсутності таких даних, допускається розраховувати W за формулою:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot (M)^{\frac{1}{2}} \cdot P_n \quad (7.5)$$

де η - коефіцієнт, який приймають за таблицею 3 залежно від швидкості повітряного потоку, що створюється аварійною вентиляцією, та температури повітряного потоку над поверхнею випаровування (у разі відсутності аварійної вентиляції η дорівнює 1);

M - молярна маса, г·моль⁻¹;

P_n - тиск насиченої пари за розрахунковою температурою рідини t_p , визначений за довідниковими даними відповідно до вимог пункту 5.4, кПа, або за формулою:

$$P_n = 0,133 \cdot 10^{A - \frac{B}{C_a + t_p}} \quad (7.6)$$

де A, B, C_a - константи Антуана (довідникові дані).

Коефіцієнт η , який приймають залежно від швидкості повітряного потоку, що створюється аварійною вентиляцією, наведений у табл. 7.3.

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнта η залежно від швидкості повітряного потоку та температури повітря у приміщенні

Швидкість повітряного потоку у приміщенні, м·с ⁻¹	Значення коефіцієнта η за температури повітря у приміщенні t , °C				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Висновок: Основними показниками, які будуть впливати на пожежовибухонебезпеку промислового об'єкта є кількість та властивості горючих речовин (ЛЗР, ГР, ГГ), що обертаються в технологічному процесі. Тому першочерговим завданням при розрахунку значень критеріїв небезпеки є визначення кількості небезпечних речовин, що беруть участь в аварії.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть, що собою представляє сценарій розвитку техногенної аварії.
2. Які параметри обумовлюють негативний вплив уражальних факторів надзвичайних ситуацій?
3. Які вихідні дані використовується для методики оцінки наслідків аварійних вибухів паливо повітряних сумішей сумішей?
4. Наведіть формулу для визначення інтенсивності випаровування парів легкозаймистих рідин у рухомий простір.
5. Визначте основні показники, які впливають на пожежовибухонебезпеку промислового об'єкту.

Рекомендована література

1. НАПБ А.01.001.2014. Правила пожежної безпеки в Україні.
2. НПАОП 0.00-1.41-88. Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв.
3. Стоєцький В.Ф., Дранішніков Л.В., Жартовський В.М., Найверт А.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Астон, 2006. – 424 с.

ЛЕКЦІЯ 8. ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ БЛОКІВ

ПЛАН

8.1. Призначення методики оцінки рівня енергетичного потенціалу технологічного блоку. Умовні позначення та скорочення.

8.2. Визначення значень енергетичних показників вибухонебезпечності технологічного блоку

8.1 Призначення методики оцінки рівня енергетичного потенціалу технологічного блоку.

Умовні позначення та скорочення

Розробка технологічного процесу, поділ технологічної схеми на окремі технологічні блоки, її апаратне оформлення, вибір типу пристроїв, що відключають, і місць їхньої установки, засобів контролю, керування й протиаварійного захисту при обґрунтованій технологічній доцільності повинні забезпечувати мінімальний рівень вибухонебезпечності технологічних блоків, що входять у технологічну систему.

Вибухонебезпечність технологічного блоку визначається його категорією, що залежить від його енергетичного потенціалу. Оцінка рівня енергетичного потенціалу кожного технологічного блоку здійснюється у відповідності із загальними принципами кількісної оцінки вибухонебезпечності технологічних блоків. Дана методика призначена для застосування:

а) при проектуванні, будівництві, експлуатації, розширенні, реконструкції, технічному переозброєнні, консервації й ліквідації небезпечних виробничих об'єктів:

- нафто- і газопереробної, хімічної й нафтохімічної промисловості та інших виробництв, пов'язаних з обертанням і зберіганням токсичних речовин і речовин-окисників, а також речовин, здатних утворювати паро-, газо- і пилоповітряні вибухопожежонебезпечні суміші;

- нафтопродуктозабезпечення;

- одержання, зберігання (зливу-наливу) і застосування вибухонебезпечних речовин, включаючи водень, аміак, зріджені вуглеводневі гази й легкозаймисті рідини;

б) при виготовленні, монтажі, налагодженні, обслуговуванні й ремонті технічних пристроїв, що застосовуються на зазначених в пункті «а» об'єктах;

в) при проектуванні, експлуатації, консервації та ліквідації будівель і споруд на небезпечних виробничих об'єктах, зазначених у пункті «а»;

г) при проведенні експертизи промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів, зазначених у пункті «а».

Дана методика розрахунку використовується для вибору основних напрямків технічних заходів для захисту об'єктів і персоналу від впливу вибуху пароповітряних середовищ, а також твердих та рідких хімічно нестабільних сполук, що здатні вибухати.

Для кількісної оцінки вибухонебезпечності технологічних блоків необхідно знати і вміти використовувати спеціальні методики. У зв'язку з цим все більше зростає значення підготовки спеціалістів з вищою освітою, що здатні грамотно та вміло організовувати роботу по забезпеченню безпеки промислового об'єкту.

Прийняті скорочення

ПГФ – парогазова фаза;
РФ – рідка фаза;
АРБ – аварійна розгерметизація блоку.

Позначення

Позначення параметра-символу одним штрихом відповідає парогазовим станам середовища, двома штрихами – рідким середовищам, наприклад G' і G'' – відповідно маса ПГФ і РФ.

- E – загальний енергетичний потенціал вибухонебезпечності (повна енергія згоряння ПГФ, що надійшла в навколишнє середовище при АРБ);
- E_p – повна енергія, що виділяється при згорянні маси РФ, яка не випарувалася при АРБ;
- E'_i – енергія згоряння при АРБ ПГФ, наявною безпосередньо в блоці й тією, що поступає в нього від суміжних апаратів і трубопроводів;
- E''_i – енергія згоряння ПГФ, що утвориться при АРБ із РФ, наявною в блоці й тією, що поступає в нього від суміжних апаратів і трубопроводів;
- A, A_i – енергія стислої ПГФ, що втримується безпосередньо в блоці й надходить від суміжних блоків, розглянута як робота її адіабатичного розширення при АРБ;
- V', V'' – відповідно геометричні об'єми ПГФ і РФ у системі, блоці;
- V'_0 – об'єм ПГФ, приведений до нормальних умов ($T_0 = 293 \text{ K}$, $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$);
- P, P_0 – відповідно регламентований абсолютний та атмосферний (0,1 МПа) тиск у блоці;
- v'_i – питомий об'єм ПГФ (у реальних умовах);
- G'_1 , G''_1 – маса ПГФ і РФ, наявних безпосередньо в блоці і які поступають до нього при АРБ від суміжних об'єктів;
- G''_2 – маса РФ, що випарувалася за рахунок енергії перегріву й надійшла в навколишнє середовище при АРБ;

- q' , – питома теплота згоряння відповідно ПГФ і РФ;
 q''
 q_{Pi} – сумарний тепловий ефект хімічної реакції;
 T – абсолютна температура середовища: ПГФ або РФ;
 T_0 , – абсолютна нормальна й регламентована температури ПГФ або РФ
 T_1 блоку, К ($T_0 = 293$ К);
 t, t_0 – регламентована й нормальна температури ПГФ і РФ блоку ($t_0 = 20$ °С);
 T'_k , – температура кипіння горючої рідини (К або °С);
 t''_k
 w'_i , – швидкість витікання ПГФ і РФ у розглянутий блок із суміжних
 w''_i блоків;
 S_i – площа перерізу, через яке можливе витікання ПГФ або РФ при АРБ;
 Π_{Pi} – швидкість теплопритоку до ГР (горючої рідини) за рахунок сумарного теплового ефекту екзотермічної реакції;
 Π_{Ti} – швидкість теплопритоку до РФ від зовнішніх теплоносіїв;
 K – коефіцієнт теплопередачі від теплоносія до горючої рідини;
 F – площа поверхні теплообміну;
 Δt – різниця температур теплоносіїв у процесі теплопередачі (через стінку);
 g – питома теплота паротворення горючої рідини;
 c'' – питома теплоємність рідкої фази;
 β_1 , – безрозмірні коефіцієнти, що враховують тиск (P) і показник адіа-
 β_2 бати (k) ПГФ блоку;
 μ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує гідродинаміку потоку;
 ρ, ρ_i – густина ПГФ або РФ при нормальних умовах ($P = 0,1$ МПа та $t_0 = 20$ °С) у середньому по блоку та по i-им поступаючим у нього при АРБ потокам;
 τ_i – час із моменту АРБ до повного спрацьовування арматури, що відключає аварійний блок;
 τ_{Pi} – час із моменту АРБ до повного припинення екзотермічних процесів;
 τ_{Ti} – час із моменту АРБ до повного припинення подачі теплоносія до аварійного блоку (припинення теплообмінного процесу);
 θ_k – різниця температур РФ при регламентованому режимі і її кипінні при атмосферному тиску;
 G''_4 – маса РФ, що випарувалася за рахунок теплопритоку від твердої поверхні (підлоги, піддона, обвалування й т.п.);
 G''_5 – маса РФ, що випарувалася за рахунок теплопередачі від навколишнього повітря до пролитої рідини (по дзеркалу випару);
 G''_{Σ} – сумарна маса РФ, що випарувалася за рахунок теплопритоку з навколишнього середовища;

- $F_{ж}$ – площа поверхні дзеркала рідини;
 $F_{п}$ – площа контакту рідини із твердою поверхнею розливу (площа теплообміну між пролитою рідиною й твердою поверхнею);
 ϵ – коефіцієнт теплової активності поверхні (піддона);
 λ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу твердої поверхні (підлоги, піддона, землі й т.п.);
 $c_{т}$ – питома теплоємність матеріалу твердої поверхні;
 $\rho_{т}$ – густина матеріалу твердої поверхні;
 $m_{в}$ – інтенсивність випаровування;
 M – молекулярна маса;
 R – газова стала ПГФ;
 η – безрозмірний коефіцієнт;
 $P_{н}$ – тиск насиченої пари при розрахунковій температурі;
 $\tau_{в}$ – час контакту рідини з поверхнею розливу, що приймається до розрахунку.

8.2 Визначення значень енергетичних показників вибухонебезпечності технологічного блоку

1. Енергетичний потенціал вибухонебезпечності E (кДж) блоку визначається повною енергією згоряння парогазової фази, що перебуває в блоці, з урахуванням величини роботи її адіабатичного розширення, а також величини енергії повного згоряння рідини, що випарувалася, з максимально можливої площі її розливу, при цьому вважається:

- 1) при аварійній розгерметизації апарата відбувається його повне розкриття (руйнування);
- 2) площа розливу рідини визначається виходячи з конструктивних рішень будинків або площадки зовнішньої установки;
- 3) час випаровування приймається не більше 1 год:

$$E = E'_1 + E'_2 + E''_1 + E''_2 + E''_3 + E''_4 . \quad (8.1)$$

1.1. E'_1 — сума енергій адіабатичного розширення A (кДж) і згоряння ПГФ, що перебуває в блоці, кДж:

$$E'_1 = G'_1 q' + A$$

$$A = \frac{1}{k-1} P V' \left[1 - \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{k-1}{k}} \right] \quad (8.2)$$

Для практичного визначення енергії адіабатичного розширення ПГФ можна скористатися формулою:

$$A = \beta_1 PV' ; \quad (8.3)$$

де β_1 – може бути прийняте по табл. 1.

Таблиця 8.1 – Значення коефіцієнта β_1 залежно від показника адиабати середовища й тиску в технологічному блоці

Показник адиабати	Тиск у системі, МПа									
	0,07-0,5	0,5-1,0	1,0-5,0	5,0-10,0	10,0-20,0	20,0-30,0	30,0-40,0	40,0-50,0	50,0-75,0	75,0-100,0
k = 1,1	1,60	1,95	2,95	3,38	3,08	4,02	4,16	4,28	4,46	4,63
k = 1,2	1,40	1,53	2,13	2,68	2,94	3,07	3,16	3,23	3,36	3,42
k = 1,3	1,21	1,42	1,97	2,18	2,36	2,44	2,50	2,54	2,62	2,65
k = 1,4	1,08	1,24	1,68	1,83	1,95	2,00	2,05	2,08	2,12	2,15

$$G_i = V_0 \rho'_i ; \quad (8.4)$$

де

$$V_0 = \frac{PV}{P_0 T_1} T ; \quad (8.5)$$

$$T = T_1 \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{k-1}{k}} ; \quad (8.6)$$

$$\rho'_0 = \rho \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{1}{k}} . \quad (8.7).$$

При надлишкових значеннях $P < 0,07$ МПа та $PV' < 0,02$ МПа·м³ енергію адиабатичного розширення ПГФ (А) виходячи з малих її значень для розрахунку можна не приймати.

Для багатоконпонентних середовищ значення маси й об'єму визначаються з урахуванням процентного вмісту й фізичних властивостей складових цієї продуктів суміші або по одному компонентові, що становить найбільшу частку в ній.

1.2. E_2 — енергія згоряння ПГФ, що надійшла до розгерметизованої ділянки від суміжних об'єктів (блоків), кДж:

$$E_2 = \sum_{i=1}^n G_i \dot{q}_i . \quad (8.8)$$

Для і - того потоку

$$G_i = \rho'_i V_i S_i \tau_i , \quad (8.9)$$

де $w_i = \sqrt{\frac{2k_i V_i'}{k+1}}$, при надлишковому $P \leq 0,07$, МПа

$$w_i = \sqrt{\frac{2k_i V_i'}{k+1} \left[1 - \left(\frac{P}{P_i} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (8.10)$$

1.3. E_1'' — енергія згоряння ПГФ, що утвориться за рахунок енергії перегрітої РФ розглянутого блоку й, що надійшла від суміжних об'єктів за час τ_i , кДж:

$$E_1'' = G_1'' [1 - \exp(-c_1'' \theta_k / r)] q' + \sum_{i=1}^n G_1'' [1 - \exp(-c_1'' \theta_{ki} / r_i)] q_i'' \quad (8.11)$$

Кількість РФ, що надійшла від суміжних блоків,

$$G_1'' = \rho_i'' w_i'' S_i \tau_i \quad (8.12)$$

де $w_i'' = \mu \sqrt{\frac{2\Delta P}{\rho_i''}}$,

μ — залежно від реальних властивостей РФ і гідравлічних умов приймається в межах 0,4-0,8;

ΔP — надлишковий тиск витікання РФ.

Примітка. При розрахунках швидкостей витікання ПГФ і РФ із суміжних систем до аварійного блоку можна використовувати й інші розрахункові формули, що враховують фактичні умови діючого виробництва, у тому числі гідравлічний опір систем, з яких можливе витікання.

1.4. E_2'' — енергія згоряння ПГФ, що утвориться із РФ за рахунок тепла екзотермічних реакцій, що не припиняються при розгерметизації, кДж:

$$E_2'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^n \Pi_{P_i} \tau_{P_i} \quad (8.13)$$

де τ_{P_i} — приймається для кожного випадку, виходячи з конкретних регламентованих умов проведення процесу й часу спрацьовування відсічних арматур і засобів ПАЗ, с.

1.5. E_3'' – енергія згоряння ПГФ, що утвориться із РФ за рахунок теплопритоку від зовнішніх теплоносіїв, кДж:

$$E_3'' = \frac{q'}{r} \sum_{i=1}^n \Pi_{Ti} \tau_{Ti}. \quad (8.14)$$

Значення Π_{Ti} (кДж/с) може визначатися з урахуванням конкретного теплообмінного обладнання й основних закономірностей процесів теплообміну ($\Pi_{Ti} = K_i F_i \Delta t_i$) по різниці теплоємності теплоносія на вході в теплообмінний елемент (апарат) і виході з нього:

$$\Pi_{Ti} = W_{Ti} c_i (t_2' - t_1') \text{ або } \Pi_{Ti} = W_{Ti} \Gamma_{Ti} \quad (8.15)$$

де W_{Ti} – секундна витрата теплоносія, що гріє;

Γ_{Ti} – питома теплота паротворення теплоносія, а також іншими існуючими способами.

1.6. E_4'' – енергія згоряння ПГФ, що утвориться із пролітої на тверду поверхню (підлога, піддон, ґрунт і т.п.) РФ за рахунок тепловіддачі від навколишнього середовища (від твердої поверхні й повітря до рідини по її поверхні), кДж:

$$E_4'' = G_{\Sigma}'' q', \quad (8.16)$$

де

$$G_{\Sigma}'' = G_4'' + G_5''. \quad (8.17)$$

$$G_4'' = 2 \frac{T_0 - T_k}{r} \frac{\varepsilon}{\sqrt{\pi}} \frac{F_{\Pi}}{F_{\text{ж}}} F_{\Pi} \sqrt{\tau}, \quad (8.18)$$

де T_0 – температура твердої поверхні (підлоги, піддона, ґрунту й т.п.), К;

$$\pi = 3,14; \quad (8.19)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\lambda \rho_{\text{в}} c_{\text{в}}}; \quad (8.20)$$

$$G_5'' = m_{\text{и}} F_{\text{ж}} \tau_{\text{и}}; \quad (8.21)$$

$$m_{\text{и}} = 10^{-6} \eta P_{\text{и}} \sqrt{M}, \quad (8.22)$$

$$\text{де } P_i = P_0 \exp \left[\frac{r}{R} \left(\frac{1}{T_{\text{е}}} - \frac{1}{T} \right) \right]. \quad (8.23)$$

Значення безрозмірного коефіцієнта η , що враховує вплив швидкості й температури повітряного потоку над поверхнею (дзеркало випаровування) рідини, приймається по табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнта η

Швидкість повітряного потоку над дзеркалом випаровування, м/с	Значення коефіцієнта η при температурі повітря в приміщенні $t_{o.c}$, °C				
	10	15	20	30	35
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

Орієнтовно значення G_{Σ}'' може визначатися за табл. 8.3

Таблиця 8.3 – Залежність маси ПГФ пролітої рідини від температури її кипіння при $\tau = 180$ с.

Значення температури кипіння рідкої фази t_k , °C	Маса парогазової фази G_{Σ} , кг (при $F_{\Pi} = 50$ м ²)
Вище 60	<10
Від 60 до 40	10-40
Від 40 до 25	40-85
Від 25 до 10	85-135
Від 10 до -5	135-185
Від -5 до -20	185-235
Від -20 до -35	235-285
Від -35 до -55	285-350
Від -55 до -80	350-425
Нижче -80	>425

Для конкретних умов, коли площа твердої поверхні розливу рідини виявиться більше або менше 50 м² ($F_{\Pi} \neq 50$), здійснюється перерахування маси рідини, що випарувалася, по формулі

$$G_{\Sigma}'' = G_{\Sigma} \frac{F_{\Pi}}{50} \cdot \frac{\tau}{180} \quad (8.24)$$

2. За значеннями загальних енергетичних потенціалів вибухонебезпечності E визначаються величини наведеної маси й відносного енергетичного потенціалу, що характеризують вибухонебезпечність технологічних блоків.

2.1. Загальна маса горючих парів (газів) вибухонебезпечної парогазової хмари m , приведена до єдиної питомої енергії згоряння, що дорівнює 46 000 кДж/кг:

$$m = \frac{E}{4,6 \cdot 10^4} \quad (8.25)$$

2.2. Відносний енергетичний потенціал вибухонебезпечності Q_v технологічного блоку знаходиться розрахунковим методом за формулою:

$$Q_v = \frac{1}{16,534} \sqrt[3]{E}. \quad (8.26)$$

За значеннями відносних енергетичних потенціалів Q_v і наведеної маси парогазового середовища m здійснюється категорювання технологічних блоків.

Показники категорій наведені в табл. 8.4.

Таблиця 8.4 – Показники категорій вибухонебезпечності технологічних блоків

Категорія вибухонебезпечності	Q_v	m , кг
I	> 37	> 5000
II	27 - 37	2000 - 5000
III	< 27	< 2000

3. З урахуванням викладених основних принципів можуть розроблятися методики розрахунків і оцінки рівнів вибухонебезпечності блоків для типових технологічних ліній або окремих процесів.

Висновок: В даній лекції розглянуто загальні принципи кількісної оцінки вибухонебезпеки технологічних блоків, що необхідна. Дана методика розрахунку використовується для вибору основних напрямків технічних заходів для захисту об'єктів і персоналу від впливу вибуху пароповітряних середовищ, а також твердих та рідких хімічно нестабільних сполук, що здатні вибухати.

Питання для самоконтролю

1. Охарактеризуйте призначення методики оцінки рівня енергетичного потенціалу технологічного блоку.
2. Чим визначається вибухонебезпечність технологічного блоку?
3. Наведіть основне призначення методики оцінки рівня енергетичного потенціалу технологічного блоку.
4. Як визначається енергетичний потенціал вибухонебезпечності E (кДж) блоку?
5. Наведіть формулу визначення загальної маси горючих парів (газів) вибухонебезпечної парогазової хмари.

6. Наведіть формулу визначення відносного енергетичного потенціалу вибухонебезпечності Q_v технологічного блоку.

7. Охарактеризуйте основні показники категорій вибухонебезпечності технологічних блоків.

Рекомендована література

1. НПАОП 0.00-1.41-88 Загальні правила вибухобезпеки для вибухопожежонебезпечних хімічних, нафтохімічних і нафтопереробних виробництв.

2. Стоєцький В.Ф., Дранішніков Л.В., Жартовський В.М., Найверт А.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Астон, 2006. – 424 с.

ЛЕКЦІЯ 9. ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ ВИЛИВУ (ВИКИДУ) НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ПІД ЧАС АВАРІЙ НА ХІМІЧНОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ І ТРАНСПОРТІ

ПЛАН

- 9.1 Загальні положення методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій.
- 9.2 Оцінка та прогнозування наслідків аварій
- 9.3 Порядок проведення довгострокового та аварійного прогнозування
- 9.4 Класифікація АТО та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної безпеки
- 9.5 Оформлення табло чергового диспетчера хімічно небезпечного об'єкта

9.1 Загальні положення методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій

Методика [1] розроблена з метою вдосконалення порядку оцінки хімічної обстановки шляхом прогнозування масштабів забруднення в разі виникнення аварії з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин (НХР) із технологічних ємностей на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО), автомобільному, річковому, залізничному та трубопровідному транспорті.

Методика призначена для використання органами управління та силами цивільного захисту єдиної державної системи цивільного захисту, які організують, здійснюють та забезпечують заходи із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації аварій, пов'язаних з виливом (викидом) НХР, та їх наслідків.

Методика дає змогу здійснити довгострокову (оперативну) та аварійну оцінку обстановки в разі виникнення аварій, пов'язаних з виливом (викидом) НХР із технологічних ємностей на ХНО, автомобільному, річковому, залізничному (під час перебування в нерухомому стані) та трубопровідному транспорті. Цю Методику може бути використано для проведення розрахунків у разі виникнення аварії на морському транспорті, якщо хмара НХР може дістатись берегової смуги.

Методика поширюється на НХР, які в разі виникнення аварії переходять у навколишнє середовище в газоподібному, пароподібному та аерозольному агрегатних станах із утворенням первинної та/або вторинної хмари, та не поширюється на НХР, які не переходять у газоподібний, пароподібний або аерозольний стани.

Основні терміни:

- вторинна хмара небезпечних хімічних речовин - хмара НХР, яка утворюється внаслідок випаровування розлитої НХР з поверхні;

- гранично допустима концентрація небезпечної хімічної речовини (ГДК) – максимальна кількість НХР у повітрі, що вимірюється в одиниці об'єму або маси, яка в разі постійного контакту з людиною або впливу на неї за визначений проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини та не викликає несприятливих наслідків;

- закритий рельєф місцевості - великі міста, гори, ліси віком 30 років та більше;

- зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) - територія або акваторія, у межах якої вразі зміни напрямку вітру можливе переміщення хмари НХР з концентрацією, небезпечною для життя людини;

- зона хімічного забруднення (ЗХЗ) - територія або акваторія, у межі якої потрапили НХР у концентраціях або кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому природному середовищу. ЗХЗ є сукупністю забруднених площ району аварії та площ, утворених первинною та/або вторинною хмарою НХР;

- ізотермія - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту дорівнює температурі повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Зазвичай спостерігається в хмарну погоду і за снігового покриву;

- інверсія - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно за годину до заходу сонця та зникає впродовж години після сходу сонця;

- конвекція - ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, за якого температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні. Виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно через 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2-2,5 години до заходу сонця;

- небезпечна хімічна речовина (НХР) - хімічна речовина, безпосередня або опосередкована дія якої на людину може спричинити загибель, гостре або хронічне захворювання людей, завдання шкоди навколишньому середовищу;

- первинна хмара небезпечних хімічних речовин - хмара НХР, яка утворюється внаслідок миттєвого (1-2 хв) переходу в атмосферу всього об'єму ємності з НХР або її частини;

- порогова токсодоза Pct50 - найменша інгаляційна токсодоза НХР, що викликає в людини, яка не забезпечена засобами захисту органів дихання, початкові симптоми ураження;

- прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) - розрахункова зона в межах зони можливого хімічного забруднення;

- прогнозування - завчасне визначення ймовірності виникнення і динаміки розвитку надзвичайних ситуацій на підставі аналізу можливих причин їх виникнення, які зумовлені дією джерел надзвичайних ситуацій у минулому і на тепер, та оцінювання можливих наслідків;
- руйнування хімічно небезпечного об'єкта - стан хімічно небезпечного об'єкта, за якого внаслідок катастрофи або стихійного лиха відбулася повна розгерметизація всіх ємностей і руйнування технологічних комунікацій;
- хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця - адміністративно-територіальна одиниця (АТО), до якої зараховуються область, район, а також будь-які населені пункти, що потрапляють у зону можливого хімічного забруднення в разі виникнення аварії на хімічно небезпечному об'єкті;
- хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) - об'єкт, на якому використовують, переробляють, зберігають або транспортують НХР, 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.

Інші терміни та визначення вживаються в значеннях, викладених у Кодексі цивільного захисту України, ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять», ДСТУ 7295:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг. Терміни та визначення основних понять», ДСТУ 3891:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни та визначення основних понять» та ДСТУ EN 132:2004 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Терміни і піктограми».

9.2 Оцінка та прогнозування наслідків аварій

Оцінка хімічної обстановки передбачає визначення: масштабів хімічного забруднення; ступеня небезпеки хімічного забруднення; тривалості хімічного забруднення.

Основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є: радіус R_A (км) та площа S_A (км²) району аварії;

глибина Γ_1 (км) та площа S_1 (км²) поширення первинної хмари НХР; глибина Γ_2 (км) та площа S_2 (км²) поширення вторинної хмари НХР.

Радіус району аварії R_A (радіус кола, що визначає зовнішні кордони району аварії) залежить від виду НХР й умов її зберігання (використання). Під час проведення розрахунків значення R_A приймається:

для зріджених газів та рідких НХР з низькою температурою кипіння, що зберігаються в технологічних ємностях об'ємом до 100 т,- 0,5 км, в інших випадках - 1 км;

для рідких НХР з високою температурою кипіння в разі руй-

нування технологічних ємностей об'ємом до 100 т - 0,2-0,3 км, в інших випадках - 0,5 км.

У разі виникнення пожежі радіус району аварії необхідно збільшувати в 1,5-2 рази, що обумовлено можливістю викиду більшої кількості НХР, а також розкидання НХР внаслідок вибуху.

Значення глибини поширення первинної хмари для деяких НХР Γ_{T1} (км), наведені в додатку 1 до Методики (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації, значення порогової токсодози PC_{50} та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

Загалом глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою

$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \times K_{t1} \times K_K \times K_M, \quad (1)$$

де Γ_{T1} - табличне значення глибини поширення первинної хмари (км);

K_{t1} - поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР. Значення поправного коефіцієнта K_{t1} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР, наведені в додатку 2 до Методики;

K_K - коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, наведені в додатку 1 до Методики. Для його визначення розраховується співвідношення заданої маси НХР Q_3 (т) до найближчого значення типової маси НХР Q_T (т). Значення коефіцієнта пропорційності K_K залежить від величини співвідношення Q_3 / Q_T та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі. Ступені вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведено в додатку 3 до Методики. Значення коефіцієнта пропорційності K_K залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведені в додатку 4 до Методики;

K_M - коефіцієнт впливу місцевості. Значення коефіцієнта K_M визначається із урахуванням комплексного показника K_p . Значення коефіцієнта впливу місцевості K_M наведені в додатку 5 до Методики. Значення комплексного показника K_p наведені в додатку 6 до Методики.

Під час розрахунків слід ураховувати, що якщо напрямок руху хмари НХР збігається з напрямком міських транспортних магістралей, то глибина поширення хмари НХР визначається як для степової місце-

вості, а якщо напрямок вітру не збігається з напрямком міських транспортних магістралей або за відсутності останніх (у населених пунктах із безсистемною забудовою), то глибина поширення хмари НХР визначається за даними для лісистій місцевості змішаного типу, зазначеними в додатку 6 до Методики.

Для НХР, дані про які відсутні в додатку 1 до Методики, глибина поширення первинної хмари НХР на рівнинній місцевості Γ_{1p} (км) визначається за формулою

$$\Gamma_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^a, \quad (2)$$

де Q_1 - кількість НХР, що переходить у первинну хмару (т);

u_1 - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);

PC_{t50} - значення порогової токсодози ($\text{г} \times \text{с}/\text{м}^2$). Фізико-хімічні властивості деяких НХР зазначені в додатку 7 до Методики або визначаються за формулою (5);

а та b_1 - коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon), \quad (3)$$

$$b_1 = 15,4 \times \exp(6,96 \times \varepsilon), \quad (4)$$

де ε - параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює: для ізотермії - 0; для конвекції - мінус 0,1 - мінус 0,2; для інверсії - 0,1 - 0,2.

Чисельні значення порогової токсодози PC_{t50} визначаються за формулою

$$PC_{t50} = 14,4 \times \text{ГДК} \times K, \quad (5)$$

де ГДК - гранично допустима концентрація речовини в повітрі ($\text{мг}/\text{м}^3$). Довідкова інформація про деякі НХР наведена в додатку 8 до цієї Методики, за потреби для визначення ГДК окремих НХР можна використовувати науково-технічну та довідкову літературу, відповідні національні та міжнародні стандарти тощо;

K - поправний коефіцієнт: для НХР дратівливої дії дорівнює 5, для НХР отруйної дії - 9. Розрахунок за формулою (2) проводиться для оцінки глибини поширення первинної хмари НХР у приземному шарі атмосфери на відстані до 15-20 км у разі аварійних викидів від однієї ємності або групи ємностей, близько розташованих одна від одної.

Залежно від агрегатного стану НХР визначається можливість утворення первинної/ вторинної хмари.

У разі утворення лише первинної хмари кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), дорівнює загальній кількості НХР Q (кг).

Якщо можливе утворення вторинної хмари, кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times c_u \times (t_a - t_k)}{\lambda}, \quad (6)$$

де Q - загальна кількість НХР у ємності (кг);

c_u - питома теплоємність рідини (кДж/кг \times $^{\circ}$ С);

t_a - температура НХР у рідкому стані до руйнування ємності ($^{\circ}$ С);

t_k - температура кипіння НХР ($^{\circ}$ С);

λ - питома теплота випаровування (кДж/кг).

Вплив типу місцевості на значення глибини поширення первинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_{1p} на коефіцієнт впливу місцевості K_M .

Тоді глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 (км) з урахуванням типу місцевості визначається за формулою

$$\Gamma_1 = \Gamma_{1p} \times K_M. \quad (7)$$

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_{T2} (км), наведені в додатку 9 до Методики (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації, значення порогової токсодози PC_{t50} та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

Глибина поширення розрахована для середніх умов, у разі глибокої інверсії глибина поширення збільшується в 1,5-2 рази.

З урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинну хмару, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_2 (км) визначається за формулою

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T2} \times K_{t2} \times K_K \times K_M, \quad (8)$$

де Γ_{T2} - табличне значення глибини поширення вторинної хмари;

K_{t2} - поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повіт-

ря. Значення поправного коефіцієнта K_{t2} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР, наведені в додатку 10 до Методики;

K_K - коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, зазначені в додатку 9 до Методики.

Визначення коефіцієнта K_K здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР;

K_M - коефіцієнт впливу місцевості. Визначення коефіцієнта K_M здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Для НХР, дані про які відсутні в додатку 9 до Методики, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_{2p} (км) на рівнинній місцевості визначається за формулою

$$\Gamma_{2p} = b_2 \tau^{-0.5} \times \left(\frac{Q_2(\tau)}{u_1 \times PC_{t50}(\tau)} \right)^a, \quad (9)$$

де $Q_2(\tau)$ - кількість НХР (τ), що випарувалася за час τ ;
 u_1 - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);

PC_{t50} - значення порогової токсодози ($г\ c/м^3$). Фізико-хімічні властивості деяких НХР наведені в додатку 7 до Методики або визначаються за формулою (5);

τ - час (год), за який визначається глибина поширення вторинної хмари НХР. У разі оцінювання максимальної глибини поширення вторинної хмари НХР:

$\tau = \tau_{\text{вип}}$, якщо $\tau_{\text{вип}} \leq 24$ год,

$\tau = 24$ год, якщо $\tau_{\text{вип}} > 24$ год,

де $\tau_{\text{вип}}$ - час випаровування НХР з поверхні площі виливу (год);

а та b_2 - розмірні коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря: коефіцієнт a визначається за формулою (3);

$$b_2 = 16,84 \times \exp(6,87 \times \epsilon), \quad (10)$$

де ϵ - параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює: для ізотермії - 0; для конвекції - мінус 0,1 - мінус 0,2; для інверсії - 0,1 - 0,2.

Кількість НХР, що перейшла у вторинну хмару Q_2 (кг), визначається за формулою

$$Q_2 = Q - Q_1. \quad (11)$$

Час випаровування НХР τ (год) з площі поверхні виливу визначається за формулою

$$\tau = \frac{Q_2}{3600 \times E \times S_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

де E - питома швидкість випаровування ($\text{кг}/\text{м}^2 \times \text{с}$), та визначається за формулою (17);

$S_{\text{пр}}$ - площа поверхні виливу НХР (м^2).

Площа поверхні виливу визначається за формулою

$$S_{\text{пр}} = \frac{\pi \times d_{\text{пр}}^2}{4}, \quad (13)$$

де $d_{\text{пр}}$ - приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м).

Приведений діаметр площі поверхні виливу НХР $d_{\text{пр}}$ (м) визначається за формулою за наявності піддона (обвалування):

$$d_{\text{пр}} = 1,22 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}; \quad (14)$$

за відсутності піддона (обвалування):

$$d_{\text{пр}} = 5,04 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}, \quad (15)$$

де 1,22 та 5,04 - розмірні коефіцієнти (м - 0,5);

Q - кількість НХР у ємності (кг);

Q^1 - кількість НХР, що перейшла в первинну хмару (кг), визначається за формулою (6);

ρ - густина НХР ($\text{кг}/\text{м}^3$).

У формулі (14) висота піддона (обвалування) дорівнює 1 м у разі його заповнення на 85 %. Для ємностей об'ємом більше 2000 т висота піддона (обвалування) може бути більшою. У цьому разі приведений діаметр площі поверхні виливу НХР для ємностей об'ємом більше 2000 т за наявності піддона (обвалування) визначається за формулою

$$d_{\text{пр}} = \frac{1,22}{\sqrt{H}} \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}, \quad (16)$$

де H - висота піддона (обвалування) (м).

Питома швидкість випаровування E (кг/м²×с) визначається за формулою

$$E = 0,041 \times \frac{u_1 \times M}{d_{\text{пр}}^{0,14} \times T_v} \exp \left[\frac{\lambda \times M}{R} \times \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_v} \right) \right], \quad (17)$$

де u_1 - швидкість повітря на висоті 1-10 м (м/с);

M - молекулярна маса НХР (г/моль);

$d_{\text{пр}}$ - приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м);

T_k - температура кипіння НХР (К);

T_v - температура випаровування НХР (К);

λ - питома теплота випаровування (кДж/кг);

R - універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 кДж/кмоль × К.

Вплив місцевості на значення глибини поширення вторинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_2 на коефіцієнт впливу місцевості K_M , що визначається так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Площа первинної (вторинної) хмари НХР $S_{1(2)}$ (км²) визначається за формулою

$$S_{1(2)} = \frac{(\Gamma_{1(2)} + R_A)^2 \times \phi}{60}, \quad (18)$$

де $\Gamma_{1(2)}$ - глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км);

R_A - радіус району аварії (км);

ϕ - половина кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю P_Γ . Значення кута ϕ (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності P_Γ наведені в додатку 11 до Методики. Зображення кута сектора наведено на Схемі поширення первинної та вторинної хмари НХР (рис. 1 додатка 12 до Методики).

Довірча ймовірність P_Γ визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $P_\Gamma = 0,9$;
- у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних про об'єкт в умовах викиду (випливу) НХР $P_\Gamma = 0,5$;
- у разі наявності не всіх вихідних даних $P_\Gamma = 0,75$.

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{\text{ПЗХЗ}}$ (км²) визначається залежно від значень радіусу аварії R_A , глибини поширення $\Gamma_{1(2)}$ первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектору поши-

рення цих хмар $\phi_1(2)$.

Якщо $\Gamma_1 < \Gamma_2$:

$$\text{за умов } \phi_1 < \phi_2 \quad S_{\text{ПЗХЗ}} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} \right), \quad (19)$$

$$\text{за умов } \phi_2 < \phi_1 \quad S_{\text{ПЗХЗ}} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} + \frac{(\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2) \times \phi_2}{180} \right). \quad (20)$$

Якщо $\Gamma_2 < \Gamma_1$:

$$\text{за умов } \phi_1 < \phi_2 \quad S_{\text{ПЗХЗ}} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \phi_2}{180} + \frac{(\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2) \times \phi_1}{180} \right), \quad (21)$$

$$\text{за умов } \phi_2 < \phi_1 \quad S_{\text{ПЗХЗ}} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \phi_1}{180} \right). \quad (22)$$

Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Відповідно кількість уражених B (осіб) визначається за формулами

$$B = L \times (1 - K_3), \quad (23)$$

$$\text{або } B = \Delta \times S_{\text{об.}} \times (1 - K_3), \quad (24)$$

де L - кількість виробничого персоналу (населення) в осередку ураження (осіб);

K_3 - коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР. Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу K_3 від дії НХР (по хлору) зазначено в додатку 13 до Методики. Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення K_3 від дії НХР зазначено в додатку 14 до Методики;

Δ - середня щільність розміщення виробничого персоналу (населення) на території об'єкта (населеного пункту) (осіб/км²);

$S_{об.}$ - площа території об'єкта (населеного пункту), що зазнала ураження ($км^2$).

Значення коефіцієнта захищеності K_3 залежить від місця перебування виробничого персоналу (населення) у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта (населеного пункту) та захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Коефіцієнт захищеності K_3 виробничого персоналу (населення) визначається за формулою

$$K_3 = q_1 K_{з1} + q_2 K_{з2} + q_3 K_{з3} + q_4 K_{з4} + \dots + q_i K_{зи}, \quad (25)$$

де $q_{(1,2,3,\dots)}$ - частка виробничого персоналу (населення), що знаходиться в умовах перебування 1, 2, 3, ... і, наприклад,

де 1 - виробничий персонал (населення), що знаходиться на відкритій місцевості;

2 - виробничий персонал (населення), який забезпечено протигазами;

3 - виробничий персонал (населення), що знаходиться в укриттях;

4 - виробничий персонал, що знаходиться у виробничих будівлях тощо.

Під час розрахунку враховуються лише ті показники, що мають місце, а за потреби додаються додаткові.

Для визначення кількості уражених від первинної хмари НХР використовується значення коефіцієнта захищеності на час перебування в осередку ураження 15 та 30 хв, наведені в додатку 14 до Методики.

Тривалість хімічного забруднення характеризується тривалістю уражальної дії НХР та залежить від часу її випаровування з площі виливу та визначення часу підходу хмари НХР до об'єкта.

Час випаровування НХР $\tau_{вип}$ (год) з площі виливу розраховується за формулою

$$\tau_{вип} = \tau_{вип.таб} \times K_u, \quad (26)$$

$\tau_{вип.таб}$ - час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с. Час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с зазначено в додатку 15 до Методики;

K_u - коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру на час випаровування НХР. Значення коефіцієнта K_u залежно від швидкості вітру наведені в додатку 16 до Методики або визначаються за формулою

$$K_u = \frac{1}{0.44 \times u + 0.56}, \quad (27)$$

де u - швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с).

Для НХР, дані про які відсутні в додатку 15 до Методики, час випаровування НХР з площі виливу $\tau_{\text{вип}}$ (год) визначається за формулою (12).

10. Час підходу хмари НХР до об'єкта t (год), що знаходиться в межах зон розповсюдження первинної Γ_1 та/або вторинної Γ_2 хмар НХР, залежить від швидкості перенесення хмари повітряними потоками та визначається за формулою

$$t = \frac{x}{v'} \quad (28)$$

9.3 Порядок проведення довгострокового та аварійного прогнозування

Залежно від фізико-хімічних властивостей НХР та агрегатного стану, в якому вони зберігаються або перевозяться, розрахунки здійснюються:

для газів, які зберігаються або перевозяться в зрідженому стані, окремо за первинною та вторинною хмарами НХР;

для газів, які зберігаються або перевозяться в стиснутому стані, тільки за первинною хмарою НХР;

для НХР, які зберігають або перевозять у рідкому стані та температура кипіння яких вища за температуру навколишнього середовища, тільки за вторинною хмарою НХР.

Площа розливу НХР залежно від наявності або відсутності піддона (обвалування) визначається за формулою (13).

Глибина зони хімічного забруднення Γ визначається як найбільше із значень Γ_1 та Γ_2 .

$$\Gamma = \max(\Gamma_1; \Gamma_2) + R_A \quad (29)$$

Усі розрахунки та заходи захисту населення плануються на глибину ПЗХЗ, яка утворюється протягом перших 4 годин з моменту аварії.

Довгострокове прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів забруднення, проведення розрахунку сил та засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших довідкових матеріалів.

У разі проведення довгострокового прогнозування визначаються глибина і площа зони можливого хімічного забруднення, глибина і площа прогнозованої зони хімічного забруднення, кількість осіб, що мешкає в ЗМХЗ та ПЗХЗ, можливі втрати людей (осіб), тривалість хімічного забруднення (хв, год, діб).

Глибина зони можливого хімічного забруднення $\Gamma_{ЗМХЗ}$ (км) та глибина прогнозованої зони хімічного забруднення $\Gamma_{ПЗХЗ}$ (км) рівні між собою та визначаються за формулою (29).

Площа зони можливого хімічного забруднення $S_{ЗМХЗ}$ (км²) визначається за формулою

$$S_{ЗМХЗ} = \pi \times \Gamma^2 = 3,14 \times \Gamma^2, \quad (30)$$

де $\Gamma_{(км)}$ - кінцевий результат розрахунку зони забруднення визначається за формулою (29). Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ (км²) визначається за формулами (18-22).

Вихідними даними під час довгострокового прогнозування є:

- тип і кількість НХР на об'єкті Q (т);
- умови зберігання НХР: у ємностях обваловані (необваловані), трубопроводах;
- метеоумови;
- характер місцевості: відкрита, закрита, глибина забудови, лісового масиву (км);
- кількість людей на об'єкті (у населеному пункті), що можуть опинитися в зоні можливого забруднення;
- забезпеченість населення засобами захисту (%).

У разі проведення довгострокового прогнозування рекомендується приймати:

- розрахункова кількість НХР - кількість НХР в одиночній максимальній ємності (т), характер розливу НХР - «у піддон» («в обвалування») або «вільно» (залежно від умов зберігання);
- для залізничних станцій, через які здійснюється перевезення НХР, розглядається аварія з виливом 60 т найбільш небезпечної речовини, що транспортується;
- у разі виникнення аварії на газо- та продуктопроводах розрив трубопроводу - «гільйотинний» з максимальною витратою за максимальної тривалості викиду, а кількість НХР, що вилася, дорівнює максимальній кількості НХР, яка міститься в трубопроводі між автоматичними відсікачами (наприклад, для аміакопроводів - 275-500 т);
- ступінь заповнення ємності (ємностей) - 70 % паспортного об'єму ємності;
- ємність (ємності) з НХР у разі аварії руйнується (руйнуються) повністю;
- метеорологічні умови, за яких площа ЗМХЗ, ПЗХЗ буде найбільшою: стан вертикальної стійкості повітря - інверсія; швидкість повітря - 1 м/с; температура повітря - +20 °С;
- кут розповсюдження хмари забрудненого повітря для ЗМХЗ -

360°, для ПЗХЗ кут визначається відповідно до розрахункових даних. Зони можливого та прогнозованого хімічного забруднення за результатами довгострокового прогнозування наведено на рис. 2 додатка 12 до Методики;

- заходи захисту населення плануються на глибину ЗМХЗ, яка утворюється протягом перших 4 годин.

На карту (схему) наносять місцезнаходження ємностей з НХР, найменування та кількість НХР (т), зону можливого хімічного забруднення, зону прогнозованого хімічного забруднення, спрямовану в бік найбільшої щільності заселення людей, іншу необхідну довідкову інформацію.

Аварійне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії для визначення можливих наслідків аварії та організації заходів щодо її ліквідації.

У разі проведення аварійного прогнозування:

- глибина прогнозованої зони хімічного забруднення $\Gamma_{пзхз}$ (км) визначається за формулою (29);

- площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{пзхз}$ (км²) визначається за формулами (19-22);

- час підходу хмари зараженого повітря до заданого об'єкта (населеного пункту) $t_{підх}$ (год) визначається за формулою (28);

- можливі втрати людей в осередку хімічного ураження (осіб) визначаються за формулами (23, 24);

- тривалість хімічного забруднення (год) визначається за формулою (26).

Вихідними даними під час аварійного прогнозування є:

- тип і кількість НХР на об'єкті Q (т);

- метеоумови;

- характер місцевості: відкрита, закрита, глибина забудови, лісового масиву (км);

- кількість людей на об'єкті (у населеному пункті), що можуть опинитися в ПЗХЗ (осіб);

- наявність, стан захисних споруд, забезпеченість населення засобами захисту (%).

Остаточні дані для організації заходів із ліквідації наслідків аварії визначаються за результатами хімічної розвідки.

Прогноз обстановки здійснюється із розрахунку, що граничний час перебування людей у зоні хімічного забруднення та тривалість збереження метеорологічних умов незмінними становить 4 години. Після закінчення цього часу прогноз уточнюється.

У разі проведення аварійного прогнозування рекомендується приймати:

- центр ЗХЗ - місце аварії;

- кількість НХР - фактична на момент аварії в ємності (ємностях), ділянці трубопровода між відсікачами (т);
- характер розливу - фактичний («у піддон» («в обвалування») або «вільно»);
- стан обвалування (допускає чи не допускає розтікання);
- метеорологічні умови - реальні на час виникнення аварії (напрямок (азимут А) і швидкість вітру V (м/с), температура повітря (°С), ступінь вертикальної стійкості повітря в приземному шарі);
- характер місцевості (відкрита, закрита), довжина забудови, лісового масиву;
- середня щільність населення в місцевості, над якою розповсюджується хмара, забруднена НХР.

Після отримання необхідної інформації про руйнування та проведення розрахунків на карту (схему) наносять місце та район аварії, глибину поширення (первинної та/або вторинної хмар), площу ПЗХЗ, метеодані, іншу необхідну довідкову інформацію. Зона хімічного забруднення за результатами аварійного прогнозування зображена на рис. 3 додатка 12 до цієї Методики.

Для визначення фактичної ЗХЗ отримані розрахункові дані уточнюються шляхом проведення хімічної розвідки.

9.4 Класифікація АТО та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки

За результатами довгострокового прогнозування можливих масштабів забруднення НХР проводиться класифікація АТО та об'єктів господарської діяльності за ступенем хімічної небезпеки.

Критеріями класифікації АТО та об'єктів щодо їх віднесення до ступеня хімічної небезпеки є частка території, що потрапляє в ЗМХЗ, та кількість населення, що потрапляє в ПЗХЗ у разі виникнення аварії на хімічно небезпечних об'єктах.

Критерії класифікації адміністративно-територіальних одиниць і хімічно небезпечних об'єктів (крім залізниць) зазначені в додатку 18 до Методики

9.5 Оформлення табло чергового диспетчера хімічно небезпечного об'єкта

З метою прискорення процесу оцінки обстановки, яка складається в разі виникнення аварії з НХР на ХНО, розробляється табло чергового диспетчера ХНО.

Табло оформлюється на стенді розміром не менше 1,8×2 метри.

На табло у вигляді детальної схеми наносяться:

- місця зберігання НХР із зазначенням кількості ємностей на цих

місцях та об'єму кожної ємності;

- межі зони можливого хімічного забруднення з розбивкою за секторами;
- усі технологічні будинки ХНО, де працюють люди;
- підприємства, установи та організації, розташовані в зоні можливого хімічного забруднення на всю глибину цієї зони.

Якщо на одному табло детальне розташування території ХНО і території, яка опиняється у ЗМХЗ, неможливе, робиться окремо табло для ХНО і окремо для цієї території.

3. На табло може бути розміщено будь-яку додаткову інформацію, яка дає змогу скоротити строк прийняття рішення черговим диспетчером.

Зразок оформлення табло чергового диспетчера ХНО наведено в додатку 19 до Методики [1].

Висновок: В даній лекції розглянуто методика, яка призначена для використання органами управління та силами цивільного захисту єдиної державної системи цивільного захисту, для забезпечення заходів із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації аварій, пов'язаних з виливом (викидом) НХР, та їх наслідків

Питання для самоконтролю

1. З якою метою розроблено Методику?
2. Призначення Методики.
3. Яку можливість надає Методика?
4. На які об'єкти поширюється Методика?
5. Дайте визначення НХР.
6. Дайте визначення ЗМХЗ.
7. Дайте визначення ЗХЗ.
8. Дайте визначення ГДК.
9. Дайте визначення ХНО.

Рекомендована література

1. Наказ МВС України № 1000 від 29.11.2019 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виліву (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».
2. Кодекс цивільного захисту України.
3. ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять».
4. ДСТУ 7295:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Моніторинг. Терміни та визначення основних понять».
5. ДСТУ 3891:2013 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Терміни

та визначення основних понять».

6. ДСТУ EN 132:2004 «Засоби індивідуального захисту органів дихання. Терміни і піктограми».

ЛЕКЦІЯ 10. НЕГАТИВНІ ЧИННИКИ ВПЛИВУ ПОЖЕЖ І ВИБУХІВ НА ЛЮДИНУ ТА СТАН ДОВКІЛЛЯ

ПЛАН

10.1. Негативні чинники впливу джерел виробничих аварій на людину та стан довкілля. Їх класифікація та характеристика

10.2. Негативні чинники пожеж

10.3. Негативні чинники вибуху

10.1 Негативні чинники впливу джерел виробничих аварій на людину та стан довкілля. Їх класифікація та характеристика

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрації на них агрегатів і установок великої і надзвичайно великої потужності, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях, великий знос основних фондів на об'єктах економіки все це збільшує ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження, раптове виникнення яких призводить до значних соціально-екологічних і економічних збитків, необхідності захисту людей від дії шкідливих для здоров'я факторів ураження, проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які склалися внаслідок виникнення надзвичайних техногенних ситуацій.

Згідно Державного класифікатора надзвичайних ситуацій ДК 019:2010 надзвичайні ситуації техногенного характеру за причиною походження НС бувають:

- 10100 Аварії (катастрофи) на транспорті
- 10200 Пожежі, вибухи
- 10300 Аварії з викиданням (загрозою викидання) НХР на інших об'єктах (крім аварій на транспорті)
- 10400 Наявність у навколишньому середовищі шкідливих (забруднювальних) речовин понад ГДК
- 10500 Аварії з викиданням (загрозою викидання) РР (крім аварій на транспорті)
- 10600 Раптове руйнування будівель та споруд
- 10700 Аварії в електроенергетичних системах
- 10800 Аварії в системах життєзабезпечення
- 10900 Аварії систем зв'язку та телекомунікацій
- 11000 Аварії на очисних спорудах
- 11100 Гідродинамічні аварії
- 11200 Аварії у системах нафтогазового промислового комплексу

Транспортні аварії поділяються на аварії (катастрофи): на залізничному транспорті (товарних поїздів, пасажирських поїздів, поїздів мет-

рополітену); на автомобільному транспорті; на судах (пасажирських, вантажних); на авіаційному транспорті (авіаційні катастрофи в аеропортах і населених пунктах та поза ними); на транспорті з викидом (загрозою викиду) НХР, РР і БНР; на міському транспорті; транспорті в які потрапили керівники держави та народні депутати.

Пожежі (вибухи) поділяються на пожежі (вибухи): в спорудах, на комунікаціях та технологічному обладнанні промислових об'єктів; на об'єктах розвідки, видобування, переробки, транспортування і зберігання легкозаймистих, горючих і вибухових речовин; на транспорті; в шахтах, підземних та гірничих виробітках; в будівлях та спорудах громадського призначення; на радіаційних, хімічних та біологічних небезпечних об'єктах.

Аварії з викидом (загрозою викиду) НХР і БНР: аварії з викидом (загрозою викиду) НХР, утворення та розповсюдження НХР під час виробництва, переробки або зберігання (поховання); аварії з викидом (загрозою викиду) БНР на підприємствах промисловості і науково-дослідних установках.

Нааявність у навколишньому середовищі шкідливих речовин понад ГДК (гранично допустимі концентрації): в ґрунті; у поверхневих водах; в повітрі; в питній воді; у підземних водах.

Аварії з викидом (загрозою викиду) РР: на атомних станціях, атомних енергетичних установках виробничого або дослідного призначення; на підприємствах ядерно-паливного циклу (окрім атомних електростанцій); з джерелами іонізуючого випромінювання (включаючи ядерно-паливний цикл); з радіоактивними відходами, які не виробляються атомними станціями.

Раптове руйнування будівель та споруд: елементів транспортних комунікацій, виробничого призначення, громадського призначення.

Аварії на електроенергетичних системах: атомних електростанцій; гідроелектростанцій; теплоелектростанцій; автономних електроенергетичних станціях; інших електроенергетичних станціях; електроенергетичних мережах; транспортних електричних контактних мережах; порушення стійкості або поділ об'єднаної енергосистеми України.

Аварії на системах життєзабезпечення: на каналізаційних системах з масовим викидом забруднюючих речовин; на теплових мережах; на системах забезпечення населення питною водою; на магістральних і комунальних газопроводах; на нафтопроводах і продуктопроводах; на системах зв'язку та телекомунікацій.

Аварії на очисних спорудах: стічних вод з масовим викидом забруднюючих речовин; промислових газів з масовим викидом забруднених речовин в повітря.

Гідродинамічні аварії (катастрофи) при: прориву гребель(дамб, шлюзів тощо) з утворенням проривного потоку або з утворенням хвиль

прориву та катастрофічного затоплення; спрацюванні водосховищ у зв'язку з загрозою прориву гідроспоруди.

Кожна надзвичайна ситуація, утому числі й техногенного характеру, характеризується чинниками впливу (одним або декількома) джерела виробничих аварій.

Фактор ураження джерела техногенної НС – складова небезпечної події, що характеризується фізичними, хімічними і біологічними діями і проявленнями, які виражені відповідними параметрами.

Дія ураження джерела техногенної НС – негативний вплив одного або сполучених факторів ураження джерела техногенної надзвичайної ситуації на життя і здоров'я людей, сільськогосподарських тварин і рослин, суб'єкти господарської діяльності та довкілля.

Вражальні чинники аварії – фактори, що виникають під час аварії, які здатні у разі досягнення певних значень завдати збитків здоров'ю людей, довкіллю матеріальним цінностям (надлишковий тиск на фронті ударної (вибухової) хвилі, теплове навантаження від полум'я, концентрація небезпечних речовин у атмосфері, воді, ґрунті тощо).

Негативні чинники впливу джерел виробничих аварій класифікують як по характеру розвитку та протікання (генезисом), так і по механізму дії.

Чинники впливу джерел виробничих аварій за генезисом розділяють на:

- прямої дії (первинні);
- побічної дії (вторинні).

Первинні чинники впливу безпосередньо виникають внаслідок впливу джерела техногенної надзвичайної ситуації.

Вторинні чинники впливу виникають внаслідок зміни об'єктів навколишнього природного середовища первинними факторами ураження.

Чинники впливу джерел виробничих аварій за механізмом дії поділяють на:

- фізичної дії;
- хімічної дії.

До чинників впливу фізичної дії відносяться:

- повітряна ударна хвиля;
- хвиля тиску в ґрунті;
- сейсмічна вибухова хвиля;
- хвиля прориву гідротехнічних споруд;
- уламки або осколки;
- екстремальний нагрів середовища;
- теплове випромінювання;
- іонізуюче випромінювання.

До чинників впливу хімічної дії відноситься:

- токсична дія небезпечних хімічних речовин.

Повітряна ударна хвиля, що виникає внаслідок вибухів легкозаймистих і вибухових речовин, яка має наступні параметри фактору ураження:

- надмірний тиск у фронті ударної хвилі;
- тривалість фази тиску;
- імпульс фази тиску.

Хвиля тиску в ґрунті, що виникає внаслідок вибухів легкозаймистих і вибухових речовин, яка має наступні параметри фактору ураження:

- максимальний тиск;
- час дії тиску;
- час збільшення тиску до максимуму.

Сейсмічна вибухова хвиля, що виникає внаслідок потужних вибухів вибухових речовин і має наступні параметри фактору ураження:

- швидкість розповсюдження хвилі;
- максимальне значення масової швидкості ґрунту;
- час наростання напруги в хвилі до максимуму.

Хвиля прориву гідротехнічних споруд, що виникає внаслідок прориву гребель, шлюзів, дамб тощо і має наступні параметри фактору ураження:

- швидкість хвилі прориву;
- глибина хвилі прориву;
- температура води;
- час існування хвилі прориву.

Уламки, осколки, що виникають при вибухах легкозаймистих і вибухових речовин і має наступні параметри фактору ураження:

- маса уламку, осколка;
- швидкість розлітання уламку, осколку.

Екстремальний нагрів середовища, що виникає при пожежах, вибухах легкозаймистих і вибухових речовин і має наступні параметри фактору ураження:

- температура середовища;
- коефіцієнт тепловіддачі;
- час дії джерела екстремальних температур.

Теплове випромінювання, що виникає при пожежах, вибухах і має наступні параметри фактору ураження:

- енергія теплового випромінювання;
- потужність теплового випромінювання;
- час дії джерела теплового випромінювання.

Іонізуюче випромінювання, що виникає при аваріях (катастрофах) з викидом радіоактивних речовин і має наступні параметри фактору ураження:

- активність радіонуклідів в джерелі;

- щільність радіоактивного забруднення місцевості;
- концентрація радіоактивного забруднення;
- концентрація радіонуклідів.

Активність радіонукліда в джерелі іонізації – радіоактивність, що дорівнює відношенню числа мимовільних ядерних перетворень в джерелі за малий інтервал часу до цього інтервалу.

Щільність радіоактивного забруднення місцевості – це ступінь радіоактивного забруднення місцевості.

Токсична дія що виникає при аваріях (катастрофах) з викидом небезпечних хімічних речовин і має наступні параметри фактору ураження:

- концентрація небезпечної хімічної речовини в середовищі;
- щільність хімічного зараження місцевості і об'єктів.

Щільність зараження небезпечними хімічними речовинами – ступінь хімічного зараження місцевості.

Більшість параметрів кожного фактору джерела техногенної надзвичайної ситуації мають міжнародне позначення і одиницю виміру, як у системі СІ, так і не системні. Ось чому при вимірах показників треба бути уважними з одиницями виміру.

Таблиця 10.1 – Характеристика параметрів джерела ураження техногенної надзвичайної ситуації та їх позначення

Параметри	Позначення	Одиниці виміру	
		СІ	несистемні
Надмірний тиск у фронті ударної хвилі		Па	т/м ² , кгс/см ² , атм.
Тривалість фази тиску		с	
Імпульс фази тиску		Па с	кгс/ с/см ²
Максимальний тиск у хвилі тиску в ґрунті		Па	кгс/см ²
Час наростання тиску до максимального значення		с	
Час теплового випромінювання		с	
Коефіцієнт тепловіддачі		Вт/(м ² К)	Ккал/ (м ² г К)
Енергія теплового випромінювання	Q	Дж	Ккал
Потужність теплового випромінювання	W	Вт	Ккал/год
Активність радіонукліда в джерелі іонізації	A	Бк	Ки
Щільність радіоактивного забруднення місцевості		Бк/м ²	Ки/км ³
Концентрація радіоактивного забруднення місцевості		Бк/м ³	Ки/км ³
Концентрація радіонуклідів		Бк/кг	Ки/кг
Концентрація небезпечної хімічної речовини	C		мг/м ³
Щільність хімічного зараження місцевості			мг/см ² , г/м ² , кг/га

10.2 Негативні чинники пожеж

Процес неконтрольованого горіння супроводжується появою у навколишньому середовищі значної кількості токсичних речовин, небезпечних та шкідливих для організму людини, що знаходяться в зоні його впливу.

Тяжкість впливу негативних та шкідливих чинників, пов'язаних з пожежами, зумовлена зростанням енергонасиченості виробництв, збільшенням щільності інженерних комунікацій, підвищенням рівня температур та тиску в технологічному устаткуванні, що збільшує масштабність пожеж та тяжкість їх наслідків.

Небезпекою для організму людини в умовах пожежі є :

- відкрите полум'я – температура пожежі становить 1100-1300°C. Тривалість часу, протягом якого людина може переносити критичні температури становить 10-15 с.

- наявність токсичних продуктів горіння – за токсичністю продуктів горіння полімерні матеріали поділяються на надзвичайно небезпечні; високо небезпечні; помірно небезпечні і мало небезпечні.

- оксид вуглецю – спричиняє найбільшу кількість жертв через те, що червоні кров'яні тільця втрачають здатність забезпечувати організм людини киснем через створення карбоксигемоглобіну.

- дим – втрата видимості через задимлення, створює загрозу для евакуації людей, особливо якщо матеріали мають високу димоутворюючу здатність (є ще мале і помірне димоутворення).

- низька концентрація кисню – небезпечним під час пожежі є концентрація кисню до 14-16%. При 10-12% смерть настає протягом кількох хвилин.

- нагріте повітря – вдихання розігрітого до 60°C повітря призводить до некрозу верхніх дихальних шляхів та опіків легеневої тканини. Вдихання нагрітого під час пожежі повітря понад 100°C призводить до втрати свідомості, а відтак загибелі вже через декілька хвилин.

- руйнування будівельних конструкцій, які в умовах пожежі втрачають вогнестійкість і міцність, що призводить до травмування і навіть загибелі людей.

Під час пожежі виділяється велика кількість тепла. Для кількісної характеристики просторового розподілу процесів теплопередачі користуються поняттям поверхневої густини теплового потоку (або питомим тепловим потоком, або тепловим навантаженням). *Густина теплового потоку* – вектор, будь-який компонент якого чисельно дорівнює кількості теплоти, переданої в одиницю часу через одиницю площі, перпендикулярної до напрямку взятого компонента. Позначається лат. літерою q , вимірюється у Вт/м² або ккал/(м²·год).

Таблиця 10.2 – Необхідний захист і припустимий час перебування людей у зонах теплового випромінювання

Густина теплового потоку, кВт/м ²	Припустимий час перебування людей, хв	Необхідний захист	Ступінь теплового впливу на шкіру людини
3,0	Не обмежується	Без захисту	Больові відчуття відсутні
4,2	Не обмежується	В бойовому одязі і в касках із захисним склом	Нестерпні больові відчуття через 20 с
7,0	5	В бойовому одязі і в касках із захисним склом	Нестерпні больові відчуття, що виникають миттєво
8,5	5	В бойовому одязі, змоченому водою, і в касках із захисним склом	Опіки через 20 с
10,5	5	В бойовому одязі, змоченому водою, і в касках із захисним склом, під захистом розпилених струменів води або водяних завіс	Миттєві опіки
14,0	5	У тепловідбиваючих костюмах під захистом водяних струменів або завіс	Миттєві опіки
85,0	1	У тепловідбиваючих костюмах під захистом водяних струменів або завіс із засобами індивідуального захисту	Миттєві опіки

Поведінка будівельних конструкцій та матеріалів в умовах високих температур залежить від їх вогнестійкості та здатності поширювати вогонь.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» показником вогнестійкості є *межа вогнестійкості конструкції*, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несівної здатності (R);
- втрати цілісності (E);
- втрати теплоізолювальної здатності (I).

Значення межі вогнестійкості будівельних конструкцій визначають шляхом випробувань за ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги», за стандартами на методи випробувань на вогнестійкість будівельних конструкцій конкретних видів або за розрахунковими методами відповідно до стандартів і методик, затверджених або узгоджених з центральним органом державного пожежного нагляду.

Показником здатності будівельної конструкції поширювати вогонь є межа поширення вогню (М).

За межею поширення вогню будівельні конструкції підрозділяють на три групи:

- М0 (межа поширення вогню дорівнює 0 см);
- М1 ($M \leq 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M \leq 40$ см – для вертикальних конструкцій);
- М2 ($M > 25$ см – для горизонтальних конструкцій; $M > 40$ см – для вертикальних конструкцій).

Поведінка будівельних матеріалів в умовах високих температур залежить від фізико-хімічних властивостей складових цього будівельного матеріалу і визначається *критичною температурою прогріву будівельних матеріалів*. Нижче наведені критичні температури для деяких найбільш поширених будівельних матеріалів:

- Бетон – 300-550°C;
- Гіпс – 100°C;
- Сталь (Ст.3) – 470°C;
- Алюміній (Ал-8) – 300°C;
- Деревина – 250-280°C (піроліз при температурі 110°C);
- Полімерні матеріали – 270-522°C (приведено температуру займання полімерів, деструкція починається при температурі в залежності від виду – від 60°C).

10.3 Негативні чинники вибуху

Вибух – фізичний або хімічний швидкоплинний процес з виділенням значної енергії в невеликому об'ємі, (у порівнянні з кількістю енергії, що виділяється), призводить до ударних, вібраційних і теплових впливів на навколишнє середовище і високошвидкісного розширення газів.

При хімічному вибуху, крім газів, можуть утворюватися і тверді високодисперсні частинки, завись яких називають продуктами вибуху. Вибухи класифікують за походженням виділеної енергії на:

- хімічні;
- фізичні;
- вибухи ємностей під тиском (балони, парові котли);
- вибух розширення парів під час скипання рідини;
- вибухи при скиданні тиску в перегрітих рідинах;
- вибухи при змішуванні двох рідин, температура однієї з яких набагато перевищує температуру кипіння іншої;
- кінетичні (падіння метеоритів);
- ядерні;
- електричні (наприклад під час грози).

Газопароповітряні (ГППС) і пилоповітряні суміші утворюють клас об'ємних вибухів.

Вибухи ГППС можуть відбуватися в:

- приміщеннях внаслідок витoku газів з побутових приладів;
- ємностях їх зберігання і транспортування (спецрезервуарах, газгольдерах, цистернах, танках - вантажних відсіках танкерів);
- глибинних штреках гірських виробок;
- природного середовищу внаслідок пошкоджень трубопроводів, труб свердловин, при інтенсивних витоках зріджених і горючих газів.

Вибухи пилу (пилоповітряних сумішей – аерозолів) представляють одну з основних небезпек хімічних виробництв і відбуваються в обмежених просторах (в приміщеннях будівель, усередині різного устаткування, штольнях шахт). Можливі вибухи пилу в борошномельному виробництві, на зернових елеваторах (борошняний пил) при її взаємодії з барвниками, сіркою, цукром з іншими порошкоподібними харчовими продуктами, а також при виробництві пластмас, лікарських препаратів, на установках дроблення палива (вугільного пилу), в текстильному виробництві.

Скраплені вуглеводневі гази, аміак, хлор, фреони зберігаються в технологічних ємностях під тиском при температурі вище або рівною температурі навколишнього середовища, і з цих причин вони є вибухонебезпечними рідинами.

В теплоізольованих судинах і резервуарах при негативних температурах зберігаються зріджені гази метан, азот, кисень, які називають кріогенними речовинами.

Речовини пропан, бутан, аміак, хлор зберігають у рідкому стані під тиском в одношарових судинах і резервуарах при температурі навколишнього середовища. Основні властивості вибухових речовин (ВР) визначаються вибуховими та фізико-хімічними характеристиками.

Вибуховими характеристиками є:

- теплота вибуху і температура продуктів вибуху;
- швидкість детонації;
- бризантність (здатність дробити прилегле до нього середовище);
- працездатність (фугасність).

Теплота вибуху і температура продуктів вибуху

З фізики відомо, що енергія і тепло, що виділяються в процесі реакції, знаходяться в прямій залежності між собою, тому кількість енергії, що виділяється при вибуху, і теплота є важливою характеристикою енергетичної ВВ, визначає його працездатність. Чим більше виділено теплоти, тим вище температура нагріву продуктів вибуху, тим більше тиск, а отже, і вплив продуктів вибуху на навколишнє середовище.

Від швидкості детонації ВР залежить швидкість вибухового перетворення, а отже, і час, протягом якого виділяється вся енергія, укладена в ВР. А це разом з кількістю тепла, що виділяється при вибуху, характери-

зує потужність, що розвивається вибухом, отже, дає можливість правильно вибрати ВВ для виконання роботи. Для перебиття металу доцільніше отримати максимум енергії в короткий проміжок часу, а для викиду ґрунту цю ж енергію краще отримати за більш тривалий відрізок часу подібно до того, як при нанесенні різкого удару по дошці можна її перебити, а приклавши цю ж енергію поступово, тільки зрушити.

Бризантність ВР характеризується миттєвим стрибком тиску до дуже високих величин і швидким його падінням до атмосферного і нижче.

Працездатність ВР (фугасність) проявляється у формі викиду ґрунту з воронки і виїмок, утворенням порожнин у ґрунтах і скельних породах і розпушуванням їх.

Основні уражальні фактори і зони дії вибуху

Пожежовибухові явища характеризуються наступними факторами:

- повітряною ударною хвилею, що виникає при різного роду вибухах газоповітряних сумішей, резервуарів з перегрітою рідиною і резервуарів під тиском;
- тепловим випромінюванням;
- розлітанням осколків;
- дією токсичних речовин, які застосовувалися в технологічному процесі або утворилися під час вибуху.

Дія повітряної ударної хвилі може спричинити вторинні наслідки, тому що при вибуху вибухової речовини в атмосфері виникають ударні хвилі, що поширюються з великою швидкістю у вигляді областей стиснення. Ударна хвиля досягає земної поверхні і відбивається від неї на деякій відстані від епіцентру вибуху, фронт відбитої хвилі зливається з фронтом падаючої хвилі, внаслідок чого утворюється так звана головний хвиля з вертикальним фронтом.

При наземному вибуху повітряна ударна хвиля, як і при повітряному вибуху, поширюється від епіцентру з вертикальним фронтом.

При підземному вибуху повітряна ударна хвиля послаблюється ґрунтової середовищем. При вибухах на малих глибинах має місце тільки хвиля від виходу газів. А на великих глибинах при наявності камуфлетів (розривів без утворення воронки) виявляється тільки "наведена" хвиля.

Основними параметрами, що визначають інтенсивність **ударної хвилі**, є:

- надлишковий тиск у фронті
- тривалість фази стиснення.

Ці параметри залежать від маси ВР певного типу, що взяла участь у вибуху (тобто енергії вибуху), умов вибуху і відстані від епіцентру.

Масштаби наслідків вибухів залежать від їхньої потужності детонаційної і середовища, в якому вони відбуваються. Радіуси зон ураження можуть доходити до декількох кілометрів.

Розрізняють три зони дії вибуху.

Зона I – дія детонаційної хвилі. Для неї характерна інтенсивна дробляча дія, в результаті якої конструкції руйнуються на окремі фрагменти, розлітаються з великими швидкостями від центра вибуху.

Зона II – дія продуктів вибуху. У ній відбувається повне руйнування будинків і споруд під дією продуктів вибуху, що розширюються. На зовнішньому кордоні цієї зони утворюється ударна хвиля відривається від продуктів вибуху і рухається самостійно від центра вибуху. Вичерпавши свою енергію, продукти вибуху, розширившись до щільності, що відповідає атмосферному тиску, не спричиняють більше руйнівної дії.

Зона III – дія повітряної ударної хвилі. Ця зона включає три підзони:

IIIa – сильних руйнувань,

IIIб – середніх руйнувань,

IIIв – слабких руйнувань.

На зовнішній межі зони III ударна хвиля перетворюється на звукову, яку чути на значних відстанях.

Вплив ударної хвилі на людину, будинки і споруди

Повітряна ударна хвиля та продукти вибуху, що утворилися внаслідок вибуху, здатні завдавати людині різні травми, у тому числі смертельні. При безпосередній дії ударної хвилі основною причиною травм у людей є миттєве підвищення тиску повітря, що сприймається людиною як різкий удар. При цьому можливі пошкодження внутрішніх органів, розрив кровоносних судин, барабанних перетинок, струс мозку, різні переломи і т.д. Крім того, швидкісний напір повітря може відкинути людини на значне відстань і заподіяти йому при ударі об землю (або перешкоду) ушкодження.

Характер і тяжкість ураження людей залежать від величини параметрів ударної хвилі, положення людини в момент вибуху, ступеню його захищеності. За інших рівних умов найбільш важкі ураження отримують люди, що знаходяться в момент приходу ударної хвилі поза укриттів в положенні стоячи. У цьому випадку площа впливу швидкісного напору повітря буде приблизно в 6 разів більше, ніж в положенні людини лежачи. Непрямий вплив ударної хвилі полягає в ураженні людини уламками будівель і споруд, камінням, битим склом та іншими предметами, що летять підхоплені потоком стисненого повітря. При слабких руйнування будівель загибель людей малоімовірна, однак частина з них може отримати різні травми.

Зони руйнувань при аваріях з вибухом на пожежовибухонебезпечних об'єктах можна визначити прийнято оцінювати показниками, які можуть бути розділені на дві групи:

- показники, що безпосередньо характеризують інженерну обстановку;

- показники, що визначають об'єм аварійно-рятувальних робіт і життєзабезпечення населення.

При оперативному прогнозуванні можна виділити чотири зони руйнувань:

- повних руйнувань ($\Delta P_{\phi} > 50$ кПа);
- сильних руйнувань ($30 < \Delta P_{\phi} < 50$ кПа);
- середніх руйнувань ($20 < \Delta P_{\phi} < 30$ кПа);
- слабких руйнувань ($10 < \Delta P_{\phi} < 20$ кПа).

Таблиця 10.3 – Характеристика ступенів руйнування будинків

Ступені руйнування	Характеристика руйнування
Слабкі	Часткове руйнування внутрішніх перегородок, покрівлі, дверних і віконних коробок, легких будівель та ін. Основні несучі конструкції зберігаються. Для повного відновлення потрібен капітальний ремонт
Середні	Руйнування меншої частини несучих конструкцій. Більша частина несучих конструкцій зберігається й лише частково деформується. Може зберігатися частина огорожуючих конструкцій, стін, однак при цьому другорядні й несучі конструкції можуть бути частково зруйновані. Будинки виводяться з ладу, але може бути відновлений.
Сильні	Руйнування більшої частини несучих конструкцій. При цьому можуть зберігатися найбільш міцні елементи будинку, каркаси, ядра твердості, частково стіни й перекриття нижніх поверхів. При сильному руйнуванні утвориться завал. Відновлення можливо з використанням уцілілих частин і конструктивних елементів. У більшості випадків відновлення недоцільне.
Повні	Повне обвалення будинку, від якого можуть зберегтися тільки ушкоджені (або неушкоджені) підвали й незначна частина міцних елементів. При повному руйнуванні утвориться завал. Будинки відновленню не підлягає.

Висновки. Таким чином, розглянуто основні чинники негативного впливу промислових аварій на організм людини, будівлі та споруди та навколишнє середовище. Розглянуто вплив пожеж та вибухів та критичні значення їх негативних чинників

Питання для самоконтролю

1. Наведіть класифікацію негативних чинників впливу джерел виробничих аварій на людину та стан довкілля.
2. Дайте визначення поняттю «Фактор ураження джерела техногенної надзвичайної ситуації».
3. Дайте визначення поняттю «Вражальні чинники аварії».
4. Наведіть характеристики фізичних чинників впливу джерел виробничих аварій.
5. Наведіть характеристику хімічних чинників впливу джерел виробничих аварій.

6. Наведіть параметри фактору ураження повітряної ударної хвилі.
7. Дайте визначення поняттю «*Хвиля прориву гідротехнічних споруд*».
8. Охарактеризуйте параметри фактору ураження токсичної дії небезпечних хімічних речовин.
9. Наведіть основні негативні чинники пожеж.
10. Дайте характеристику вибуху пилоповітряних сумішей.
11. Наведіть основні властивості вибухових речовин.

Рекомендована література

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
3. Гіроль М.М., Нинник Л.Р., Чабан В.Й. Техногенна безпека: Підручник. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 452 с.

ЛЕКЦІЯ 11. НЕГАТИВНІ ЧИННИКИ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ НА ЛЮДИНУ І НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

ПЛАН

11.1. Основні поняття. Терміни та визначення

11.2. Класифікація небезпечних хімічних речовин та їх характеристики

11.3. Зони та масштаби зараження небезпечними хімічними речовинами

11.1 Основні поняття. Терміни та визначення

В наш час у промисловості та у сільському господарстві людина використовує десятки тисяч різноманітних хімічних речовин, при цьому, щороку кількість їх збільшується на 200 – 1000 нових речовин. Володіючи величезними можливостями, хімія створює небачені у природі матеріали, помножує родючість землі, полегшує труд людини, економить його час, вдягає та лікують його. Це є причиною широкої хімізації народного господарства, бурного розвитку в останні десятиріччя хімічної промисловості. У зв'язку з цим зростають об'єми виробництва, використання, зберігання та перевезення різноманітних хімічних речовин, серед яких є дуже небезпечні для здоров'я людини. Часто небезпечні хімічні речовини (НХР) стають причиною великих людських жертв.

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 небезпечних хімічних речовин ;
- 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).

Небезпечна хімічна речовина (НХР) – хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої може спричинити загибель, гостре чи хронічне захворювання або отруєння людей і (чи) завдати шкоди довкіллю.

Аварія з НХР – це подія техногенного характеру, що сталася на хімічно небезпечному об'єкті внаслідок виробничих, конструктивних технологічних чи експлуатаційних причин або від випадкових зовнішніх впливів, що привела до пошкодження технологічного обладнання, пристроїв споруд, транспортних засобів з виливом (викидом) НХР в атмосферу і реально загрожує життю, здоров'ю людей.

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

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 підстильної поверхні.

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

Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) – територія, у межах якої під впливом зміни напрямку вітру може виникнути переміщення хмари НХР з небезпечними для людини концентраціями.

Зона хімічного забруднення НХР (ЗХЗ) – територія, яка включає осередок хімічного забруднення, де фактично розлита НХР, і ділянки місцевості, над якими утворилася хмара НХР.

Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) – розрахована зона у межах ЗМХЗ, параметри якої приблизно визначають за формою еліпса.

Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) – промисловий об'єкт (підприємство) або його структурні підрозділи, на якому знаходяться в обігу (виробляються, переробляються перевозяться /пересуваються/, завантажуються або розвантажуються, використовуються у виробництві, розміщуються або складуються /постійно або тимчасово/, знищуються тощо) одне або декілька НХР(до ХНО не належать залізниці).

Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця (ХАТО) – адміністративно-територіальна одиниця, до якої зараховуються області, райони, а також будь які населені пункти областей, які потрапляють у ЗМХЗ при аваріях на хімічно небезпечних об'єктах.

Загальна характеристика шкідливих хімічних речовин

У процесі життєдіяльності людина постійно стикається з великою кількістю шкідливих речовин, які можуть викликати різні види захворю-

вання, розлади здоров'я, а також травматизм як у процесі контакту, так і через певний проміжок часу. На сьогодні відомо близько 7 млн. хімічних речовин та сполук, із яких 60 тис. використовуються у діяльності людини. На міжнародному ринку кожного року з'являється від 500 до 1 000 нових хімічних сполук та сумішей.

Залежно від практичного використання хімічні речовини можна поділити на:

- промислові отрути, які використовуються у виробництві (органічні розчинники, барвники) і є джерелом небезпеки гострих і хронічних інтоксикацій при порушенні правил техніки безпеки (наприклад, ртуть, свинець, ароматичні сполуки тощо);

- отрутохімікати, що використовуються у сільському господарстві для боротьби з бур'янами, гризунами, комахами (гербіциди, пестициди, інсектициди);

- лікарські препарати;

- побутові хімічні речовини, які використовуються у якості харчових добавок, засобів санітарії, особистої гігієни, косметичних засобів;

- біологічні отрути: рослинні та тваринні, які містяться у рослинах і грибах, тваринах і комах;

- отруйні речовини: зарин, іприт, фосген та інші.

Шкідливими називають речовини, які при контакті з організмом людини можуть викликати травми, захворювання або відхилення у стані здоров'я. Більша частина хімічних речовин являють собою відходи різних виробництв і надходять у навколишнє середовище у вигляді газів, рідин, твердих хімічних сполук. Вони вступають у взаємодію з компонентами навколишнього середовища, потрапляють в організм людини і можуть виникати різні отруєння. Шляхи проникнення шкідливих речовин в організм людини: через органи дихання, шкіру, рани, шлунково-кишковий тракт. Вплив шкідливих речовин на організм людини залежить від кількості речовини, що потрапила в нього, її токсичності, тривалості надходження і механізму взаємодії. Крім того, він залежить від статі, віку, індивідуальних особливостей організму, метеорологічних умов навколишнього середовища, хімічної структури і фізичних властивостей речовини.

Токсичність – це ступінь фізіологічної активності шкідливої речовини. Фізіологічну активність шкідливих речовин вивчає наука токсикологія, яка є однією з галузей медицини. Токсикологія називає шкідливими такі речовини, які в умовах різної діяльності людини можуть викликати погіршення здоров'я або смерть. Дія шкідливих речовин проявляється у вигляді гострих та хронічних отруєнь. Гострі отруєння характеризуються короткочасною дією відносно великої кількості шкідливих речовин і яскравим проявом безпосередньо в момент дії через невеликий проміжок часу. Хронічні отруєння виникають при тривалій дії шкід-

ливих речовин, що проникають в організм у відносно невеликій кількості. Залежно від характеру дії на організм людини хімічні шкідливі речовини поділяються на загальнотоксичні, подразнюючі, мутагенні, канцерогенні, задушливої дії та ті, що впливають на репродуктивну функцію, сенсibilізатори. Загальні токсичні речовини – це речовини, що викликають отруєння усього організму людини або впливають на його окремі системи (наприклад, кровотворення, ЦНС). Ці речовини можуть викликати патологічні зміни певних органів, наприклад, нирок, печінки. До таких речовин належать такі сполуки, як чадний газ, селітра, концентровані розчини кислот чи лугів тощо. Подразнюючі речовини викликають подразнення слизових оболонок, дихальних шляхів, очей, легень, шкіри (наприклад, хлорацетофенон, адамсит, хлор, фтор і азотомісткі сполуки).

Мутагенні речовини призводять до порушення генетичного коду, зміни спадкової інформації (свинець, радіоактивні речовини тощо). Канцерогенні речовини – викликають, як правило, злоякісні новоутворення – пухлини (ароматичні вуглеводні, циклічні аміни, азбест, нікель, хром тощо). Речовини задушливої дії призводять до токсичного набрякання легень (оксид азоту, отруйні речовини). Прикладом речовин, що впливають на репродуктивну функцію, можуть бути радіоактивні ізотопи, ртуть, свинець тощо.

Сенсibilізатори – речовини, що діють як алергени. Це, наприклад, розчинники, формалін, лаки на основі нітро- та нітрозосполук тощо

Токсична дія шкідливих речовин на організм людини

Як зазначалося раніше, організм людини є єдиною складною системою взаємопов'язаних органів, зміна в яких впливає на організм у цілому. Інтенсивний обмін речовин всередині організму, а також постійний обмін його із зовнішнім середовищем – необхідна умова підтримання життя. В обміні речовин між навколишнім середовищем та організмом беруть участь органи дихання і травлення, через які в організм потрапляють кисень і поживні речовини, та органи виділення, що виводять із організму людини шлаки.

Потрапляючи в організм, шкідливі речовини переносяться кров'ю до всіх органів та тканин. Тому порушення процесів обміну в будь-якому органі призводить, як правило, до порушення інших функцій організму.

Зміна складу певних речовин, що беруть участь у нормальних процесах обміну здорової людини, не може не впливати на обмін речовин у будь-якому органі, тому і на нормальне функціонування організму в цілому. Залежно від ділянки в ланцюгу обміну речовин, в якому під дією тієї чи іншої токсичної сполуки відбувається порушення нормальних процесів, ступінь її токсичності буває більшим або меншим. Найбільш токсичними є ті хімічні сполуки, які впливають на найважливіші ферментні системи організму.

Основу всіх процесів життєдіяльності будь-якого організму складають тисячі хімічних реакцій, що відбуваються з великими швидкостями. Висока швидкість процесів розщеплення пов'язана з тим, що всі вони мають каталітичний характер, а роль каталізаторів відіграють ферменти. Жоден процес в організмі людини не відбувається без участі ферментів (наприклад, у засвоєнні білків беруть участь протенози, жирів – ліпази, вуглеводнів – кінази та фіфатази і т. д.). Усього в організмі людини міститься близько 1 тисячі різних ферментних систем, що каталізують різні процеси. Для всіх ферментів характерною є висока специфічність дії, тобто кожен фермент може каталізувати лише певний процес. Незначна зміна в будові або в умовах дії ферменту призводить до втрати каталітичної активності. Таким чином, токсичність тих чи інших сполук проявляється в хімічній взаємодії між ними та ферментами, що призводить до гальмування або припинення цілого ряду життєво важливих функцій організму. Повне інактивування тих чи інших ферментних систем викликає загальне ураження організму, а в деяких випадках і його смерть.

Велика кількість захворювань, а також отруєнь виникає із проникненням токсичних речовин в організм людини, головним чином, через органи дихання. Цей шлях дуже небезпечний, тому що шкідливі речовини безпосередньо потрапляють у кров і розносяться по всьому організму. Для досягнення максимального ефекту отруйні речовини використовуються у вигляді газів, парів, аерозолів. Аерозолі викликають загально токсичну дію у результаті проникнення пилових часточок (до 5 мкм) у глибокі дихальні шляхи, в альвеоли, частково або повністю розчиняються в лімфі і, надходячи у кров, викликають інтоксикацію. Дрібнодисперсні пилові часточки дуже важко уловлювати.

Отруйні речовини потрапляють у шлунково-кишковий тракт завдяки невиконанню правил особистої гігієни, наприклад, харчування або куріння на робочому місці без попереднього миття рук. Ці речовини відразу можуть потрапити у кров із ротової порожнини. До таких речовин, наприклад, відносяться жиророзчинні сполуки, феноли, ціаніди.

Кисле середовище шлунку і слабо лужне середовище кишечника можуть призводити до підсилення токсичності деяких сполук. Потрапляючи у шлунок, такі отруйні речовини як, наприклад, ртуть, мідь, цезій, уран, можуть викликати подразнення його слизової оболонки.

Шкідливі речовини можуть потрапляти в організм людини через шкіру як при дії рідини при контакті з руками, так і у випадках високих концентрацій токсичних парів і газів у повітрі на робочих місцях. Розчиняючись у шкіряному жирі та потових залозах, речовини можуть потрапляти у кров. До них належать легкорозчинні у воді і жирах вуглеводні, ароматичні аміни, бензол, анілін тощо. Ураження шкіри, безумовно, прискорює проникнення отруйних речовин в організм.

11.2 Класифікація небезпечних хімічних речовин та їх характеристика

Дуже негативні наслідки виникають із впливом НХР на живі організми, повітря, ґрунт, воду тощо. Своєю дією ці речовини призводять до критичного стану навколишнього природного середовища (знищення людей, тварин, рослин), впливають на здоров'я та працездатність людей, на їх майбутнє покоління.

Отже, отруйні речовини – хімічна речовина, безпосередня чи опосередкована дія якої може спричинити загибель, гостре чи хронічне захворювання або отруєння людей і (чи) завдати шкоди довкіллю.

Ступінь ураження НХР залежить від їх токсичності, вибіркової дії, тривалості, а також від їх фізико-хімічних властивостей.

За токсичністю отруйні речовини можна поділити на:

- нервово-паралітичної дії (наприклад, зарин-СВ, зоман-СД) – виклик бронхоспазмів, задухи, паралічу;
- загальнотоксичної дії (наприклад, синильна кислота, хлорціан) – набрякання, кома, параліч, судома, прискорене серцебиття;
- подразнюючої дії (Сі-Ар, Сі-Ес) – подразнення слизових оболонок носа, ротової порожнини;
- шкірноаривної дії (наприклад, іприти) – місцеві запалення та некротичні зміни у поєднанні із загальнотоксичними резорбтивними явищами.

За вибірковою дією отруйні речовини можна поділити на:

- серцеві – кардіотоксична дія: ліки, рослинні отрути, солі барію, калію, кобальту, кадмію;
- нервові – порушення функцій нервової системи (чадний газ, аміак, вуглеводні, фосфорорганічні сполуки, алкогольні вироби, наркотичні засоби, снотворні ліки та інші);
- печінкові – хлоровані вуглеводні, альдегіди, феноли, фосфор, селен та інші;
- ниркові – сполуки важких металів, етиленгліколі, щавлева кислота та інші;
- кров'яні – похідні аніліну, анілін, нітрити;
- легеневі – оксиди азоту, озон, фосген.

За тривалістю дії отруйні речовини можна поділити на три групи:

- летальні, що призводять або можуть призвести до смерті (у 5 % випадків): термін дії до 10 діб;
- тимчасові, що призводять до нудоти, блювоти, набрякання легенів, болі у грудях: термін дії від 2 до 5 діб;
- коротко часові – тривалість декілька годин. Призводять до под-

разнення у носі, ротовій порожнині, головного болю, задухи, загальної слабості, зниження температури.

Характеристики токсичних властивостей небезпечних хімічних речовин

Відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва усі шкідливі речовини за ступенем небезпеки для людини поділені на чотири класи. Як показник небезпеки, прийнятий коефіцієнт можливого інгаляційного отруєння – КМІО.

$$KMIO = \frac{C_{20}}{C_{50}}, \quad (11.1)$$

де C_{50} – концентрація речовини, що викликає загибель 50 % піддослідних тварин при 2–4 г інгаляційної речовини (мг/м³);

C_{20} – насичена концентрація при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Даний коефіцієнт залежно від числового значення дозволяє поділити хімічні речовини за інгаляційною небезпекою на чотири класи:

1-й (надзвичайно небезпечні) КМІО = 300;

2-й (дуже небезпечні) КМІО = 30–300;

3-й (помірно небезпечні) КМІО = 3–30;

4-й (малонебезпечні) КМІО = < 3.

Серед небезпечних хімічних речовин виділяється особлива група речовин, що є найбільш небезпечними для людей у випадку потрапляння в навколишнє середовище. Речовини цієї групи називаються Небезпечними хімічними речовинами (НХР).

Прийняті два критерії добору в групу НХР: перший – належність токсичної речовини до 1–2 класу небезпеки за КМІО; другий – імовірність і масштаби можливого зараження повітря, води, місцевості при виробництві, транспортуванні та зберіганні НХР. Введення другого критерію зумовлено тим, що з досить великої кількості відомих і запланованих на майбутній випуск хімічних сполук, віднесених за величиною КМІО до 1–2 класу небезпеки, реальну загрозу масового ураження людей становить лише та їх частина, яка характеризується великим масштабом виробництва, споживання, зберігання і транспортування.

Клас небезпеки шкідливих речовин встановлюють залежно від норми та показників, що вказані в табл. 11.1.

Віднесення шкідливої речовини до класу небезпеки здійснюють за показником, значення якого відповідає найбільш високому класу небезпеки.

Таблиця 11.1 – Визначення класу небезпеки шкідливих речовин

Найменування показників	Норма для класу небезпеки			
	1	2	3	4
Гранично допустима концентрація (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони, мг/м ³ .	Менше 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	Більше 10,0
Середня смертельна доза при введенні в шлунок, мг/кг.	Менше 15	15-150	151-5000	Більше 5000
Середня смертельна доза при нанесенні на шкіру, мг/кг.	Менше 100	100-500	501-2500	Більше 2500
Середня смертельна концентрація у повітрі, мг/м ³	Менше 500	500-5000	2001-50000	Більше 50000
Коефіцієнт можливості інгаляційного отруєння (КМІО).	Більше 300	300-30	29-3	Менше 3
Зона гострої дії.	Менше 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	Більше 54,0
Зона хронічної дії.	Більше 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	Менше 2,5

Важливе значення має також визначення ступеню токсичності небезпечних речовин.

До високотоксичних відносяться речовини, які за своїми біологічними властивостями та токсичністю належать до 1 класу небезпеки, а до токсичних – речовини, які за своїми біологічними властивостями та токсичністю належать до 2 класу небезпеки. В тих випадках, коли речовина не віднесена до визначеного класу небезпеки, це здійснюється МОЗ. В табл. 11.2. представлені критерії визначення ступеню токсичності небезпечних речовин.

Таблиця 11.2 – Визначення ступеню токсичності небезпечних речовин

Клас речовини	ГДК у повітрі робочої зони, міліграмів на 1м ³	Середня смертельна доза (LD ₅₀) при потрапленні в шлунок, грамів на 1 кг ваги тіла	Середня смертельна доза (LD ₅₀) при впливі на шкіру, мл на 1кг ваги тіла	Середня смертельна доза (LD ₅₀) у повітрі мл на 1м ³	Дискримінуюча доза, мл на 1кг ваги тіла
Високотоксична	Менше як 0,1	Менше як 15	Менше як 100	Менше як 500	Менше як 5
Токсична	0,1-1	15-150	100-500	500-5000	5

11.3 Зони та масштаби зараження небезпечними хімічними речовинами

Характер обстановки при аваріях на ХНО з витіканням НХР і можливі наслідки залежать від масштабів і виду аварії, кількості викинутої речовини, її фізико-хімічних і токсичних властивостей, метеорологічних умов та ін. факторів.

Масштаб, тривалість та небезпека – основні характеристики хімічного ураження. Масштаб хімічного ураження характеризує просторові межі ЗХЗ. Визначається він зоною – площею, в межах якої існує небезпека ураження незахищеного населення і включає район застосування хімічної зброї та зону поширення отруйних речовин.

Тривалість дії хімічного ураження – елемент, що характеризує межі виявлених вражаючих факторів отруйних речовин; зумовлюється тривалістю ОР на різних поверхнях і зберігає свої вражаючі дії на незахищене населення.

Масштаби зараження НХР залежно від їх фізичних властивостей і агрегатного стану розраховуються за первинною і вторинною хмарами, а саме:

- Для стиснутих газів тільки за первинною хмарою
- Для зріджених газів – за первинною і вторинною хмарами;
- Для НХР, що киплять вище температури навколишнього середовища, тільки за вторинною хмарою.

Визначення масштабів зараження НХР при аварії ХНО і транспорті здійснюється згідно Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті (Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000).

Методика прогнозування наслідків впливу (викиду) небезпечних хімічних речовин при аваріях на промислових об'єктах і транспорті призначена для довгострокового (оперативного) і аварійного прогнозування масштабів зараження місцевості і приземного шару атмосфери небезпечними хімічними речовинами (НХР) при аваріях на хімічно-небезпечних об'єктах (ХНО) і транспорті, а також для визначення ступеня хімічної небезпеки ХНО і адміністративно-територіальних одиниць.

Довгострокове (оперативне) прогнозування здійснюється заздалегідь для визначення можливих масштабів зараження, сил і засобів, які залучатимуться для ліквідації наслідків аварії, складання планів роботи та інших (довідкових) матеріалів. Прогнозування наслідків аварій ХНО і

транспорті здійснюється розрахунковим методом з нанесенням прогнозованих зон хімічного зараження на топографічну карту відповідного масштабу.

Аварійне прогнозування здійснюється під час виникнення аварії за даними розвідки для визначення можливих наслідків аварії і порядку дій в зоні можливого зараження.

Висновки. Під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах пов'язаних з виходом НХР у навколишнє середовище можуть утворюватися вибухонебезпечні зони та зони хімічного зараження які можуть розповсюджуватися на значні відстані, поражаючи все живе, що трапляється на її шляху. Для розробки заходів щодо зменшення впливу зони зараження на людей потрібно завчасно визначити її розміри та швидкість переносу.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення понять «Небезпечна хімічна речовина, Аварія з НХР, Первинна та вторинна хмари НХР»
2. Дайте визначення понять «Зона можливого хімічного забруднення, Прогнозована зона хімічного забруднення»
3. На які групи поділяються хімічні речовини залежно від практичного використання?
4. В чому полягає токсична дія шкідливих речовин на організм людини?
5. Охарактеризуйте отруйні речовини за токсичністю.
6. Дайте характеристику високотоксичних хімічних речовин.
7. Від яких факторів залежать масштаби токсичності НХР?

Рекомендована література

1. Кодекс цивільного захисту України.
2. ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
3. Гіроль М.М., Нинник Л.Р., Чабан В.Й. Техногенна безпека: Підручник. – Рівне: УДУВГП, 2004. – 452 с.
4. Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».

ЛЕКЦІЯ 12. МЕТОДИКА ОЦІНКИ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ВИБУХОПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

12.1. Основні положення методики

12.2. Порядок оцінки наслідків аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктах

12.1 Основні положення методики

Зростання масштабів господарської діяльності і кількості великих промислових комплексів, концентрації на них агрегатів і установок великої і надзвичайно великої потужності, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях, великий знос основних фондів на об'єктах економіки – все це збільшує ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного походження, раптове виникнення яких призводить до значних соціально-екологічних і економічних збитків, необхідності захисту людей від дії шкідливих для здоров'я факторів ураження, проведення рятувальних, невідкладних медичних і евакуаційних заходів, а також ліквідації негативних наслідків, які склалися внаслідок виникнення надзвичайних техногенних ситуацій.

Прогнозування наслідків вибухів полягає у визначенні розмірів зони можливого ураження, ступеню ураження людей і руйнування об'єктів. Звичайно використовують один із двох методів прогнозування наслідків вибухів: зональний (спрощений) і імовірнісний.

Ризик враження людей на пожежовибухонебезпечних об'єктах значною мірою залежить від технологічного процесу виробництва та властивостей і кількості речовин, що беруть у ньому участь. Тому, для прогнозування та оцінки можливих аварій на пожежовибухонебезпечних об'єктах необхідно розглянути методику оцінки наслідків аварій на пожежо-, вибухонебезпечних об'єктах.

Призначення методики. Методика призначена для оцінки наслідків аварій на об'єктах зі зберігання, переробки й транспортування зріджених вуглеводневих газів (СВГ), стислих вуглеводневих газів (СТВГ), легкозаймистих рідин (ЛЗР), конденсованих вибухових речовин (КВР).

Методика може використовуватися в практичній діяльності працівниками ДСНС і цивільної оборони, науковими співробітниками в галузі промислової безпеки, а також співробітниками проектних організацій, що займаються питаннями проектування пожежо- і вибухонебезпечних виробництв.

Методика може бути використана також при розробці планів заходів щодо запобігання надзвичайних ситуацій і зменшенню збитку від наслідків аварій.

У методиці розглядаються наступні уражальні чинники:

- повітряна ударна хвиля (ПУХ), що утвориться в результаті вибухових перетворень хмар паливо-повітряних сумішей (ППС) і конденсованих вибухових речовин (КВР);
- теплове випромінювання вогневих куль і горіння розливу;
- осколки й уламки обладнання;
- уламки будинків і споруд, що утворюються в результаті вибухових перетворень хмар ППС і вибухів КВР;
- осколки, що утворюються при вибухах посудин під тиском.

Як показником наслідків вибухових явищ на промислових об'єктах внаслідок дії повітряної ударної хвилі, що утвориться в результаті вибуху хмар ППС або КВР, прийняті:

- **для людей** – кількість людей, що одержали смертельні ураження (не враховуючи заходів екстреної медичної допомоги) за умови їхнього знаходження на відкритій місцевості, у будинках і спорудах;
- **для забудови, що межує з осередком аварії** – ступінь руйнування будинків і споруд промислової й селітебної зон. Опис ступенів руйнування будинків і споруд наведено в табл. 12.1

Таблиця 12.1 – Ступені руйнування будинків і споруд.

Найменування ступені	Характеристика ступенів руйнування будинків і споруд
Повна	Руйнування й обвалення всіх елементів будинків і споруд (включаючи підвали)
Сильна	Руйнування частини стін і перекриттів верхніх поверхів, утворення тріщин у стінах, деформація перекриттів нижніх поверхів; можливо обмежене використання уцілілих підвалів після розчищення входів
Середня	Руйнування головним чином другорядних елементів (дахів, перегородок, віконних і дверних елементів), перекриття, як правило, не обвалюються. Частина приміщень придатна для використання після розчищення від уламків і проведення ремонту
Слабка	Руйнування віконних і дверних елементів і перегородок. Підвали й нижні поверхи повністю вцілили й придатні для тимчасового використання після збирання сміття й закладення прорізів

Як показник впливу теплових потоків на людей прийнятий відсоток людей, що одержала опіки 1 і 2- ступеню, а також смертельні ураження.

Вплив теплових потоків на будинки й споруди оцінюється можливістю займання горючих матеріалів.

У межах вогневої кулі або пожежі розливу люди отримують смертельні ураження, всі горючі матеріали запалюються, а 60% резервуарів зі зрідженими вуглеводневими газами вибухають із утворенням ефекту, "BLEVE".

Вихідні дані. Вихідні дані для прогнозування наслідків при вибухах хмар ППС, вогневих куль, горінні розливів і вибухах резервуарів:

- маса палива, що перебуває в різних місцях об'єкта (резервуарах, установках і т.д.);
- клас навколишнього простору (відповідно до табл. 12.2.)
- план об'єкта й прилягаючої території з картограмою розподілу людей;
- умови розтікання рідин (у піддон, в обвалування, вільно).

Таблиця 12.2 – Характеристики класів простору, що оточує місце потенційної аварії

№ класу	Характеристика простору
1	Наявність труб, порожнин і т.д.
2	Сильно захарашений простір: наявність напівзамкнених об'ємів, висока щільність розміщення технологічного обладнання, ліс, велика кількість повторюваних перешкод
3	Середньо захарашений простір: окремо розташовані технологічні установки, резервуарний парк
4	Слабко захарашений і вільний простір

Алгоритм проведення розрахунку:

1. Визначення маси речовини у хмарі паливо-повітряної суміші (ППС);
2. Визначення величини дрейфу й режиму вибухового перетворення хмари ППС;
3. Оцінка наслідків аварій
 - Вибухові перетворення хмар ППС;
 - Вогневі кулі;
 - Осколки обладнання.

12.2 Порядок оцінки наслідків аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктах

Визначення маси речовини у хмарі паливо повітряної суміші.

Порядок оцінки наслідків аварій на об'єктах зберігання, переробки й транспортування скраплених вуглеводневих газів (СКВГ).

При миттєвій розгерметизації резервуару, маса речовини M у хмарі буде дорівнювати повній масі СКВГ, що зберігалась у резервуарі.

При тривалому витіканні СКВГ з резервуару за умови, що отвір знаходиться нижче рівня рідини, маса речовини в хмарі M визначається за формулою:

$$M = 36 \cdot \rho \cdot S \sqrt{2 \frac{P - P_a}{(\rho + 2g)}} \quad (12.1)$$

де ρ – густина СКВГ, кг/м³;

S – площа поперечного перерізу отвору, м²;

P – тиск у резервуарі, Па.

P_a – атмосферний тиск, Па (нормальний атмосферний тиск становить $1,1 \times 10^5$ Па).

g – прискорення вільного падіння, 9.81 м/с²,

H – висота шару рідини над отвором, м.

При витіканні СКВГ із трубопроводу маса газу в хмарі визначається з наступного виразу:

$$M = 60 \cdot \rho \cdot S \cdot \sqrt{2 \frac{P - P_a}{\rho}} \cdot \left(1 + \frac{4 \cdot \lambda \cdot l}{d}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (12.2)$$

де l – довжина трубопроводу, м;

d – діаметр трубопроводу, м;

$$\lambda = \left(4 \cdot \lg\left(3,75 \frac{d}{c}\right)\right)^{-2} \quad (12.3)$$

c – товщина стінки трубопроводу, м.

Визначення величини дрейфу й режиму вибухового перетворення хмари ППС

За класом простору, що оточує місце запалення хмари (див. табл. 2) і класу речовини (див. табл. 12.3) за табл. 12.4 визначається режим вибухового перетворення хмари ППС.

Таблиця 12.3 – Класифікація вибухонебезпечних речовин.

клас 1	клас 2	клас 3	клас 4
ацетилен	акрилонітрил	ацетальдегід	бензол
вінілацетилен	акролеїн	ацетон	декан
водень	аміак	бензин	дизпаливо
гідразин	бутан	вінілацетат	дихлорбензол
метилацетилен	бутилен	вінілхлорид	додекан
нітрометан	пентадієн	гексан	гас
окис пропілену	бутадієн	генераторний газ	метан
ізопропілнітрат	пропан	ізооктан	метилбензол
окис етилену	пропілен	метиламін	метилмеркаптан
етилнітрат	сірковуглець	метилацетат	метилхлорид
	етан	метилбутил	нафталін
	етилен	кетон	окис вуглецю
	ефіри:	метилпропіл	фенол

Продовження таблиці 12.3

клас 1	клас 2	клас 3	клас 4
	диметилловий	метилетил	хлорбензол
	дивініловий	октан	етилбензол
	метилбутиловий	піридин	
		сірководень	
		спирти:	
		метилловий	
		етилловий	
		пропіловий	
		аміловий	
		ізобутиловий	
		ізопропіловий	
		циклогексан	
		етіформіат	
		етилхлорид	

Примітка: у випадку, якщо речовина не внесена в класифікацію, її варто класифікувати за аналогією з наявними в списку речовинами, а при відсутності інформації про властивості даної речовини, її варто віднести до класу I, тобто розглядати найнебезпечніший випадок.

Таблиця 12.4 - Режимы вибухового перетворення хмар ППС

Клас палива	клас навколишнього простору			
	1	2	3	4
1	1	1	2	3
2	1	2	3	4
3	2	3	4	5
4	3	4	5	6

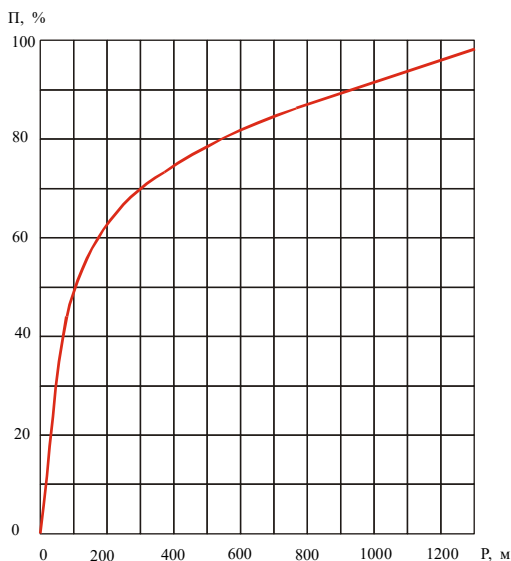


Рисунок 12.1 – Графік функції розподілу дрейфу хмари ППС

Величина дрейфу хмари, (відстань від центра хмари до розгерметизованого елемента) до моменту його запалення визначається за графіком на рис. 1, враховуючи, що величину дрейфу центра хмари ППС варто приймати рівною 300 м при миттєвій розгерметизації резервуару, і 150 м – при тривалому витіканні, що відповідає 70 % всіх випадків аварій. Напрямок дрейфу хмари ППС варто приймати виходячи із рози вітрів даного регіону або розглядати найнебезпечніший випадок (напрямок у бік найближчого населеного пункту й т.п.).

Оцінка наслідків аварій

Вибухові перетворення хмар ППС

Відповідно до обраного режиму вибухового перетворення, а також залежно від маси палива, що міститься в хмарі й відстані, що цікавить, по графіках (рис. 12.2 – 12.7) визначаються зон повних, сильних, середніх і слабких ступенів руйнування будинків і споруд з житловою й промисловою забудовою. Межі зони руйнування скління визначаються за графіком на рис. 12.2.

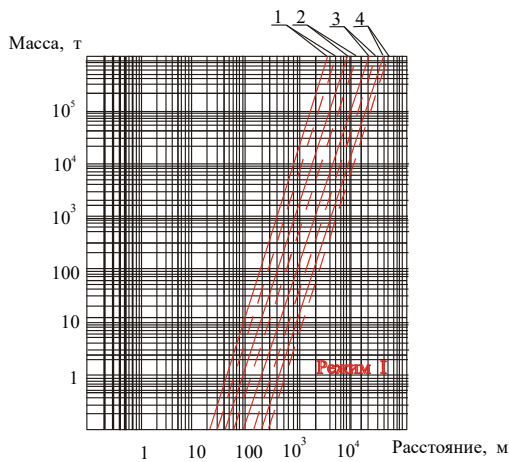


Рисунок 12.2 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань.

_____ - промислові будівлі

- - - - - житлові будинки

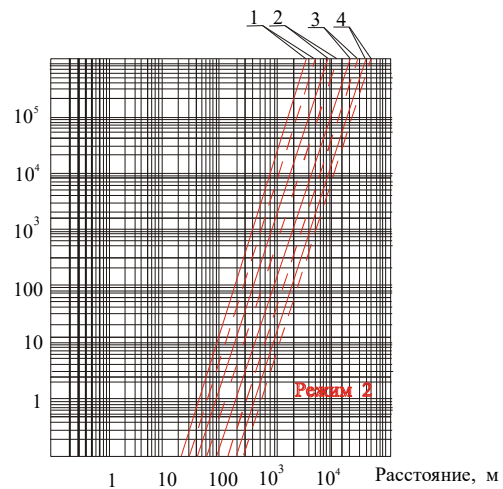


Рисунок 12.3 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань.

_____ - промислові будівлі

- - - - - житлові будинки

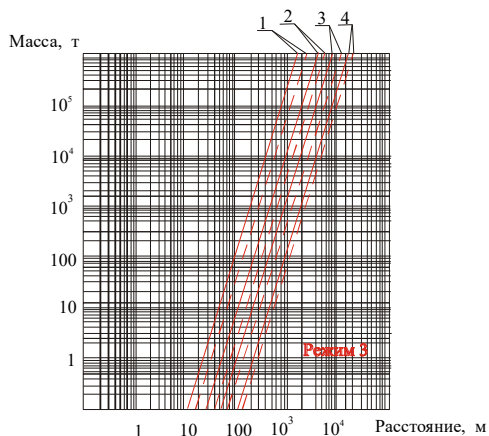


Рисунок 12.4 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань.

_____ - промислові будівлі

- - - - - житлові будинки

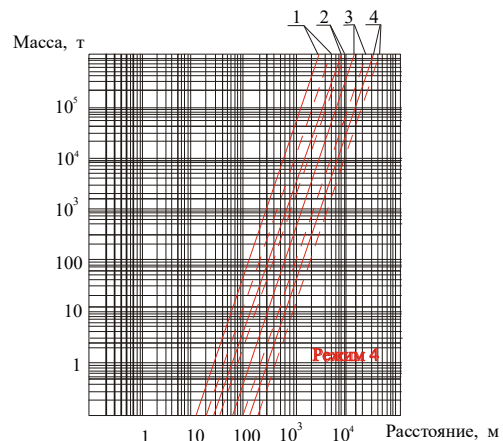


Рисунок 12.5 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань.

_____ - промислові будівлі

- - - - - житлові будинки

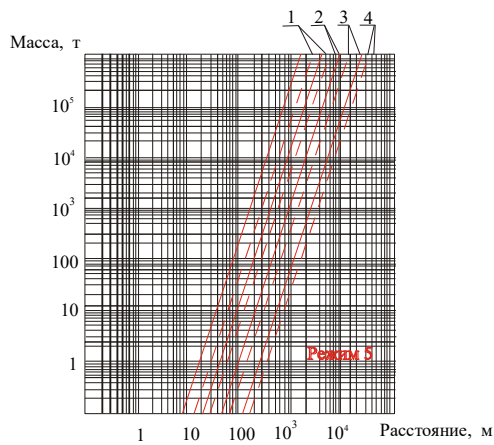


Рисунок 12.6 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань
 _____ - промислові будівлі
 - - - - - житлові будинки

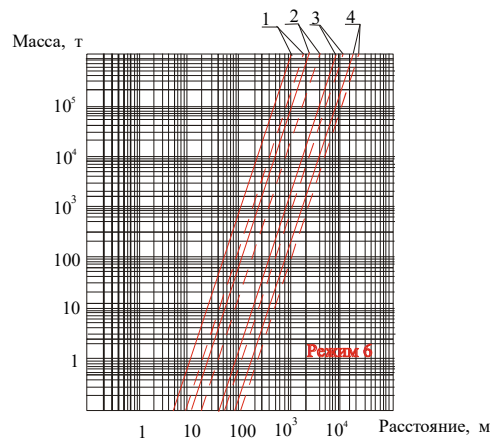


Рисунок 12.7 – Залежність ступеню руйнування будинку від маси палива й відстані:

1, 2, 3, 4 – межі зон повних, сильних, середніх і слабких руйнувань
 _____ - промислові будівлі
 - - - - - житлові будинки

Потім на план об'єкта наносяться зазначені межі зон руйнувань (як епіцентр варто приймати місце заpalення хмари), після чого визначаються будинки й споруди, що одержали той або інший ступінь руйнування.

Для людей, що перебувають на відкритій місцевості, відстань, на якій відбувається ураження ПУХ при різних режимах вибухових перетворень хмар ППС, визначається за графіками на рис. 12.8 – 12.13.

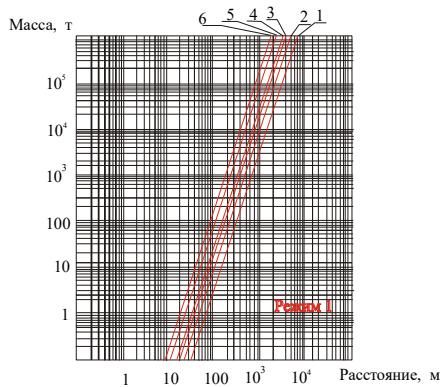


Рисунок 12.8 – Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження
 2 – 1 % уражених
 3 – 10 % уражених
 4 – 50 % уражених
 5 – 90 % уражених
 6 – 99 % уражених

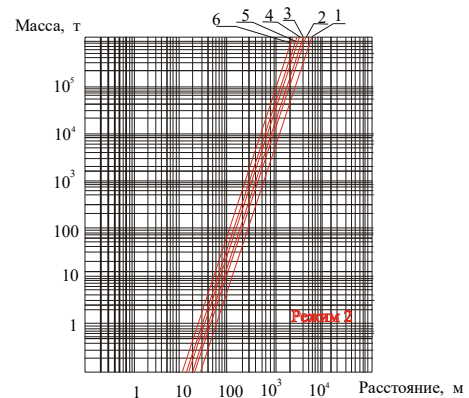


Рисунок 12.9 – Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження
 2 – 1 % уражених
 3 – 10 % уражених
 4 – 50 % уражених
 5 – 90 % уражених
 6 – 99 % уражених

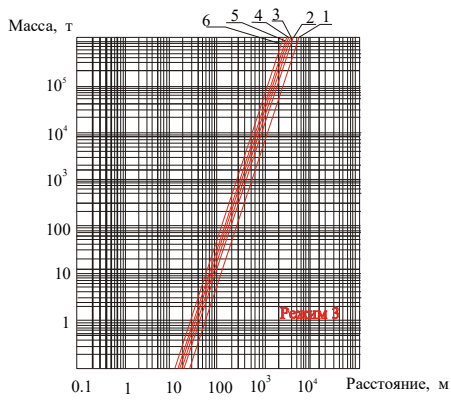


Рисунок 12.10 — Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження 4 – 50 % уражених
 2 – 1 % уражених 5 – 90 % уражених
 3 – 10 % уражених 6 – 99 % уражених

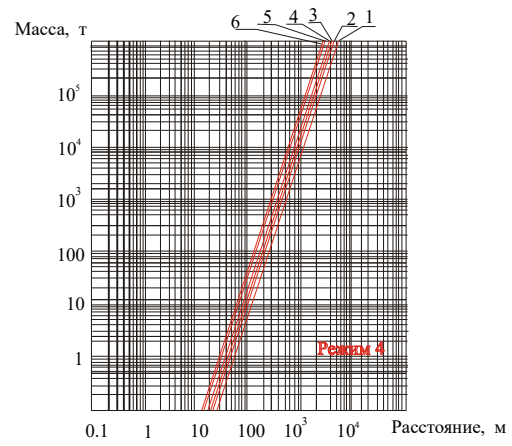


Рисунок 12.11 — Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження 4 – 50 % уражених
 2 – 1 % уражених 5 – 90 % уражених
 3 – 10 % уражених 6 – 99 % уражених

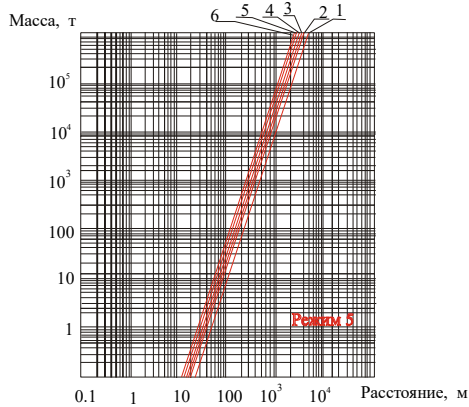


Рисунок 12.12 — Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження 4 – 50 % уражених
 2 – 1 % уражених 5 – 90 % уражених
 3 – 10 % уражених 6 – 99 % уражених

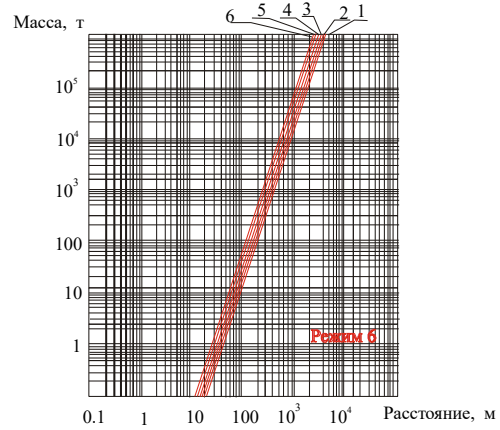


Рисунок 12.13 — Межі зон ураження людей при вибухах хмар ППС:

1 – поріг ураження 4 – 50 % уражених
 2 – 1 % уражених 5 – 90 % уражених
 3 – 10 % уражених 6 – 99 % уражених

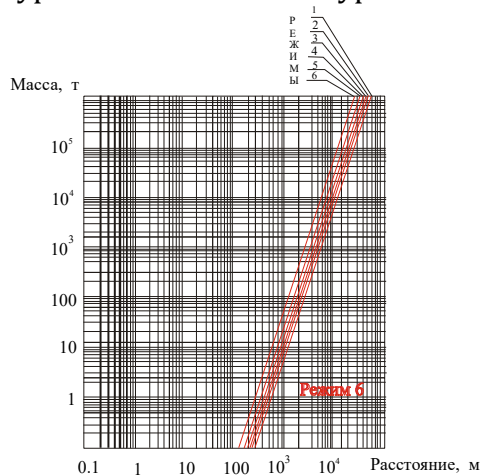


Рисунок 12.14 — Розміри зони руйнування скління при різних режимах вибухового перетворення хмари ППС

Кількість загиблих, серед людей, що перебувають на відкритій місцевості N_M , визначається за формулою:

$$N_M = \sum_{i=1}^6 \frac{n_{iM} \cdot P_{iM}}{100} \quad (12.4)$$

де n_{iM} - кількість людей, що перебувають в i -ій зоні (визначається за картограмою розподілу людей);

p_{iM} - відсоток людей, що гинуть в i -ій зоні:

$p_{1M} = 0\%$; $p_{2M} = 1\%$; $p_{3M} = 10\%$; $p_{4M} = 50\%$; $p_{5M} = 99\%$; $p_{6M} = 99\%$.

Кількість загиблих серед людей, що перебувають у будівлях N_3 визначається за формулою:

$$N_3 = \sum_{i=1}^4 n_{iЖ} \left(1 - \frac{p_{iЖ}}{100}\right) + \sum_{i=1}^4 n_{iП} \left(1 - \frac{p_{iП}}{100}\right) \quad (12.5)$$

де $n_{iЖ}$ - кількість людей, що потрапили в житлові й адміністративні будинки, що перебувають в i -ій зоні (за картограмою розподілу людей);

$p_{iЖ}$ - відсоток людей, що виживають у житлових і адміністративних будівлях, що потрапили й i -у зону (зона визначається у відповідності з Рисунок 2-7);

$p_{4Ж} = 98\%$; $p_{3Ж} = 94\%$; $p_{2Ж} = 85\%$; $p_{1Ж} = 30\%$;

$n_{iП}$ - кількість людей, що перебувають у промислових будівлях і спорудах, що потрапили в i -у зону (визначається за картограмою розподілу людей);

$p_{iП}$ - відсоток людей, що виживають у промислових будівлях та спорудах, що потрапили в i -у зону (зона визначається у відповідності з рис. 2-7);

$p_{4П} = 90\%$, $p_{3П} = 40\%$

Вогневі кулі.

Радіус вогневої кулі R визначається за формулою:

$$R = 3,2 \cdot m^{0,325} \quad (12.6)$$

а час її існування t за формулою:

$$t = 0,85 \cdot m^{0,26} \quad (12.7)$$

де $m = 0.6 M$, кг.

Імовірність ураження людей тепловим потоком залежить від індексу дози теплового випромінювання I , що визначається із співвідношення:

$$I = t \left(\frac{Q_0 \cdot R^2}{X^2} \right)^{\frac{4}{3}} \quad (12.8)$$

де X – відстань від центра вогневої кулі ($X > R$), м;

Q_0 - тепловий потік на поверхні вогневої кулі, кВт/м², значення якого для найпоширеніших речовин наведені в табл. 12.5.

Таблиця 12.5 – Значення теплового потоку на поверхні вогневої кулі діаметром більше 10 м

Речовина	Тепловий потік, кВт/м ²
Бутан	170
Етан	190
Етилен	180
Метан	200
Пропан	195

Частка уражених тепловим випромінюванням визначається за графіком на Рис.12.15.

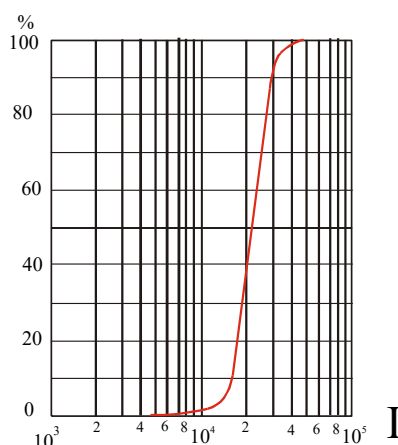


Рисунок 12.15 – Відсоток летальних випадків залежно від індексу дози теплового випромінювання I

Вплив вогневих куль на будівлі та й споруди, що не попадають у межі самої вогневої кулі, визначаються наявністю займистих речовин і величиною теплового потоку, що визначається за формулою (час життя вогневої кулі прийнято рівним 15 с):

$$q = \frac{Q_0 \cdot R^2}{X^2} \quad (12.9)$$

У табл. 12.6 наведені значення теплових потоків, що викликають займання деяких матеріалів. При величині теплового потоку більше 85 кВт/м² займання відбувається через 3-5 с.

Таблиця 12.6 – Теплові потоки, що спричиняють займання деяких матеріалів

Матеріал	Тепловий потік (кВт/м ³), що спричиняє займання за час (с)			
	15	180	300	900
Деревина	53	19	17	14
Покрівля м'яка	46	-	-	-
Парусина	36	-	-	-
Конвеєрна стрічка	37	-	-	-
Гума автомобільна	23	22	19	15
Каучук синтетичний	23	-	-	-
Шаруватий пластик	-	22	19	15
Пергамін	-	22	20	17

Примітка: прочерки означають відсутність даних.

Осколки обладнання

Число осколків при розриві сферичного резервуара із СКВГ визначається шляхом округлення величини N із співвідношення:

$$N = -3,77 + 0,0096 \cdot V \quad (12.10)$$

де V - об'єм резервуара, м³.

Середня маса одного осколка m визначається із співвідношення:

$$m = \frac{M_p}{N} \quad (12.11)$$

де M_p – маса оболонки резервуара, кг.

При розриві циліндричного резервуару утворюються два осколки рівної маси.

За графіком на рис. 12.16 визначається ймовірна дальність польоту осколка.

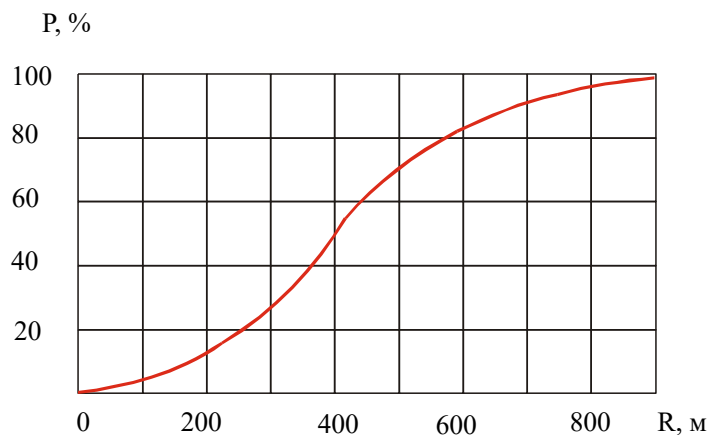


Рисунок 12.16 – Графік функції розподілу дальності розльоту осколків резервуару

Визначається перелік будинків і споруд, що попадають у зону розльоту осколків. Будинки одержують середній ступінь руйнування, а технологічні установки й трубопроводи – сильну.

По графіках на рис. 12.17 визначається число людей, що одержали смертельне ураження при розриві резервуару під тиском залежно від об'єму резервуару й щільності розміщення людей.

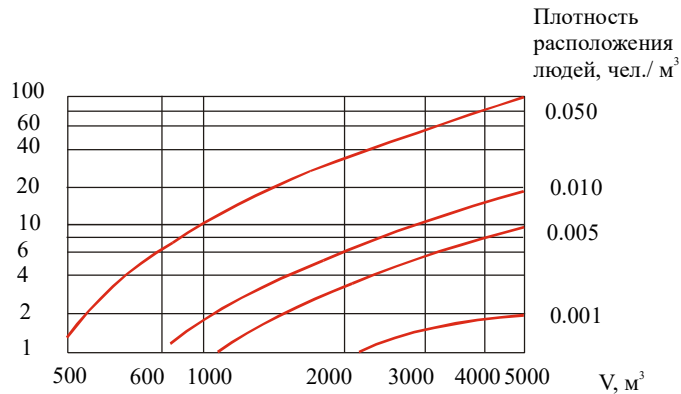


Рисунок 12.17 — исло уражених людей при вибуху посудин високого тиску залежно від об'єму посудини й щільності розташування людей, осіб / м²

Порядок оцінки наслідків аварії на об'єктах зі зберігання, переробки й транспортування стислих вуглеводневих газів (СТВГ)

При миттєвій розгерметизації резервуару, маса речовини M у хмарі буде дорівнювати повній масі СКВГ, що зберігалась у резервуарі.

При тривалому витіканні СТВГ з резервуару, маса речовини в хмарі M визначається за формулою:

$$M = 40 \cdot S_{\text{отв}} \cdot \sqrt{(P_0 \cdot \rho_0)} \quad (12.13)$$

де S_0 - площа поперечного перерізу отвору, м²;
 P_0 - тиск у резервуарі, Па;
 ρ_0 - густина газу, кг/м³.

При витіканні стисненого газу із труби маса речовини у хмарі визначається за формулою:

$$M = 66 \cdot S \cdot \sqrt{(P_0 \cdot \rho_0)} \quad (12.14)$$

де S - площа поперечного перерізу труби, м².
 Густина газу ρ_0 визначається із співвідношення:

$$\rho_0 = \frac{M_0 \cdot P_p}{R \cdot T} \quad (12.15)$$

де M_0 - молярна маса газу, кг/кмоль;

R – універсальна газова стала, Дж/(кмоль·К);

T - температура, К.

Порядок оцінки наслідків аварії на об'єктах зі зберігання, переробки й транспортування горючих рідин (ГР).

Об'єм рідини, що витекла з резервуару при його руйнуванні, приймається рівним 80 % від загального об'єму резервуару.

Об'єм рідини, що витікає з трубопроводу при його руйнуванні визначається за формулою:

$$V = 0,79 \cdot D^2 \cdot L \quad (12.16)$$

де D – діаметр трубопроводу, м;

L – довжина відрізка між сусідніми запірними клапанами, м.

Лінійний розмір розлиття залежить від об'єму рідини, що витекла, й умов розтікання. При вільному розтіканні діаметр розлиття може бути визначений зі співвідношення:

$$d = \sqrt{25,5 \cdot V} \quad (12.17)$$

де d - діаметр розливу, м;

V - об'єм рідини, м³.

При розлитті в піддон або обвалування необхідно визначити, чи закрито повністю шаром рідини їхнє дно. Умовою для закриття є наявність прошарку рідини товщиною більше 0,02 м, тобто:

$$\frac{V}{S} > 0,02, \quad (12.18)$$

де S - площа обвалування (піддона), м².

Величина теплового потоку q на заданій відстані R від пожежі розливу обчислюється за формулою:

$$q = 0,8 \cdot Q_0 \cdot e^{-0,03 \cdot x} \quad (12.19)$$

де Q_0 - тепловий потік на поверхні факелу полум'я, кВт/м², значення якого наведені в табл. 12.7;

x - відстань до фронту полум'я, м.

Відстань, на якій буде спостерігатися тепловий потік із заданою величиною q , визначається за формулою:

$$x = 33 \cdot \ln\left(1,25 \frac{Q_0}{q}\right) \quad (12.20)$$

Таблиця 12.7 – Тепловий потік на поверхні факелу полум'я від пожежі розливу

Речовина	Тепловий потік, кВт/м ²
Ацетон	80
Бензин	130
Дизельне паливо	130
Гексан	165
Метанол	35
Метилацетат	50
Вінілацетат	60
Аміак	30
Гас	90
Нафта	80
Мазут	60

Величина індексу дози теплового випромінювання визначається зі співвідношення:

$$I = 60 \cdot q^{\frac{4}{3}}. \quad (12.21)$$

Відсоток уражених визначається по графіках на рис. 12.15. Можливість займання різних матеріалів визначається за табл. 12.6.

Висновки. Таким чином, в лекції наведено метод оцінки наслідків аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктів, що можуть бути використані для визначення ймовірності ураження людей при вибуху пожежо-вибухонебезпечних сумішей або під час пожеж на таких об'єктах.

Питання для самоконтролю

1. Дати характеристику основним уражальним чинникам, які розглядаються в методиці.
2. Охарактеризувати ступені руйнування будинків і споруд
3. Надайте характеристику класів простору, що оточує місце потенційної аварії
4. За яким порядком оцінюються наслідки аварій на об'єктах зберігання, переробки й транспортування скраплених вуглеводневих газів
5. Навести класифікацію вибухонебезпечних речовин.
6. Охарактеризувати вибухові перетворення хмар паливо-повітряних сумішей.
7. Наведіть формулу розрахунку ймовірності ураження людей тепловим потоком.

Рекомендована література

1. Стоєцький В.Ф., Дранішніков Л.В., Жартовський В.М., Найверт А.В. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Астон, 2006. – 424 с.

ЛЕКЦІЯ 13. МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ АВАРІЙ НА ХІМІЧНО- ТА РАДІАЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

13.1 Загальні положення Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті

13.2 Прогнозування аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті

13.3 Визначення розмірів, положення та інших характеристик зон планування і проведення заходів щодо захисту населення від радіаційного забруднення

13.1 Загальні положення Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті

Терміни, що використовуються в цій лекції, даються у відповідності з їх визначенням у ДСТУ 4933:2008 «Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять» та наказу МВС України від 29.11.2019 р. № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».

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 і/або хімічного забруднення навколишнього природного середовища.

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

Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО) – об'єкт, на якому використовують, переробляють, зберігають або транспортують НХР, 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.

Хмара НХР – це суміш парів і дрібних крапель НХР з повітрям в обсягах (концентраціях), небезпечних для довкілля (уражальних концентраціях). Розрізняють первинну і вторинну хмару забрудненого повітря.

Первинна хмара небезпечних хімічних речовин – хмара НХР, яка утворюється внаслідок миттєвого (1-2 хв.) переходу в атмосферу всього об'єму ємності з НХР або її частини.

Вторинна хмара небезпечних хімічних речовин – хмара НХР, яка утворюється внаслідок випаровування розлитої НХР з поверхні.

Хімічно небезпечна адміністративно-територіальна одиниця адміністративно-територіальна одиниця (АТО), до якої зараховуються область, район, а також будь-які населені пункти, що потрапляють у зону можливого хімічного забруднення в разі виникнення аварії на хімічно небезпечному об'єкті.

Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ) – територія або акваторія, у межах якої в разі зміни напрямку вітру можливе переміщення хмари НХР з концентрацією, небезпечною для життя людини;

Зона хімічного забруднення (ЗХЗ) – територія або акваторія, у межі якої потрапили НХР у концентраціях або кількостях, що протягом певного часу створюють небезпеку для життя та здоров'я людей і завдають шкоди навколишньому природному середовищу. ЗХЗ є сукупністю забруднених площ району аварії та площ, утворених первинною та/або вторинною хмарою НХР;

Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ) – розрахована зона в межах зони можливого хімічного забруднення.

Гранично допустима концентрація небезпечної хімічної речовини (ГДК) – максимальна кількість НХР у повітрі, що вимірюється в одиниці об'єму або маси, яка в разі постійного контакту з людиною або впливу на неї за визначений проміжок часу практично не впливає на здоров'я людини та не викликає несприятливих наслідків;

Порогова токсодоза $РС_{t50}$ – найменша інгаляційна токсодоза НХР, що викликає в людини, яка не забезпечена засобами захисту органів дихання, початкові симптоми ураження;

До хімічно небезпечних об'єктів відносяться не лише підприємства хімічною, нафтохімічною, металургійною і інших галузей промисловості, де токсичні хімічні речовини містяться в сировині, допоміжних матеріалах, технологічних сумішах, продуктах і відходах. Значні маси НХР зосереджені на об'єктах харчової, м'ясомолочної промисловості, в житлово-комунальному господарстві та ін.

Хімічна (токсична) небезпека відрізняється низкою важливих специфічних особливостей: По-перше, хімічні продукти (небезпечні хімічні

речовини – НХР) використовуються великою кількістю хімічно-небезпечних об'єктів (ХНО).

Небезпека властива не лише стаціонарним хіміко-технологічним об'єктам, але і транспортним засобам, що перевозять по суші, воді і повітря величезні маси НХР. По-друге, токсична небезпека хімічних продуктів, які виробляються і використовуваних в промисловості, проявляється не тільки у аваріях, але і при «нормальному» режимі експлуатації промислових підприємств. По-третє, хімічна небезпека, обумовлена попаданням хімічно небезпечних речовин в довкілля, може проявлятися на значному віддаленні від джерел токсичного забруднення. По-четверте, до токсичної дії схильні буквально усі представники біосфери. По-п'яте, і це чи не головна особливість хімічної небезпеки, властивості багатьох НХР, здатність негативно впливати на людину, вивчені слабо.

Спочатку розглянемо прогнозування наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах.

Для прогнозування наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах в Україні на сьогоднішній день використовується Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті, що затверджена наказом МВС України від 29.11.2019 р. № 1000.

Методику призначено для використання органами управління та силами цивільного захисту єдиної державної системи цивільного захисту, які організовують, здійснюють та забезпечують заходи із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації аварій, пов'язаних з виливом (викидом) НХР, та їх наслідків.

Методика дає змогу здійснити довгострокову (оперативну) та аварійну оцінку обстановки в разі виникнення аварій, пов'язаних з виливом (викидом) НХР із технологічних ємностей на ХНО, автомобільному, річковому, залізничному (під час перебування в нерухомому стані) та трубопровідному транспорті.

Методика поширюється на НХР, які в разі виникнення аварії переходять у навколишнє середовище в газоподібному, пароподібному та аерозольному агрегатних станах із утворенням первинної та/або вторинної хмари, та не поширюється на НХР, які не переходять у газоподібний, пароподібний або аерозольний стани.

Для визначення ризиків від НС, пов'язаних з викидом (виплеском) НХР, застосовують методику довгострокового (оперативного) прогнозування.

13.2 Прогнозування аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті

Згідно наказу МВС України від 29.11.2019 р. № 1000 «Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпеч-

них хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті» (тут і далі – Методики) оцінка хімічної обстановки передбачає визначення:

- масштабів хімічного забруднення;
- ступеня небезпеки хімічного забруднення;
- тривалості хімічного забруднення.

Основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є:

- радіус R_A (км) та площа S_A (км²) району аварії;
- глибина Γ_1 (км) та площа S_1 (км²) поширення первинної хмари НХР;
- глибина Γ_2 (км) та площа S_2 (км²) поширення вторинної хмари НХР.

Радіус району аварії R_A (радіус кола, що визначає зовнішні кордони району аварії) залежить від виду НХР й умов її зберігання (використання). Під час проведення розрахунків значення R_A приймається:

- для зріджених газів та рідких НХР з низькою температурою кипіння, що зберігаються в технологічних ємностях об'ємом до 100 т, – 0,5 км, в інших випадках – 1 км;
- для рідких НХР з високою температурою кипіння в разі руйнування технологічних ємностей об'ємом до 100 т – 0,2–0,3 км, в інших випадках – 0,5 км.

У разі виникнення пожежі радіус району аварії необхідно збільшувати в 1,5–2 рази, що обумовлено можливістю викиду більшої кількості НХР, а також розкидання НХР внаслідок вибуху.

Глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у первинну хмару, визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{T1} \times K_{t1} \times K_k \times K_m, \quad (13.1)$$

де Γ_{T1} – табличне значення глибини поширення первинної хмари (км);
 K_{t1} – поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на глибину поширення первинної хмари НХР. (додаток 2 Методики);

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, наведені в додатку 1 Методики. Для його визначення розраховується співвідношення заданої маси НХР Q_z (т) до найближчого значення типової маси НХР Q_T (т). Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежить від величини співвідношення Q_z/Q_T та ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі. Ступені

вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведено в додатку 3 Методики. Значення коефіцієнта пропорційності K_k залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі наведені в додатку 4 Методики;

K_M – коефіцієнт впливу місцевості. Значення коефіцієнта K_M визначається із урахуванням комплексного показника K_p . Значення коефіцієнта впливу місцевості K_M наведені в додатку 5 Методики. Значення комплексного показника K_p наведені в додатку 6 Методики.

Для НХР, дані про які відсутні в додатку 1 до Методики, глибина поширення первинної хмари НХР на рівнинній місцевості Γ_{1p} (км) визначається за формулою

$$\Gamma_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^a, \quad (13.2)$$

де Q_1 – кількість НХР, що переходить у первинну хмару (т);

u_1 – швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);

PC_{t50} – значення порогової токсодози (г×с/м²). Фізико-хімічні властивості деяких НХР зазначені в додатку 7 Методики або визначаються за формулою (5);

a та b_1 – коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon), \quad (13.3)$$

$$b_1 = 15,4 \times \exp(6,96 \times \varepsilon), \quad (13.4)$$

де ε – параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює:

- для ізотермії: 0;
- для конвекції: – 0,1 ... – 0,2;
- для інверсії: 0,1 ... 0,2;

Чисельні значення порогової токсодози PC_{t50} визначаються за формулою:

$$PC_{t50} = 14,4 \times ГДК \times K, \quad (13.5)$$

де $ГДК$ – гранично допустима концентрація речовини в повітрі (мг/м³). Довідкова інформація про деякі НХР наведена в додатку 8 Методики, за потреби для визначення $ГДК$ окремих НХР можна використовуву-

вати науково-технічну та довідкову літературу, відповідні національні та міжнародні стандарти тощо;

K – поправний коефіцієнт:

- для НХР дратівливої дії дорівнює 5;
- для НХР отруйної дії – 9.

Залежно від агрегатного стану НХР визначається можливість утворення первинної/ вторинної хмари.

У разі утворення лише первинної хмари кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), дорівнює загальній кількості НХР Q (кг).

Якщо можливе утворення вторинної хмари, кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1 (кг), визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times C_v \times (t_a - t_k)}{\lambda}, \quad (13.6)$$

де Q – загальна кількість НХР у ємності (кг);

C_v – питома теплоємність рідини (кДж/кг × °С);

t_a – температура НХР у рідкому стані до руйнування ємності (°С);

t_k – температура кипіння НХР (°С);

λ – питома теплота випаровування (кДж/кг).

Глибина поширення первинної хмари НХР Γ_1 (км) з урахуванням типу місцевості визначається за формулою:

$$\Gamma_1 = \Gamma_{1p} \times K_m. \quad (13.7)$$

Значення глибини поширення вторинної хмари для деяких НХР Γ_{T2} (км), наведені в додатку 9 до Методики (значення не охоплюють радіус району аварії R_A), зазначено для типових ємностей у яких зберігається НХР, за умови їх повної розгерметизації, значення порогової токсодози PC_{t50} та розповсюдження хмари на відкритій рівнинній місцевості.

Глибина поширення розрахована для середніх умов, у разі глибокої інверсії глибина поширення збільшується в 1,5-2 рази.

З урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у вторинну хмару, глибина поширення вторинної хмари НХР Γ_2 (км) визначається за формулою:

$$\Gamma_2 = \Gamma_{T2} \times K_{T2} \times K_k \times K_m. \quad (13.8)$$

де Γ_{T2} – табличне значення глибини поширення вторинної хмари;

K_{t_2} – поправний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря. Значення поправного коефіцієнта K_{t_2} , що враховує вплив температури повітря на глибину поширення вторинної хмари НХР, наведені в додатку 10 Методики;

K_k – коефіцієнт пропорційності, що враховує розбіжності заданої маси НХР з типовими масами НХР, зазначені в додатку 9 Методики.

Визначення коефіцієнта K_k здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР;

K_m – коефіцієнт впливу місцевості. Визначення коефіцієнта K_m здійснюється так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Кількість НХР, що перейшла у вторинну хмару Q_2 (кг), визначається за формулою

$$Q_2 = Q_1 - Q. \quad (13.9)$$

Час випаровування НХР τ (год.) з площі поверхні виливу визначається за формулою:

$$\tau = \frac{Q_2}{3600 \times E \times S_{np}}, \quad (13.10)$$

де E – питома швидкість випаровування (кг/м² × с), та визначається за формулою ;

S_{np} – площа поверхні виливу НХР (м²).

Площа поверхні виливу S_{np} визначається за формулою:

$$S_{np} = \frac{\pi \times d_{np}^2}{4}, \quad (13.11)$$

де d_{np} – приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м).

Приведений діаметр площі поверхні виливу НХР d_{np} (м) визначається за формулами:

за наявності піддона (обвалування):

$$d_{np} = 1,22 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}, \quad (13.12)$$

за відсутності піддона (обвалування):

$$d_{np} = 5,04 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}, \quad (13.13)$$

де 1,22 та 5,04 – розмірні коефіцієнти (м^{-0,5});

Q – кількість НХР у ємності (кг);

Q_1 – кількість НХР, що перейшла в первинну хмару (кг);

ρ – густина НХР (кг/м³).

У формулі (10) висота піддона (обвалування) дорівнює 1 м у разі його заповнення на 85 %.

Для ємностей об'ємом більше 2000 т висота піддона (обвалування) може бути більшою. У цьому разі приведений діаметр площі поверхні виливу НХР для ємностей об'ємом більше 2000 т за наявності піддона (обвалування) визначається за формулою:

$$d_{np} = \frac{1,22}{\sqrt{H}} \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}}, \quad (13.14)$$

де H – висота піддона (обвалування) (м).

Питома швидкість випаровування E (кг/м² × с) визначається за формулою:

$$E = 0,041 \times \frac{u_1 \times M}{d_{np}^{0,14} \times T_g} \exp \left[\frac{\lambda \times M}{R} \times \left(\frac{1}{T_k} - \frac{1}{T_g} \right) \right], \quad (13.15)$$

де u_1 – швидкість повітря на висоті 1–10 м (м/с);

M – молекулярна маса НХР (г/моль);

d_{np} – приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м);

T_k – температура кипіння НХР (К);

T_g – температура випаровування НХР (К);

λ – питома теплота випаровування (кДж/кг);

R – універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 кДж/кмоль × К.

Вплив місцевості на значення глибини поширення вторинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_2 на коефіцієнт впливу місцевості K_m , що визначається так, як і у разі поширення первинної хмари НХР.

Площа первинної (вторинної) хмари НХР $S_{1(2)}$ (км²) визначається за формулою:

$$S_{1(2)} = \frac{(\Gamma_{1(2)} + R_A)^2 \times \varphi}{60}, \quad (13.16)$$

де $\Gamma_{1(2)}$ – глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км)

R_A – радіус району аварії (км);

φ – половина кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю P_Γ . Значення кута φ (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності P_Γ наведені в додатку 11 Методики. Зображення кута сектора наведено на Схемі поширення первинної та вторинної хмари НХР (рис. 13.1).

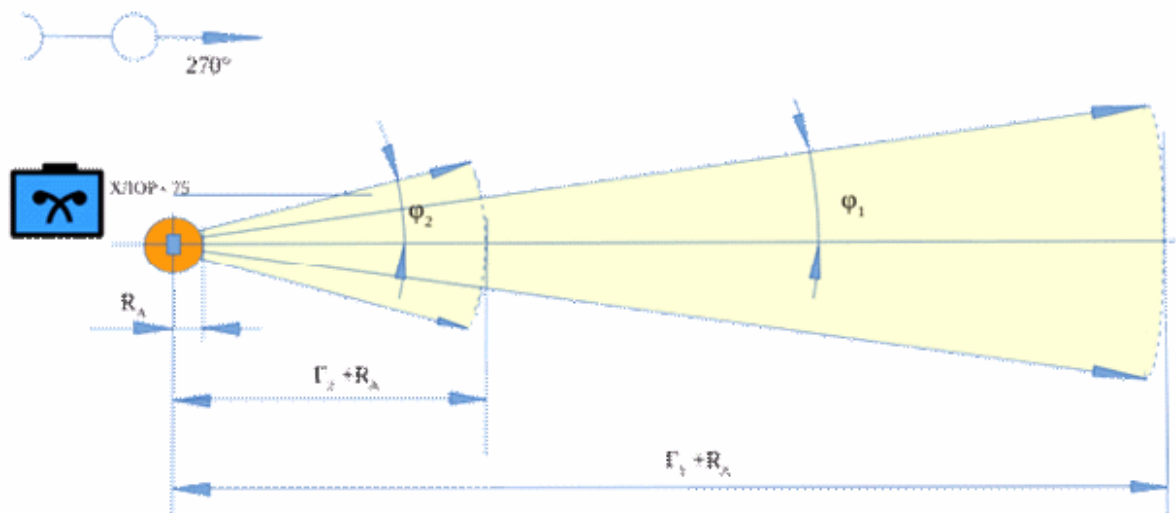


Рисунок 13.1 – Схема поширення первинної та вторинної хмари НХР

Довірча ймовірність P_Γ визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $P_\Gamma = 0,9$;
- у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних про об'єкт в умовах викиду (випливу) НХР $P_\Gamma = 0,5$;
- у разі наявності не всіх вихідних даних $P_\Gamma = 0,75$.

Площа прогнозованої зони хімічного забруднення $S_{ПЗХЗ}$ (км²) визначається залежно від значень радіусу аварії R_A , глибини поширення $\Gamma_{1(2)}$ первинної (вторинної) хмари та відповідних кутів сектору поширення цих хмар $\varphi_{1(2)}$.

Якщо $\Gamma_1 < \Gamma_2$:

за умов $\varphi_1 < \varphi_2$:

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \varphi_2}{180} \right), \quad (13.17)$$

за умов $\varphi_2 < \varphi_1$:

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \varphi_1}{180} + \frac{(\Gamma_1^2 - \Gamma_2^2) \times \varphi_2}{180} \right), \quad (13.18)$$

Якщо $\Gamma_2 < \Gamma_1$:

за умов $\varphi_1 < \varphi_2$:

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_2^2 - R_A^2) \times \varphi_2}{180} + \frac{(\Gamma_2^2 - \Gamma_1^2) \times \varphi_1}{180} \right), \quad (13.19)$$

за умов $\varphi_2 < \varphi_1$:

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{(\Gamma_1^2 - R_A^2) \times \varphi_1}{180} \right), \quad (13.20)$$

Основним показником, що характеризує ступінь небезпеки хімічного забруднення, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об'єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

Кількість уражених B (осіб) визначається за формулами:

$$B = L \times (1 - K_3), \quad (13.21)$$

або

$$B = \Delta \times S_{об.} \times (1 - K_3), \quad (13.22)$$

де L – кількість виробничого персоналу (населення) в осередку ураження (осіб);

K_3 – коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР. Коефіцієнт захищеності виробничого персоналу K_3 від дії НХР (по хлору) зазначено в додатку 13 Методики. Коефіцієнт захищеності міського та сільського населення K_3 від дії НХР зазначено в додатку 14 Методики;

Δ – середня щільність розміщення виробничого персоналу (населення) на території об'єкта (населеного пункту) (осіб/км²);

$S_{об.}$ – площа території об'єкта (населеного пункту), що зазнала ураження (км²).

Значення коефіцієнта захищеності K_3 залежить від місця перебування виробничого персоналу (населення) у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта (населеного пункту) та захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Коефіцієнт захищеності K_3 виробничого персоналу (населення) визначається за формулою:

$$K_3 = q_1 K_{31} + q_2 K_{32} + q_3 K_{33} + q_4 K_{34} + \dots + q_i K_{3i}, \quad (13.23)$$

де $q_{(1, 2, 3, 4, \dots, i)}$ – частка виробничого персоналу (населення), що знаходиться в умовах перебування 1, 2, 3, 4, .. i , наприклад:

де 1 – виробничий персонал (населення), що знаходиться на відкритій місцевості;

2 – виробничий персонал (населення), який забезпечено протигазами;

3 – виробничий персонал (населення), що знаходиться в укриттях;

4 – виробничий персонал, що знаходиться у виробничих будівлях тощо.

Під час розрахунку враховуються лише ті показники, що мають місце, а за потреби додаються додаткові.

Для визначення кількості уражених від первинної хмари НХР використовується значення коефіцієнта захищеності на час перебування в осередку ураження 15 та 30 хв., наведені в додатку 14 Методики.

Тривалість хімічного забруднення характеризується тривалістю уражальної дії НХР та залежить від часу її випаровування з площі виливу та визначення часу підходу хмари НХР до об'єкта.

Час випаровування НХР $\tau_{вип.}$ (год.) з площі виливу розраховується за формулою:

$$\tau_{вип.} = \tau_{вип. таб.} \times K_u, \quad (13.24)$$

де $\tau_{вип. таб.}$ (год.) – час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с. Час випаровування НХР за швидкості повітря 1 м/с зазначено в додатку 15 Методики;

K_u – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості вітру на час випаровування НХР. Значення коефіцієнта K_u залежно від швидкості вітру наведені в додатку 16 Методики або визначаються за формулою:

$$K_u = \frac{1}{0,44 \times u + 0,56}, \quad (13.25)$$

де u – швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с).

Для НХР, дані про які відсутні в додатку 15 Методики, час випаровування НХР з площі виливу $\tau_{\text{вин}}$ (год.) визначається за формулою (10).

Час підходу хмари НХР до об'єкта t (год.), що знаходиться в межах зон розповсюдження первинної Γ_1 та/або вторинної Γ_2 хмар НХР, залежить від швидкості перенесення хмари повітряними потоками та визначається за формулою:

$$t = \frac{X}{v}, \quad (13.26)$$

де X – відстань до об'єкта, км;

v – швидкість перенесення хмари повітряними потоками (км/год.).

13.3 Визначення розмірів, положення та інших характеристик зон планування і проведення заходів щодо захисту населення від радіаційного забруднення

Атомна енергетика є однією з галузей енергетичного комплексу країни. Виробництво атомної енергії й виробництво на її основі електричної енергії здійснюються на атомних електростанціях (АЕС), головним елементом яких є ядерні енергетичні реактори (ЯЕР). Усі діючі і споруджувані в Україні атомні електростанції має водо-водяні енергетичні реактори типу ВВЕР-440, ВВЕР-1000 і розміщуються на території із високою щільністю населення.

Виробництво атомної енергії в ядерних енергетичних реакторах супроводжується накопиченням радіоактивних речовин (РР). Величина активності продуктів розпаду, накопичених у ЯЕР, досягає 10 млрд Кі (для реактора потужністю 1000 МВт ел.). При цьому понад 99,9% від загальної активності зосереджено в ядерному паливі працюючого реактора. При нормальній експлуатації АЕС накопичені в реакторі радіоактивні речовини практично не можуть потрапити в навколишнє середовище в кількостях, що перевищують гранично припустимі. Однак, як показує практика експлуатації АЕС у нашій країні й за кордоном, існує потенційна небезпека виникнення надзвичайних ситуацій у результаті руйнування реактора, наслідки яких можуть призвести до радіаційного ураження населення.

Руйнування ядерного реактора може відбутися в результаті помилок дій персоналу АЕС, зовнішніх факторів стихійних лих, впливу сучасних засобів ураження та інших інцидентів. Наймасштабнішими аваріями

ями з руйнуванням корпусу реактора є аварія на ЧАЕС (26.04.1986 р.) та аварія на атомній електростанції Фукусіма-1 (11.03.2011 р.). При руйнуванні реактора в результаті впливу звичайними засобами ураження відбувається руйнування технологічного обладнання, повне знеструмлення реактора, відмова всіх систем безпеки, втрата теплоносія, розігрів і плавлення палива, руйнування АЗ і корпусу реактора. При цьому можливий розгін реактора й взаємодія розплаву палива з водою, що призводять до парового вибуху та миттєвого викиду значної частини РР у навколишнє середовище, з наступним розплавлюванням всієї АЗ реактора й подальшого тривалого витікання РР. Характеристики викиду РР при руйнуванні ЯЕР від зовнішнього впливу відповідає 7 рівню по шкалі МАГАТЕ.

Викинуті з ушкодженого реактора РР у вигляді газів, пару і аерозолів утворюють хмара, що, поширюючись по напрямку вітру, викликає радіоактивне забруднення.

При руйнуванні реактора на АЕС уражальна дія на населення відбувається за рахунок зовнішнього гамма-опромінення від радіоактивної хмари й забрудненої радіоактивними опадами місцевості, внутрішнього опромінення в результаті інгаляційного надходження РР в організм людини. Дія цих джерел випромінювання будуть визначати радіаційний стан території чи об'єкта.

Під *радіаційним станом* розуміють масштаби і ступінь іонізації навколишнього середовища природними та штучними джерелами випромінювання. Залежно від ступеня іонізації середовища радіаційний стан може бути:

- *нормальним* – потужність дози до 0,6 мкЗв/год (60 мкР/год),
- *аномальним* – потужність дози від 0,6 до 1,2 мкЗв/год (60-120 мкР/год),
- *радіоактивним забрудненням* – потужність дози понад 1,2 мкЗв/год (120 мкР/год).

Контроль радіаційного стану, який є складовою частиною загального контролю за станом навколишнього середовища, полягає у проведенні *радіоекологічного моніторингу* – спостереження, оцінки та прогнозування радіаційного стану, і на підставі його результатів визначення необхідності нормалізації стану та прийняття заходів щодо захисту населення і територій. Контроль радіаційного стану проводиться постійно на всій території країни, особлива увага при цьому приділяється районам розміщення ядерно небезпечних об'єктів, і в першу чергу атомних станцій.

Моніторинг довкілля здійснюється ДСНС, МОЗ, Мінагрополітики, Держкомлісгоспом, Мінприроди, Держводгоспом, Держкомземом, Держжитлокомунгоспом, їх органами на місцях, а також підприємствами, установами та організаціями, що належать до сфери їх управління, які є суб'єктами системи моніторингу за загальнодержавною і регіональними

(місцевими) програмами реалізації відповідних природоохоронних заходів.

Координацію діяльності суб'єктів системи моніторингу, розгляду поточних питань, пов'язаних з проведенням моніторингу довкілля, здійснює міжвідомча комісія з питань моніторингу довкілля із секціями за відповідними напрямками, склад та положення про яку затверджуються Кабінетом Міністрів України.

За результатами контролю радіаційного стану при аваріях на АС розробляються заходи щодо захисту населення на підставі НРБУ-97/Д-2000. При цьому для оцінки наслідків аварії на РНО використовують Методику визначення заходів щодо захисту населення при аваріях на АС.

Методологія призначена для розробки заходів щодо захисту населення при аваріях на АС методом прогнозування, методом виявлення та оцінки фактичного радіаційного стану за можливими фазами розвитку аварії шляхом визначення зон планування і проведення заходів щодо захисту населення, а також порядку їх виконання.

Відповідно до НРБУ-97/Д-2000 робота з визначення заходів щодо захисту населення виконується у два етапи:

I етап – визначення постійних зон планування заходів щодо захисту населення, яке проводиться завчасно;

II етап – визначення зон проведення заходів щодо захисту населення, що уточнює зони планування, яке здійснюється після виникнення аварії.

Такий метод визначення заходів щодо захисту дозволяє здійснити завчасну підготовку населення, сил, засобів ДСНС України до дій в умовах аварії, а також зекономити час на прийняття рішення щодо захисту населення і організацію його виконання. Метод може бути використаний для визначення заходів щодо захисту населення при аваріях на інших потенційно небезпечних об'єктах з урахуванням їх специфіки.

Для визначення можливої уражальної дії радіаційної аварії на персонал і населення на етапі прогнозування заздалегідь проводиться зонування території навколо РНО. При цьому встановлюються такі зони (у документах цивільного захисту):

Зона нагальних заходів захисту – територія, на якій доза зовнішнього опромінення усього тіла за час формування радіоактивного сліду може перевищити 75 рад або доза внутрішнього опромінення щитоподібної залози за рахунок інгаляційного надходження радіоактивного йоду до організму перевищить 250 рад.

Зона профілактичних заходів – територія, на якій доза зовнішнього опромінення може перевищити 25 рад, а внутрішнього – 30 рад.

Зона обмежень – територія, на якій доза зовнішнього опромінення може перевищити 10 рад, а внутрішнього – до 30 рад.

Зона можливого небезпечного радіоактивного забруднення – це територія, на якій прогнозується перевищення дозових навантажень понад 10 бер/рік, плануються і заздалегідь виконуються заходи щодо забезпечення захисту населення у разі радіаційної аварії на РНО.

При проведенні оперативних заходів щодо захисту персоналу та населення після виникнення радіаційної аварії на РНО, в зоні радіоактивного забруднення (з досвіду ліквідації аварії на ЧАЕС і в законах Російської Федерації та України) виділяють:

зону відчуження, в межах якої потужність дози радіоактивного випромінювання на момент остаточного формування радіоактивного сліду на місцевому може становити 20 мр/год і більше;

зону тимчасового відселення, в межах якої потужність дози радіоактивного випромінювання на момент остаточного формування радіоактивного сліду на місцевості може становити 5-20 мр/год. В окремих випадках зона тимчасовою відселення може бути поділена на зони обов'язкового і гарантованого добровільного відселення;

зону жорсткого радіаційного контролю, в межах якої потужності доз; радіоактивного випромінювання на момент остаточного формування радіоактивного сліду на місцевості можуть становити 3-5 мр/год.

В якості критерію для прийняття рішень може також бути прийнята щільність забруднення ґрунту радіонуклідами. За цим критерієм виділяють:

зону відчуження – територія, на якій щільності забруднення ґрунту, будівель та споруд радіоізотопами не допускають тривалого перебування людей без застосування відповідних засобів захисту;

зону обов'язкового (безумовного) відселення – територія, на якій щільність забруднення ґрунту ізотопами цезію, стронцію або плутонію, відповідно, 15; 3; 0,1 Кі/км²;

зону гарантованого добровільного відселення – територія зі щільність забруднення ґрунту ізотопами цезію, стронцію або плутонію, відповідно 5-15; 0,15-3; 0,01-0,1 Кі/км²;

зону жорсткого радіаційного (або посиленого радіоекологічного) контролю – територія зі щільністю забруднення ґрунту ізотопами цезію, стронцію або плутонію, відповідно 1-5; 0,02-0,15; 0,005-0,01 Кі/км².

У межах зон відчуження і обов'язкового відселення, так званих радіаційно небезпечних земель, неможливе подальше проживання населення і отримання сільськогосподарської продукції.

У межах зон гарантованого добровільного відселення і жорсткого радіаційного контролю, так званих радіаційно-забруднених земель, необхідне проведення заходів радіаційного захисту та інших спеціальних заходів, які спрямовані на обмеження додаткового опромінення і забезпечення нормальної господарської діяльності.

Визначення розмірів і положення зон планування заходів щодо захисту населення, які проводяться завчасно

Визначення розмірів і положення зон планування, заходів щодо захисту населення відбувається методом прогнозування за даними моделювання можливих аварій. Унаслідок можливої зміни напрямку вітру на початковій та ранній фазах розвитку аварії від його напрямку на момент викиду РР планування проводиться по кругових зонах.

Зона №1 – зона загальної випереджаючої евакуації населення за умови виникнення початкової фази аварії (ПФА). Зона являє собою круг з радіусом, який залежить від типу та потужності реактора (табл. 13.1).

Таблиця 13.1 – Радіуси зони евакуації №1

Тип реактору	Радіус (км)
ВВЕР - 1000, БН - 350, БН - 600	7
ВВЕР - 440 (проект 230)	10(15)
РБМК-1000(1 п)	15
РБМК- 1000(С)	10

Примітка: 1п – реактори першого покоління, С – серійні реактори

Зона №2 – зона загальної негайної евакуації населення. В умовах відсутності початкової фази аварії вона включає зону №1 і становить коло радіусом 30 км для усіх типів реакторів. За наявності ПФА зона являє собою кільце з мінімальним радіусом, який дорівнює радіусу зони №1 (R_1), і максимальним радіусом, який дорівнює 30 км (R_2). Критерій – не перевищення дози на все тіло і щитовидну залозу для критичної групи населення – вагітних жінок та дітей за час евакуації (табл. 13.2).

Таблиця 13.2 – Критерії для прийняття рішень на ранній фазі розвитку аварії

Захисні заходи	Дозові критерії (доза, що прогнозується за перші 10 діб), мЗв (рад)			
	на все тіло		на окремі органи	
	нижній рівень	верхній рівень	нижній рівень	верхній рівень
Укриття, захист органів дихання та шкіряних покривів	5 (0,5)	50(5)	50(5)	500(50)
Йодна профілактика: дорослі діти			50 (5) ^x 50 (5) ^x	500 (50) ^x 250 (25) ^x
Евакуація: дорослі діти та вагітні жінки	50(5) 10(1)	500 (50) 50(5)	500 (50) 200 (20) ^x	5000 (500) 500 (50) ^x

Примітка: 1. ^x – Тільки для щитовидної залози.

2. У випадку, коли дозові критерії дорівнюють верхньому рівню, або перевищують його, необхідно обов'язково застосовувати заходи захисту.

3. Аналогічна побудова таблиці для середньої фази розвитку аварії.

Зона №3 – зона планування різних заходів захисту населення за даними прогнозу і оперативної розвідки являє собою коло радіусом більше 30 км.

Площі зони №1 і зони №2 в умовах відсутності початкової фази аварії визначаються за формулою площі круга:

$$S = \pi \cdot R^2. \quad (13.27)$$

Площа зони №2 за наявності початкової фази аварії визначається за формулою площі кола:

$$S = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2), \quad (13.28)$$

де R_1 та R_2 – радіуси зон №1 та №2 відповідно.

Визначення розмірів, положення та інших характеристик зон проведення заходів щодо захисту населення, які проводяться при виникненні аварії.

Завдання вирішується методом прогнозування за даними аварії та метеоданих на момент викиду РР. Основою визначення розмірів та положення зон проведення заходів щодо захисту населення методом прогнозування є визначення розмірів та розміщення зони розповсюдження забрудненого повітря під час аварії, що прогнозується. Вона має форму правильного еліпса. Може проводитися уточнення зон проведення заходів щодо захисту населення методом виявлення та оцінки фактичного стану.

Зони проведення заходів захисту (№1 – загальної випереджуючої евакуації, №2 – загальної негайної евакуації, №3 – різних заходів захисту населення) являють собою сектори №1 і №2 кругових зон планування залежно від азимуту вітру A_B (азимут напрямку вітру – кут від напрямку на північ за ходом годинникової стрілки до напрямку, звідки віє вітер) та кута розвороту вітру α_B (кут розвороту вітру α_B – це кут відхилення вітру від його середнього значення на висоті більше 500 метрів). Кут розвороту вітру α_B визначається метеостанцією АС залежно від можливої флуктуації напрямку вітру (флуктуація – випадкові відхилення фізичних величин від їх середніх значень) у верхніх шарах атмосфери. За кутом α_B визначаються кути секторів зон проведення заходів захисту населення (табл. 13.3).

Таблиця 13.3 – Значення кута сектора зон проведення заходів захисту φ (град) залежно від кута розвороту вітру α_B

α_B , град	Зони 33	<45	45-90	91-135	136-180	> 180
φ_1	№ 1	180			360	
φ_2	№1, №2, №3	45	90	135	180	360

тут φ_1 – кут сектора проведення заходів захисту в зоні №1 за умови наявності ПФА;

φ_2 – кут сектора проведення заходів захисту в зонах №1 (за умови відсутності ПФА), №2 і №3.

Сектор №1 включає еліпс ймовірного розповсюдження забрудненого повітря та враховує найбільш імовірні величини флуктуації повітря (α_B) відповідно до метеоданих на момент аварії. Уданому секторі заходи захисту проводяться обов'язково.

Сектор №2 враховує максимально можливі величини флуктуації повітря, він визначається дотичними до кола зони №1. У даному секторі заходи щодо захисту населення проводяться по можливості.

Зона №3 включає зони проведення таких заходів захисту населення, як укриття його у засобах колективного захисту (ЗКЗ), використання ЗІЗ та проведення йодної профілактики. Радіуси зон проведення різноманітних заходів захисту R_3 визначаються як довжини еліпсів прогнозованих зон забруднення різного ступеня відповідно до Методики оцінки радіаційного стану. Критерієм величини є дози опромінення населення на межі різних зон забруднення, що прогнозуються, які потребують застосування визначених засобів захисту для того, щоб не допустити переопромінення населення (табл. 13.3). Розрахунки можуть бути уточнені за даними повітряної розвідки. Зміна азимуту вітру більше ніж на 5 градусів потребує визначення секторів зон щодо заходів захисту заново.

В окремих випадках зони проведення заходів щодо захисту населення можуть мати форму кола (табл. 13.2). Площі зон проведення заходів щодо захисту населення визначаються відповідно до конфігурації зони, радіуса зони та кута розвороту вітру (табл. 13.3) і можуть бути представлені:

площею круга

$$S = \pi \cdot R^2. \quad (13.29)$$

площею кільця

$$S = \pi \cdot (R_2^2 - R_1^2), \quad (13.30)$$

площею сектора

$$S = \pi \cdot R^2 \cdot \varphi \cdot 360^{-1}, \quad (13.31)$$

площею частини кільця

$$S = \pi \cdot \varphi_2 \cdot 360^{-1} \cdot (R_2^2 - R_1^2), \quad (13.32)$$

Порядок вирішення завдання щодо визначення розмірів та положення зон проведення заходів щодо захисту населення в зоні №3

1) визначення ступеня вертикальної стійкості атмосфери в залежності від швидкості вітру, часу доби та стану хмарності (табл. 13.5).

Розрізняють три ступені вертикальної стійкості атмосфери:

інверсія – нижні шари повітря холодніші за верхні, це перешкоджає розсіюванню забруднення по висоті, сприяє збереженню його високих концентрацій і більшій глибині розповсюдження;

конвекція – нижні шари повітря нагріті сильніше ніж верхні, відбувається швидке розсіювання забрудненого повітря, що сприяє зменшенню його уражальної дії і розповсюдженню по глибині;

ізотермія – температура верхніх і нижніх шарів повітря суттєво не відрізняється, зберігається стабільна рівновага. Стан граничний між конвекцією та інверсією.

2) визначення кута сектора зони забруднення φ_1 і φ_2 залежно від кута розвороту вітру α_v (табл. 13.4).

Таблиця 13.4 – Визначення ступеня вертикальної стійкості атмосфери (при відсутності снігового покриву)

Швид- кість ві- тру, м/с	Хмарність					
	ясно		мінлива		суцільна	
	НІЧ			ДЕНЬ		
2	Інверсія			Конвекція		
3						
4						

Примітка: Аналогічна схема для зимових умов.

3) визначення критеріїв для прийняття рішень щодо заходів захисту населення в зоні №3.

4) визначення величини радіусів зон проведення заходів щодо захисту населення залежно від типу реактора, категорії вертикальної стійкості атмосфери, дозових критеріїв (табл. 13.5).

5) визначення площі зони радіоактивного забруднення (в км²) здійснюється залежно від конфігурації зони проведення заходів захисту за формулами (13.29-13-32).

6) графічне відображення на карті зон планування та проведення заходів щодо захисту населення при аваріях на АС при різних фазах аварії (див. рис. 13.2).

Таблиця 13.5 – Довжина зон радіоактивного забруднення місцевості при аварії реактора типу РБМК-1000 (км), конвекція, швидкість вітру $V_B = 3$ м/с

Доза, рад	Час формування заданої дози											
	години				доба				місяці			
	1	3	6	12	24	2	5	10	20	2	3	12
5	4	7	10	13	18	24	38	40	56	80	90	160
50				3	4	5	6	8	10	13	15	26

Примітка: Наведено частина таблиці

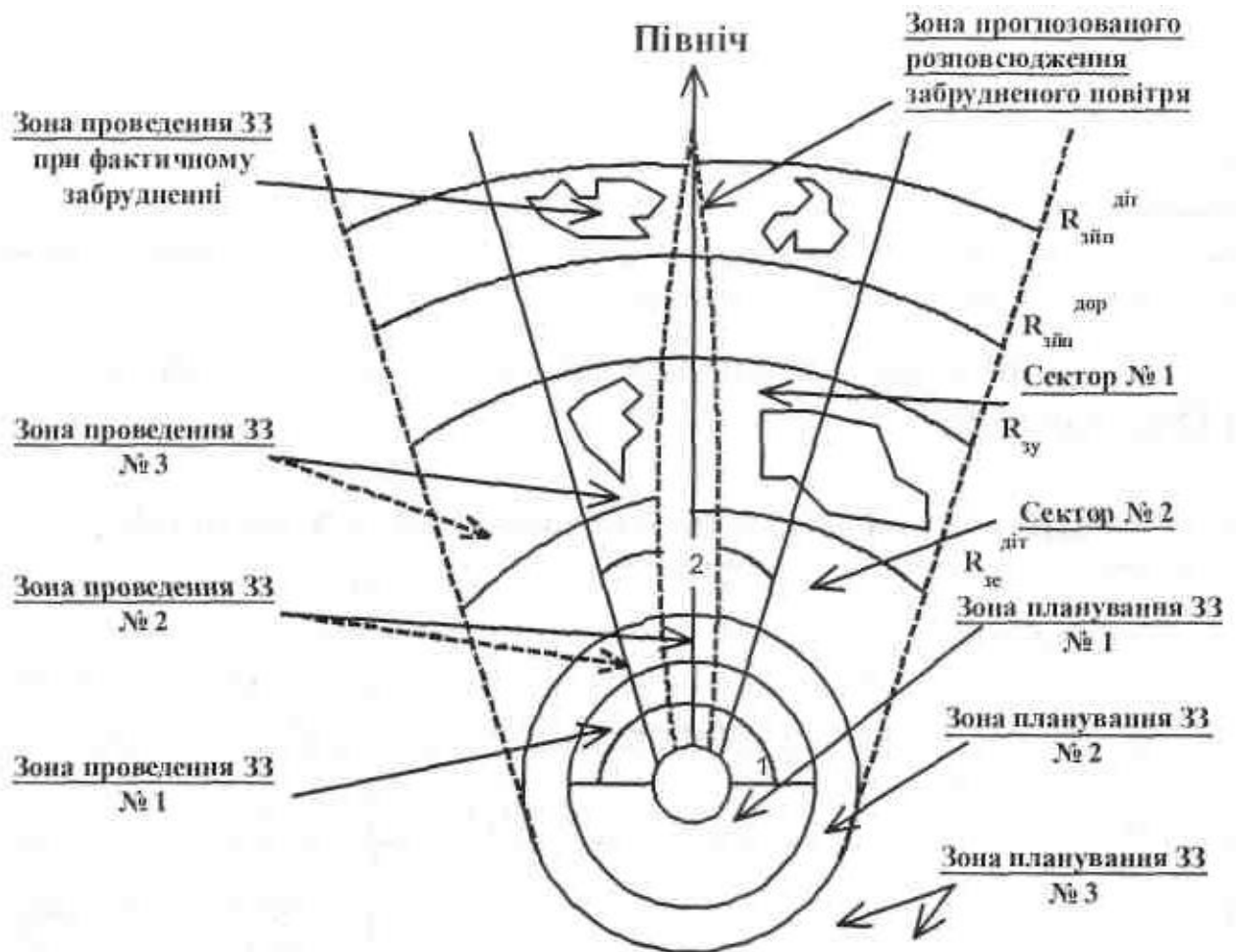


Рисунок 13.2 – Графічне відображення зон планування і проведення заходів щодо захисту населення при аваріях на АС за різними фазами аварії

Умовні позначення:

$R_{ze}^{дит}$ – радіус зони евакуації дітей;

R_{ze} – радіус зони укриття населення в ЗСЦЗ та використання засобів індивідуального захисту;

$R_{zp}^{дор}$ – радіус зони йодної профілактики дорослих;

$R_{zp}^{дит}$ – радіус зони йодної профілактики дітей.

Для зручності результати розрахунків зводяться у таблицю.

Наприклад:

Таблиця 13.7.Результати розрахунків

Найменування зон	Конфігурація зон	Розміри зон	
		R, км	S, км ²
Загальна негайна евакуація	сектор	30	353,25
Укриття населення	частина кільця	40	274,75
Часткова евакуація дітей	частина кільця	40	274,75

Примітка. Довжина зон забруднення, яка потребує певних заходів захисту населення для реакторів ВВЕР-440, визначається за даними для реактора ВВЕР-1000, помноженими на коефіцієнт – 0,663.

При виявленні та здійсненні оцінки радіаційного стану методом прогнозування, за необхідності, у зонах проведення заходів щодо захисту населення можуть бути вирішені задачі щодо визначення можливих ступенів і часових параметрів забруднення, а також очікуваних дозових навантажень населення.

Визначення можливого ступеня забруднення

1.Визначення потужності дози зовнішнього гамма-випромінювання на сліді радіоактивної хмари.

2. Визначення поверхневої активності.

3.Визначення максимальної об'ємної активності у приземному шарі атмосфери.

Визначення часових параметрів забруднення

Визначення можливої часової тривалості $T_{тз}$ забруднення території.

Тривалість $T_{тз}$ забруднення території залежить від періоду напіврозпаду «і»-го радіонукліду, який є основним забруднювачем за даними конкретної аварії: $T_{тз} = f(T_s)$. Територія стає практично безпечною для проживання населення через час, що дорівнює п'яти періодам напіврозпаду [$T_{тз} = 5 \cdot T_s$], а практичний розпад радіонуклідів відбувається через час, що дорівнює десяти періодам напіврозпаду [$T_{тз} = 10 \cdot T_s$].

Визначення часу підходу радіоактивної хмари до об'єкта (t_n):

$$t_n = \alpha \cdot X \cdot (V_B)^{-1}. \quad (13.33)$$

де X – відстань від аварійного реактора по осі сліду радіоактивної хмари, км;

V_B – швидкість вітру, м/с;

α – коефіцієнт, який враховує розподіл швидкості вітру по висоті відповідно до ступеня вертикальної стійкості атмосфери та розмірність величин X і V_B – табл. 13.8.

Таблиця 13.8. Значення коефіцієнту α для різних ступенів вертикальної стійкості атмосфери

Коефіцієнт	Конвекція	Ізотермія	Інверсія
α	0,23	0,20	0,09

2) визначення астрономічного часу підходу хмари проводиться за формулою:

$$T_{\Pi} = t_{\Pi} + t_{ав} \quad (13.34)$$

де $t_{ав}$ – час аварії.

Визначення можливих дозових навантажень населення і рятувальних формувань

1. Визначення дози зовнішнього гамма-випромінювання при проходженні радіоактивної хмари.
2. Визначення дози зовнішнього гамма-випромінювання при перебуванні населення на сліді хмари.
3. Визначення дози опромінення щитовидної залози.
4. Визначення дози зовнішнього опромінення при подоланні сліду хмари.
5. Визначення допустимого часу перебування на забрудненій території.

Порядок розв'язання зазначених та інших задач щодо уточнення радіаційного стану вказано у Методиці оцінки радіаційного стану.

Визначення розмірів і положення зон проведення планових заходів щодо захисту населення на середній та пізній фазах розвитку аварії.

Задачі розв'язуються методом виявлення та оцінки фактичного радіаційного стану за допомогою приладів, систем та засобів радіаційного контролю. Після визначення районів (ділянок) забруднення на карту наносять точки з виміряною щільністю забруднення або потужністю дози гамма-випромінювання. Точки з однаковими показниками критеріїв забруднення з'єднуються ізолініями. Райони (ділянки) забруднення на карті можуть бути підфарбовані певним кольором.

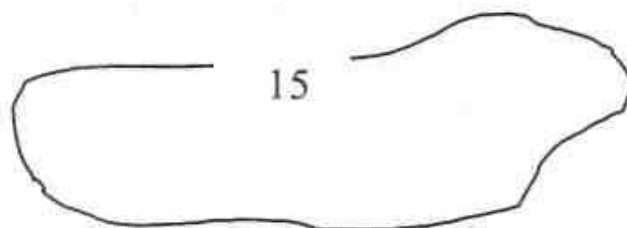


Рисунок 13.3 – Графічне відображення зони фактичного радіаційного забруднення (район зі щільністю забруднення до 15 Ки/км²)

Основним завданням при оцінці фактичного радіаційного стану є визначення можливих сумарних дозових навантажень населення за певний період. Завдання розв'язується за спеціальною Методикою. Критерієм для визначення заходів захисту населення є річна ефективна доза опромінення, яка може бути отримана населенням за умови відсутності заходів радіаційного захисту (НРБУ-97/Д-2000). Крім того, можуть вирішуватися задачі щодо визначення можливого дозового навантаження населення та часових параметрів його перебування на забрудненій території, аналогічні тим, що вирішуються при прогнозуванні, але з урахуванням фактичних показників забруднення.

Зони проведення планових заходів захисту населення на середній фазі аварії

1. *Зона радіаційного контролю (РК)* – дозове навантаження на населення становить від 1 до 5 мЗв. У цій зоні крім моніторингу радіоактивності об'єктів навколишнього середовища, сільськогосподарської продукції та доз зовнішнього і внутрішнього опромінення критичних груп населення проводяться заходи щодо зниження доз на основі принципу оптимізації та інші необхідні активні заходи захисту населення.

2. *Зона обмеженого проживання населення* – дозове навантаження на населення становить від 5 до 20 мЗв. Проводяться ті ж самі заходи, що і в першій зоні. Жителям та особам, що проживають на зазначеній території, роз'яснюється ризик шкоди здоров'ю, зумовлений впливом радіації.

3. *Зона добровільного відселення (ДВІД)* – дозове навантаження на населення становить від 20 до 50 мЗв. Проводиться радіаційний контроль людей та об'єктів зовнішнього середовища, а також вживаються необхідних заходів радіаційного та медичного захисту. Надається допомога при добровільному переселенні за межі зони.

4. *Зона відселення (ВІД)* – дозове навантаження на населення становить більше 50 мЗв. У цій зоні втручання відбувається відповідно до критеріїв на ранній фазі розвитку аварії.

Зони проведення планових заходів захисту населення на пізній фазі розвитку аварії.

1. *Зона радіаційного контролю (РК)* – дозове навантаження на населення становить від 1 до 5 мЗв. У цій зоні заходи захисту проводяться відповідно до критеріїв на середній фазі розвитку аварії.

2. *Зона обмеженого проживання населення* – дозове навантаження на населення становить від 5 до 20 мЗв. Проводяться ті ж самі заходи моніторингу та захисту населення, що і в зоні радіаційного контролю. Добровільне поселення на постійне проживання не обмежується. Особам, що в'їжджають на зазначену територію для постійного проживання, роз'яснюється ризик шкоди здоров'ю, зумовлений впливом радіації.

3. *Зона відселення* – дозове навантаження на населення становить від 20 до 50 мЗв. Не дозволяється в'їзд на зазначену територію для постійного проживання. Забороняється проживання у цій зоні особам репродуктивного віку та дітям. Проводиться радіаційний моніторинг сану здоров'я людей та забруднення об'єктів зовнішнього середовища, а також вживають необхідних заходів радіаційного й медичного захисту.

Зона відчуження – дозове навантаження на населення становить більше 50 мЗв. У цій зоні постійне проживання не допускається, а господарська діяльність та природокористування регулюються спеціальними актами. Проводяться заходи моніторингу й захисту працюючих з обов'язковим дозиметричним контролем.

Уточнення розмірів і положення зон планових заходів захисту проводиться на основі систематичного контролю сумарного опромінення населення.

Проведення заходів щодо захисту населення

а) *негайні заходи захисту:*

1 За наявності початкової фази аварії загальна випереджаюча евакуація населення із зони №1 проводиться до часу можливого викиду РР (дані щодо ймовірного викиду розраховуються на підставі технологічної карти протікання аварії, яка є на кожному енергоблоці АС).

2 Загальна негайна евакуація населення із зони №2 повинна бути проведена за час, що не перевищує 4 годин після викиду РР. За відсутності початкової фази аварії негайна евакуація населення проводиться із зон №1 та №2 на ранній фазі розвитку аварії.

3 Евакуація з усіх трьох зон проводиться у засобах індивідуального захисту за умови проведеної попередньо йодної профілактики.

4 Якщо населення із районів зони №1 та №2 не евакуювали, воно повинно бути укрите у засобах колективного захисту (ЗКЗ) з обов'язковим проведенням йодної профілактики.

5 Заходи щодо захисту населення у зоні №3 проводяться відповідно до даних прогнозування і конкретного стану.

б) *планові заходи захисту:* виконання різноманітних планових заходів захисту населення здійснюється відповідно до допустимих річних дозових навантажень (НРБУ-97/Д-2000) та можливостей сил і засобів ДСНС.

Висновок. Таким чином, прогнозування аварій на радіаційно- та хімічно небезпечних об'єктах з викидом радіоактивних речовин та ХНР дозволяє завчасно передбачити наслідки подібних подій та заздалегідь передбачити заходи для мінімізації шкоди людині та довкіллю.

Питання для самоконтролю

1. Наведіть визначення поняття «Аварія з [викиданням] [проливанням] небезпечних хімічних речовин».

2. Наведіть визначення поняття «Небезпечна хімічна речовина».
3. Наведіть визначення поняття «Хімічно небезпечний об'єкт (ХНО)».
4. Наведіть визначення поняття «Хімічне забруднення».
5. Наведіть визначення поняття «[Викидання] [проливання] небезпечної хімічної речовини».
6. Наведіть визначення поняття «Хмара НХР».
7. Наведіть визначення поняття «Первинна хмара небезпечних хімічних речовин».
8. Наведіть визначення поняття «Вторинна хмара небезпечних хімічних речовин».
9. Наведіть визначення поняття «Зона хімічного забруднення».
10. Наведіть визначення поняття «Зона можливого хімічного забруднення (ЗМХЗ)».
11. Наведіть визначення поняття «Прогнозована зона хімічного забруднення (ПЗХЗ)».
12. Наведіть визначення поняття «Порогова токсодоза PC_{t50} ».
13. Яким нормативним документом затверджено Методику прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті.
14. Наведіть одиниці виміру радіації в Міжнародній системі одиниць та в позасистемній.
15. На підставі якого нормативного документу за результатами контролю радіаційного стану при аваріях на АС розробляються заходи щодо захисту населення?
16. Охарактеризуйте основні етапи роботи з визначення заходів щодо захисту населення при аваріях на АЕС.
17. Надайте пояснення термінам «зона відчуження, зона тимчасового відселення, зона жорсткого радіаційного контролю».

Рекомендована література

1. Кодекс цивільного захисту України
2. «ДСТУ 4933:2008 Безпека у надзвичайних ситуаціях. Техногенні надзвичайні ситуації. Терміни та визначення основних понять.
3. Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті (Наказ МВС України від 29.11.2019 № 1000). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text>
4. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій. Т. 1. Техногенна та природна небезпека./За загальною редакцією В.В. Могильниченка. – К.: КІМ, 2007. – С. 37–70, 565–597.

5. Цивільний захист [підручник] / О.І. Запорожець, В.О. Михайлюк, Б.Д. Халмурадов та ін. – К.: Центр учбової літератури, 2022. – 264 с.

ЛЕКЦІЯ 14. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

ПЛАН

14.1. Основні положення Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».

14.2. Планування в разі виникнення аварій на об'єктах підвищеної небезпеки

14.1 Основні положення Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки»

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

Вимогами ст. 8 Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» визначено обов'язки оператора (юридичної особи або фізичної особи-підприємця, яка експлуатує (планує експлуатувати) хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки).

Зокрема, оператор зобов'язаний:

1. вживати заходів, направлених на запобігання аваріям, обмеження і ліквідацію їх наслідків та захист людей і довкілля від їх впливу;

2. повідомляти про аварію, що сталася на об'єкті підвищеної небезпеки, і заходи, вжиті для ліквідації її наслідків, органи виконавчої влади та органи місцевого самоврядування та населення;

3. забезпечувати експлуатацію об'єктів підвищеної небезпеки з додержанням прийнятного рівня ризику;

4. виконувати вимоги Закону «Про об'єкти підвищеної небезпеки» та інших нормативно-правових актів, які регулюють діяльність об'єктів підвищеної небезпеки;

5. укладати договори страхування відповідальності за шкоду, яку може бути заподіяно внаслідок надзвичайних ситуацій, у тому числі внаслідок пожежі, екологічно небезпечної аварії, надзвичайної ситуації техногенного чи природного характеру, аварії, що становить загрозу санітарному та епідемічному здоров'ю населення;

6. надавати центральному органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальному органу (у разі його утворення) на його вимогу інформацію та документи щодо:

1) вжиття на об'єкті підвищеної небезпеки заходів, передбачених цим Законом України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» та іншими нормативно-правовими актами;

2) збільшення кількості або зміни властивостей небезпечних речовин на об'єкті підвищеної небезпеки, що призводить до збільшення ризику виникнення аварій;

3) модернізації виробництва, устаткування, зміни технології, що призводить до збільшення ризику виникнення аварій;

4) припинення своєї діяльності або виведення з експлуатації об'єкта підвищеної небезпеки.

З метою визначення переліку вимог, рекомендацій, обмежень та заходів, спрямованих на забезпечення виконання вимог законодавства у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, запобіганням виникненню аварій ст. 9 Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» вимагає від оператора, у підпорядкуванні якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки, затверджувати політику запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки 1 або 2 класу. Зміст, порядок розроблення політики запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки, її перегляду, а також оцінки ефективності визначаються **наказом МВС №115 від 21.02.2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення політики запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки».**

Політика затверджується розпорядчим документом оператора та надається апарату ДСНС або територіальному органу ДСНС:

- для ОПН, що експлуатуються, разом із результатами ідентифікації об'єкта підвищеної небезпеки, який він експлуатує;

- для ОПН, закінчених будівництвом, не пізніше ніж за 30 календарних днів до дня подання до відповідного органу державного архітектурно-будівельного контролю заяви про прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта та видачу сертифіката.

Для об'єктів підвищеної небезпеки 1 та 2 класів оператор також готує і подає у встановленому законодавством порядку центральному органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальному органу (у разі його утворення) за місцезнаходженням об'єкта підвищеної небезпеки звіт про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки, який він експлуатує, а також перед прийняттям в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта не пізніше ніж за 30 календарних днів до дня подання до відповідного органу державного архітектурно-будівельного контролю заяви про прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта та видачу сертифіката.

Оператор зобов'язаний протягом 30 календарних днів після виникнення аварії на об'єкті підвищеної небезпеки і у строк не більш як

80 календарних днів після початку модернізації виробництва чи зміни технології переглянути звіт про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки та за потреби внести до нього зміни.

Після отримання звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальний орган (у разі його утворення) спільно з іншим уповноваженим законом органом виконавчої влади, що здійснює державний нагляд та контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, протягом 15 робочих днів проводить перевірку наданих відомостей, про результати якої протягом п'яти робочих днів інформує оператора.

У разі виявлення під час перевірки недостовірних або неповних відомостей у звіті про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки оператор у строк не пізніше ніж 10 робочих днів після отримання результатів такої перевірки вносить зміни до звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки та повторно подає його до центрального органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіального органу (у разі його утворення) за місцезнаходженням об'єкта підвищеної небезпеки.

У разі не усунення оператором виявлених під час перевірки недоліків у поданому звіті про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки або неподання оператором звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки у строки, визначені частинами першою, другою та четвертою цієї статті, центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальний орган (у разі його утворення) інформує відповідний орган державного архітектурно-будівельного контролю для вжиття заходів щодо відмови у видачі сертифіката про прийняття в експлуатацію об'єкта підвищеної небезпеки або спільно з іншими уповноваженими законом виконавчими органами влади, що здійснюють державний нагляд та контроль у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки, вживає відповідно до закону заходів з припинення експлуатації об'єкта підвищеної небезпеки або джерела небезпеки.

Порядок розроблення та перегляду звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки, вимоги до його змісту встановлено **наказом МВС №114 від 21.02.2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки»**.

Розроблення звіту включає аналіз прийнятих рішень та вжитих заходів, спрямованих на забезпечення безпечної експлуатації ОПН, запобігання аваріям та зменшення наслідків у разі їх виникнення.

У звіті про заходи безпеки на ОПН оператор відображає інформацію, зокрема, і щодо застосованої ним системи управління

безпекою та організації на ОПН заходів із запобігання аваріям. Однією із складових системи управління безпекою є оцінювання ризику. Оцінювання ризику є важливим з точки зору визначення напрямків забезпечення прийнятних рівнів ризиків у випадку виникнення надзвичайних ситуацій на ОПН.

У зв'язку з тим, що звіт про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки складається на основі результатів дослідження оператором ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварій, пов'язаних з цим об'єктом, важливим є вивчення методики визначення ризиків.

Оцінка рівня ризику виконується відповідно до Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки, затвердженої Наказом Міністерства праці та соціальної політики України за №637 від 04.12.2002 р.

14.2 Планування в разі виникнення аварій на об'єктах підвищеної небезпеки

Для організації реагування на аварії на об'єктах підвищеної небезпеки, згідно статті 11 ЗУ «Про ОПН» оператори розробляють і затверджують плани локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який вони експлуатують.

Плани локалізації і ліквідації аварій закінчених будівництвом об'єктів підвищеної небезпеки розробляються і затверджуються операторами не пізніше ніж за 30 календарних днів до дня подання до відповідного органу державного архітектурно-будівельного контролю заяви про прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта та видачу сертифіката.

План локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків є внутрішнім планом об'єкта підвищеної небезпеки, який оператор після розроблення затверджує своїм розпорядчим документом.

Протягом п'яти робочих днів після затвердження, перегляду, пролонгації дії плану локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків оператор подає центральному органу виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальному органу (у разі його утворення) копію цього плану.

План локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків переглядається не менше ніж кожні три роки.

За результатами перегляду до плану локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків вносяться зміни. У разі відсутності підстав для внесення змін до плану локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків його дію може бути пролонговано на три роки.

Результати перегляду, внесення змін, пролонгації дії плану локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків затверджуються розпорядчим документом оператора.

Оператор протягом двох місяців розробляє новий план локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків, який затверджує розпорядчим документом, у разі:

- зміни форми власності або організаційно-правової форми оператора;
- проведення модернізації виробництва на об'єкті підвищеної небезпеки;
- внесення змін до чинних або прийняття нових нормативно-правових актів у сфері діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки.

Місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування з метою забезпечення своєчасного реагування на аварії, наслідки яких можуть вийти за межі об'єкта підвищеної небезпеки 1 класу, розробляють та затверджують плани реагування на надзвичайні ситуації, які є зовнішніми планами щодо об'єктів підвищеної небезпеки 1 класу.

Для розроблення плану реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки 1 класу, оператор протягом 10 робочих днів після прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта підвищеної небезпеки самостійно інформує у довільній формі місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування про прийняття в експлуатацію закінченого будівництвом об'єкта підвищеної небезпеки 1 класу.

На вимогу місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування у строк не більше ніж 10 робочих днів після отримання запиту оператор подає їм інформацію, необхідну для розроблення плану реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки 1 класу, за формою та змістом, визначеними такими органами в запиті.

План реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки 1 класу, узгоджується з оператором та центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, або його територіальним органом (у разі його утворення).

Під час розроблення або перегляду плану реагування на надзвичайні ситуації, що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки 1 класу, місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування забезпечують проведення громадських слухань відповідно до статті 13 Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні».

У разі загрози виникнення транскордонного впливу аварії план локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків та план реагування на надзви-

чайні ситуації, що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки 1 класу, мають передбачати заходи, що дають змогу забезпечити негайне інформування відповідних органів держав, території яких можуть зазнати впливу наслідків такої аварії.

Методичне забезпечення порядку розроблення вимог до структури, впровадження та перегляду плану локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків встановлюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері цивільного захисту. На сьогодні загальні рекомендації щодо організації розроблення, структури та впровадження планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків затверджено **наказом ДСНС №255 від 17 травня 2022 року «Методичні рекомендації щодо розроблення планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків».**

Висновки. Таким чином, забезпечення безпеки об'єктів підвищеної небезпеки входить до обов'язків оператора (юридичної особи або фізичної особи-підприємця, яка експлуатує (планує експлуатувати) хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки). Закону України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» вимагає від оператора, у підпорядкуванні якого є хоча б один об'єкт підвищеної небезпеки, затверджувати політику запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки 1 або 2 класу, а також готувати та подавати у встановленому законом порядку звіт про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки. Для організації реагування на аварії на об'єктах підвищеної небезпеки оператори розробляють і затверджують плани локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків для кожного об'єкта підвищеної небезпеки, який вони експлуатують.

Питання для самоконтролю

1. Яким нормативним документом визначено правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов'язаної з об'єктами підвищеної небезпеки?

2. Наведіть основні обов'язки оператора ОПН?

3. Яким нормативним документом визначається зміст, порядок розроблення політики запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки?

4. Яким нормативним документом визначається порядок розроблення та перегляду звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки?

5. Яким нормативним документом визначаються загальні рекомендації щодо організації розроблення, структури та впровадження планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків?

Рекомендована література

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (18.01.2001 рік).
2. Наказ МВС №114 від 21.02.2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення звіту про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки».
3. Наказ МВС №115 від 21.02.2023 р. «Про затвердження Порядку розроблення політики запобігання аваріям на об'єкті підвищеної небезпеки».
4. Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено наказом Мінпраці від 4.12.2002 р. №637.
5. Наказ ДСНС №255 від 17.05.2023 р. «Методичні рекомендації щодо розроблення планів локалізації і ліквідації аварій та їх наслідків».

ЛЕКЦІЯ 15. МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РИЗИКІВ ТА ЇХ ПРИЙНЯТНИХ РІВНІВ ДЛЯ ДЕКЛАРУВАННЯ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

ПЛАН

15.1. Загальні положення методики визначення ризиків

15.2. Порядок здійснення аналізу небезпеки й оцінки ризику

15.1 Загальні положення методики визначення ризиків

Звіт про заходи безпеки на об'єкті підвищеної небезпеки складається на основі результатів дослідження оператором ступеню небезпеки та оцінки рівня ризику виникнення аварій, пов'язаних з цим об'єктом, важливим є вивчення методики визначення ризиків.

Оцінка рівня ризику виконується відповідно до Методики визначення ризиків та їх прийнятних рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки, затвердженої **Наказом Міністерства праці та соціальної політики України за №637 від 04.12.2002 р.**

Розглянемо основні положення методики визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки.

Методика визначає порядок проведення аналізу небезпеки та оцінки ризику об'єктів підвищеної небезпеки, установлює методичні принципи, терміни і поняття аналізу ризику, визначає критерії прийнятних ризиків та їх рівні.

Методика призначена:

- для розробки декларації безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- для прийняття рішень щодо розташування та експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки;
- для розробки заходів щодо запобігання аварій та підготовки до реагування на них;
- для визначення обсягу відповідальності та страхових тарифів при страхуванні цивільної відповідальності суб'єктів господарської діяльності за шкоду, що може бути заподіяна аваріями на об'єктах підвищеної небезпеки відповідно до вимог Закону України ["Про об'єкти підвищеної небезпеки"](#) та Закону України ["Про страхування"](#).

Методика може застосовуватися також для оцінки рівня ризику й експертизи рішень з безпеки ПНО, у тому числі під час:

- розробки нових технологій та конструювання обладнання;
- проектування та розташування нових виробництв;
- реконструкції діючих виробництв;
- експертизи діючих виробництв і тих, що реконструюються та проектуються;
- розробки планів локалізації та ліквідації аварій;

- організації страхового захисту майна підприємств;
- розгляду конфліктів між суб'єктом господарської діяльності, що експлуатує чи планує експлуатацію потенційно небезпечного об'єкту, та будь-якими зацікавленими сторонами, для яких аварії на об'єктах підвищеної небезпеки можуть мати негативні наслідки.

Методика призначена для фахівців у галузі промислової безпеки та охорони праці, керівників і фахівців підприємств, а також для фахівців органів виконавчої влади, що регулюють відносини в сфері діяльності об'єктів підвищеної небезпеки, відповідно до вимог Закону України "[Про об'єкти підвищеної небезпеки](#)". Методика є основою для розробки відомчих або галузевих керівних документів з проведення аналізу ризику об'єктів підвищеної небезпеки відповідно до їх специфіки.

Результати аналізу ризику наводяться у декларації безпеки згідно з вимогами Порядку декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Терміни та визначення

У Методиці застосовуються такі терміни та їх визначення:

Аналіз ризику аварії - процес виявлення небезпек і оцінки ризику аварії на об'єктах підвищеної небезпеки для людей, їх майна та довкілля.

Громадськість - одна або декілька фізичних чи юридичних осіб;

Небезпека аварії - загроза, можливість заподіяння збитків людині, майну і (чи) довкіллю внаслідок аварії на об'єкті підвищеної небезпеки.

Оцінка ризику аварії - процес визначення ймовірності та вагомості наслідків реалізації небезпек аварій для здоров'я людини, майна і довкілля.

Основними **кількісними показниками ризику аварії** є:

- **індивідуальний ризик** - імовірність загибелі людини, що знаходиться в даному регіоні, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки протягом року з урахуванням імовірності її перебування в зоні ураження;

- **територіальний ризик** - імовірність загибелі протягом року людини, яка знаходиться в конкретному місці простору, від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки;

- **соціальний ризик** - імовірність загибелі людей понад певну кількість (або очікувана кількість загиблих) у даному регіоні протягом року від можливих джерел небезпеки об'єкта підвищеної небезпеки, з урахуванням імовірності їх перебування в зоні ураження.

Збитки від аварії - втрати (збитки) у виробничій і невиробничій сфері життєдіяльності людини, шкода довкіллю, заподіяні в результаті аварії на об'єкті підвищеної небезпеки й обчислювальні в грошовому еквіваленті;

15.2 Порядок здійснення аналізу небезпеки й оцінки ризику

Аналіз небезпеки й оцінка ризику виконується в повному обсязі для об'єктів підвищеної небезпеки першого класу. Для об'єктів підвищеної небезпеки другого класу визначаються тільки масштаби небезпеки.

Розглянемо порядок здійснення аналізу небезпеки та оцінки ризику.

Аналіз небезпеки та ризику аварій на ОПН включає наступні етапи:

- постановка задачі аналізу небезпеки та оцінки ризику;
- аналіз небезпеки та умов виникнення аварій;
- оцінка ризику (ймовірності) виникнення аварій;
- аналіз умов та оцінка ймовірності розвитку аварії;
- визначення масштабів наслідків;
- оцінка ймовірності наслідків аварій;
- оцінка прийняття ризику та прийняття рішень відносно зменшення ризику.

Постановка задачі містить в собі наступні етапи:

- визначення мети та задачі дослідження ризику;
- виділення об'єктів, для яких необхідно, виходячи з мети та задач дослідження, виконати аналіз небезпеки та ризику;
- визначення реципієнтів та виділення з них об'єктів «турботи» суспільства.

Задачами дослідження ризику є:

- встановлення рівня ризику, який обумовлений експлуатацією ОПН;
- управління ризиком шляхом порівняння рівня ризику з прийнятним та вибір рішень відносно його зниження.
- При виділенні об'єктів, для яких необхідно при виконанні дослідження ризику з метою розробки ДБ виконати аналіз небезпеки та ризику, необхідно:
 - визначити ті апарати або установки, на яких можливі аварії з найбільшим викидом небезпечних речовин;
 - визначити ті з них, на яких аварії з ураженням або нанесенням збитків можливі за межами підприємства;
 - встановити зони максимального ураження, вид та масштаб можливих наслідків негативних впливів;
 - визначити реципієнти, які попадають в зону ураження, та визначити об'єкти «турботи».

Головним об'єктом «турботи» є людина. Необхідно визначити загрозу для людини, для чого виділити місця проживання, підприємства та організації, які попадають в зону ураження.

Для кожного об'єкта аналізу оцінюється можливість впливу зовнішніх сил, виходячи з особливостей місця його розташування.

Аналіз небезпеки та умов виникнення аварій виконується тільки для тих небезпек, які пов'язані із порушенням умов безпечної експлуатації об'єкта.

Для оцінки ризику (ймовірності) виникнення аварій для кожної ініціюючої аварію події на потенційному джерелі аварії виконується оцінка ймовірності її реалізації протягом одного року. Під час розгляду можливих відхилень параметрів процесу можуть використовуватися:

- дерево «відмов»;
- аналіз видів та наслідків відмов;
- обробка статистичних даних про аварійність технологічної системи, які відповідають специфіці ОПН або виду діяльності;
- експертні оцінки ймовірності виникнення події, що розглядається, які виконані за відповідною методикою;
- інші обґрунтовані методи оцінки.

Наступним етапом оцінки ризику є аналіз умов та оцінка ймовірності та розвитку аварій.

На випадок реалізації хоча б однієї з розглядаємих подій, що ініціюють аварію попередити її за допомогою контролювання та регулювання параметрів технологічного процесу стає неможливим. Розвиток небезпечних неконтролюємих процесів може привести до будь-яких напрямків розвитку аварії з різними масштабами ураження та з наслідками в залежності від того, які засоби проти аварійного захисту та локалізації аварії використовуються та від результатів їх реалізації.

На цьому етапі аналізу ризику на основі оцінки ймовірності спрацювання та відмови засобів запобігання аварії та помилок персоналу визначається ймовірність різноманітних наслідків аварії. Для цього можна використовувати:

- дерево подій;
- аналіз видів та наслідків відмов;
- експертні оцінки ймовірності виникнення події, що розглядається, які виконані за відповідною методикою;
- інші обґрунтовані методи оцінки.

Для кожного результату визначаються можливі умови реалізації (параметри витоку або інші умови викиду, час витоку або викиду, маса викиду, площа розливу, погодні умови тощо), при яких моделюються аварії та визначаються значення ура жальних факторів, зони їх дії та можливі наслідки у фізичному виразі.

Визначення масштабів наслідків аварій містить аналіз можливих впливів на людей, майно та навколишнє природне середовище. Для оцінки можливих наслідків та наступної оцінки ризику необхідно моделю-

вати аварії для кожного можливого її результату, визначеного при виконанні аналізу розвитку аварій.

Під час моделювання вибухів рекомендується розглядати:

- вибухи при руйнуванні оболонки та закипанні скраплених газів, які знаходяться в апаратах під тиском, або перегрітих рідин;
- вибухи конденсованих речовин в обладнанні, в атмосфері при викидах;
- об'ємні викиди газових та парогазових хмар при викидах стиснених або скраплених газів перегрітих рідин;
- інші вибухові явища, які можливі на об'єкті, що розглядається, при виникненні аварійних ситуацій.

При моделюванні пожеж рекомендується розглядати:

- горіння вільних та обмежених розливів горючих та легкозаймистих рідин;
- дифузійне або дефлаграційне горіння незмішаних хмар при викидах скраплених газів під тиском та перегрітих рідин («вогнева куля»);
- факельне горіння струменю пари, газу або диспергованої рідини;
- інші види пожежі, які можливі на об'єкті, що розглядається, при виникненні аварійних ситуацій.

При моделюванні викидів шкідливих та токсичних речовин в атмосферу враховуються погодні умови, стан атмосфери, напрямок та швидкість вітру, умови викиду та інші параметри.

Якщо на підприємстві є декілька ОПН і на кожному ОПН є декілька джерел (апаратів), на яких можливі аварії з викидом за межі території цього підприємства, необхідно виконати оцінку наслідків всіх можливих видів аварії на цих джерелах.

На кожному етапі розвитку аварії необхідно оцінити ймовірність наслідків. Виконується при цьому оцінка ризику наслідків тільки для тих об'єктів «турботи» (населення, соціально важливі об'єкти, елементи екосистеми, майно юридичних та фізичних осіб), на які за результатами розрахунків уражальних факторів можливий негативний вплив.

Для оцінки територіального ризику за одержаними при моделюванні аварії значеннями уражального фактору у визначеній точці простору визначається умовна ймовірність летального результату для людини на випадок її перебування в цій точці.

Якщо відома ймовірність появи людини у визначеній точці простору, тоді визначається індивідуальний ризик загибелі в цій точці людини, яка проживає в регіоні, що розглядається.

Прийнятний ризик для об'єктів «турботи», які визначені в процесі постановки задачі дослідження ризику, повинен встановлюватися місцевими органами виконавчої влади.

Для ОПН прийнятний ризик встановлюється з врахуванням масштабу небезпеки, який ним створюється та розташування в регіоні інших

підприємств, які мають ОПН, за умов, що сумарний ризик виникнення небажаних наслідків не перевищує встановлений згідно з Методикою визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки, затвердженою Наказом Міністерства соціальної політики України №637 від 04.12.02.

Встановлюється значення, вище якого ризик вважається абсолютно неприйнятним (верхній рівень), та значення, нижче якого ризик вважається абсолютно прийнятним (нижній рівень). Якщо місцевою радою не встановлено прийнятний ризик для визначених об'єктів «турботи», тоді для складання ДБ ОПН використовуються рівні, що наведені у методиці, що наведена вище.

Для життя людини рекомендується вважати неприйнятним:

$R_1 > 10^{-5}$ - для територіального ризику за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один ОПН;

$R_i > 10^{-6}$ - для індивідуального ризику - для людини, яка знаходиться у конкретному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один ОПН (місті, селищі, селі, на території промислової зони підприємств та організацій тощо);

$R_s > 10^{-5}$ - для соціального ризику загибелі понад 10 чоловік протягом одного року у визначеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один ОПН (місті, селищі, селі, на території підприємств та організацій).

Як критерій соціального ризику може використовуватися також очікувана кількість загиблих у визначеному регіоні за межами санітарно-захисної зони підприємства, яке має у своєму складі хоча б один ОПН (місті, селищі, селі, на території підприємств та організацій, які знаходяться в промисловій зоні тощо) на 1000 жителів $\overline{M_D} > 10^{-3}$.

У всіх випадках ризик аварій на ОПН для населення рекомендується вважати абсолютно прийнятним при рівнях:

- територіального ризику - $R_1 \leq 10^{-7}$;

- індивідуального ризику - $R_i \leq 10^{-8}$;

- соціального ризику - $R_s \leq 10^{-7}$ або $\overline{M_D} > 10^{-5}$.

Місцеві органи виконавчої влади з врахуванням особливостей регіону можуть встановлювати інші значення верхнього та нижнього рівнів ризику. Значення верхнього рівня любого із вище перерахованих критеріїв прийняттого ризику можуть встановлюватися в 100 разів нижче їх аналогів, пов'язаних з небезпекою повсякденного життя та ризиком проживання в регіоні (дорожньо-транспортні випадки, нещасні випадки в побуті, пожежі, вибухи газу тощо).

У всіх випадках прийнятний ризик, що встановлюється органами виконавчої влади в регіонах не повинен перевищувати рівнів, встанов-

лених Методикою визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки.

Таким чином, прийняття рішень за результатами аналізу небезпеки та оцінки ризику ґрунтується на наступних принципах:

- ризик, що пов'язаний з підвищеною небезпекою, яка є на об'єкті, і виявленою потенційною небезпекою для виділення об'єктів «турботи» повинен бути прийнятним;
- будь-яка діяльність, яка створює ризик, що перевищує прийнятний, є недопустимою, незалежно від вигоди, яку вона несе;
- витрати на досягнення та підтримання прийнятного ризику повинні бути мінімальними.

На підставі результатів аналізу небезпеки та ризику визначається сумарний рівень ризику кожного об'єкту «турботи», що попадає в зону можливого ураження:

- населення у виділених місцях проживання, персоналу, який знаходиться у промисловій зоні підприємств та організацій;
- соціально важливих об'єктів;
- елементів екосистеми;
- майна юридичних та фізичних осіб.

Експлуатація ОПН недопустима, якщо ризик небажаних наслідків для одного з об'єктів «турботи» вище встановленого прийнятного ризику.

Забезпечити прийнятність ризику можуть розроблені та впроваджені заходи безпеки:

- заходи по зменшенню ймовірності виникнення аварії;
- заходи по зменшенню ймовірності розвитку аварії;
- заходи по зменшенню тяжкості наслідків аварії.

Висновки. Визначення ризику для ОПН є підставою для впровадження на об'єкті заходів для зменшення можливих втрат під час аварій.

Питання для самоконтролю

1. Чим визначається ризик виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру?
2. Охарактеризуйте основні положення методики визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування об'єктів підвищеної небезпеки
3. Надайте характеристику індивідуального, територіального та соціального ризиків.
4. Наведіть основні етапи аналізу небезпеки та ризику аварій на ОПН.
5. Наведіть процеси, що повинні розглядатися під час моделювання вибухів та пожеж при моделюванні аварій на ОПН.

6. Надайте визначення терміну «прийнятний ризик, неприйнятний ризик».

7. Який ризик вважають неприйнятним для життя людини?

8. Які заходи забезпечують на ОПН прийнятність ризику?

Рекомендована література

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки» (18.01.2001 рік).

2. Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки. Затверджено наказом Мінпраці від 4.12.2002 р. №637.

ЛЕКЦІЯ 16. БЕЗПЕКА В НАФТОГАЗОДОБУВНІЙ ГАЛУЗІ. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

ПЛАН

16.1 Сутність технологічного процесу буріння нафтогазових свердловин.

16.2 Способи експлуатації нафтогазових свердловин.

16.3 Безпека праці в нафтогазовидобувній галузі. Загальні вимоги.

16.1 Сутність технологічного процесу буріння нафтогазових свердловин

Сьогодні нафтогазова галузь України починає свій розвиток, нарощує потенціал і в той же час вимагає все більшої уваги до забезпечення безпеки процесів нафтогазовидобування.

Жодна галузь промисловості та сільського господарства не може обійтися без застосування вуглеводневих палив – основних енергоносіїв, що одержують шляхом переробки нафти і газу. З нафти та газу виробляється більше двох тисяч речовин, які застосовуються для виготовлення штучних волокон, синтетичних каучуків, технічних жирів, парфумерії, пластичних мас тощо.

Україна небагата на нафту. Можна виділити всього лише три райони: Прикарпатський (запаси нафти розвідані на глибині 5-6 тис.м, Дніпровсько-Донецький та Причорноморський).

Сьогодні перше місце з видобутку нафти належить Лівобережній частині України: Гнідинцівське та Прилуцьке родовища Чернігівської області; Охтирське та Казанське родовища Сумської області; Сагайдацьке, Зачеплівське та Радченківське родовища Полтавської області. Тут добувають більше половини нафти в Україні. На другому місці – Прикарпатське родовище, що є найстарішим (тут нафту добувають з другої половини 19 століття).

Причорноморський район охоплює Причорноморську впадину, Керченську затоку, північно-західну частину акваторії Чорного та Азовського морів. Тут останнім часом до пошуків нафти залучились морські геологи, що вивчають шельфи Азовського та Чорного морів. Цей район перспективний для нафтовидобутку; приблизні запаси – до 4-5 млрд. тонн нафти. На сьогодні добувається 200 тис. тонн нафти з родовищ «Штормове» та «Дельфін» за участю Британсько-Голандської компанії «Shell».

Стосовно природного газу, то за даними Геологічної служби США, оцінка світових запасів природного газу така: Росія – 43 млрд. т нафтового еквівалента (н.е.); Іран – 19,8 н.е.; Саудівська Аравія – 4,8; США – 4,25; Норвегія – 2,2; Канада – 1,75; Китай – 1,0; Великобританія – 0,65; Індія – 0,55 н.е. Щодо запасів нафти з газоконденсатом Україна займає третє мі-

ще в Європі (без Росії), поступаючись тільки Великобританії та Норвегії, але рівень річного видобутку значно нижчий, ніж у багатьох інших країнах. Причини цього:

- родовища вичерпані чи перебувають на завершальній стадії розробки;

- невисокий коефіцієнт вилучення (нафтовіддачі, газовіддачі);

- морально та фізично застарілий фонд експлуатаційних установок;

- великі глибини залягання нафтогазоносних пластів;

- низький дебет видобувних свердловин (у 1999 р. середньорічний дебіт однієї нафтової свердловини в Україні складав всього 1,14 тис. т, що на один-два порядки нижче, ніж в основних нафтовидобувних країнах Європи і нижче середньосвітового показника більш, ніж у три рази).

У зв'язку з тим, що буріння нафтогазових свердловин є складним технологічним процесом, що пов'язаний із застосуванням складного технологічного обладнання, яке експлуатується в умовах підвищеної небезпеки, а також обертанням горючих речовин і матеріалів та великою імовірністю виникнення аварійних ситуацій. Розглянемо небезпеку та основні напрямки захисту цього процесу.

Сутність технологічного процесу буріння нафтогазових свердловин.

Нафта - рідка горюча корисна копалина, за хімічним складом це суміш різних вуглеводнів з домішками інших органічних речовин. Горючі породи органічного походження називають каустобіолітами (від грецького "каусто" - горіти, "біос" - життя, "літос" - каміння). Знаходиться нафта в земній корі під тиском 10-15 МПа і більше при температурі 100-200°C і вище.

Існує декілька теорій походження нафти. Дуже імовірно, що нафта утворилася із залишків морських організмів і рослин, що осідали протягом мільйонів років на морське дно. Неорганічні речовини служили каталізаторами гниття, що викликалося аеробними бактеріями (що живуть без доступу повітря). При тектонічних зрушеннях дані органічні прошарки (пласти) виявлялися в товщі Землі, де на них діяли тиск земної кори і температура внутрішніх прошарків Землі. Дані прошарки перетворювалися таким чином у суміші вуглеводнів: рідка нафта накопичувалася у вигляді нафтоносних прошарків над непроникними для неї гірськими породами. При цьому найчастіше нафтовий прошарок, що сполучається із прошарком газу, який виділяється при реакціях розкладання, залягає в опуклих (антиклиніях) чи увігнутих (синклиніях) прошарках.

Промисловий видобуток нафти почали більш ста років тому. За статистичними даними світовий видобуток нафти в 1857 році склав 320 м³. Ця нафта була в основному добута в Румунії. У Росії перше буріння нафтових свердловин було проведено в 1848 році російським нафтовиком Семеновим на березі Каспійського моря. Процес буріння свердловин

в той час полягав у звичайному довбанні породи на невелику глибину. Сьогодні ж поряд з іншими способами широко використовується глибоке буріння свердловин. Понадглибокими свердловинами вважають свердловини глибиною більше 5000 м.

Для розкриття нафтового чи газового пласта та видалення копалин на поверхню землі в земній корі бурять **свердловини**, що являють собою циліндричні гірничі виробітки в земній корі глибиною понад 5 м та діаметром звично 75-300 мм. Початок свердловини називається **устям**, а її кінець – **вибоєм**. Простір від гирла до вибою свердловини називається **стволом**. Глибини свердловин бувають від декількох метрів до 9 і більше кілометрів. При бурінні розвідувальних свердловин на тверді корисні копалини їх діаметр становить 59 та 76 мм, на нафту і газ – 100-400 мм.

Свердловини класифікуються за призначенням:

- структурно-пошукові - для встановлення (уточнення) тектоніки, стратиграфії, оцінки продуктивності горизонтів без додаткового будівництва свердловин;

- розвідувальні - для виявлення продуктивних об'єктів та визначення нафтових і газоносних пластів, які вже розробляються;

- експлуатаційні, що призначені для видобутку нафти і газу із земних надр;

- нагнітальні, що призначені для закачування до пластів води, газу або пари з метою підтримання пластового тиску або обробки привибійної зони. Ці заходи спрямовані на збільшення періоду фонтанного способу видобутку нафти або підвищення ефективності видобутку;

- оцінювальні, що призначені для визначення нафтоводонасиченості та залишкової насиченості пласта (а також проведення інших досліджень);

- контрольні та спостережувальні, що призначені для спостереження за об'єктом розробки, дослідженням характеру просування пластів флюїдів та зміни газонафтонасиченості пласта;

- опірні свердловини бурять для вивчення геологічної будови великих регіонів, щоб встановити загальні закономірності залягання гірських порід та виявити можливості утворення в цих породах нафти і газу.

За глибиною та нахилом буріння свердловини бувають:

- вертикальні (вісь близька до вертикалі);

- нахилені (вісь нахилена від вертикалі);

- понадглибокі (>5000 м);

- глибокі (1000-5000 м);

- мілкі (<1000 м).

Процес буріння свердловин полягає в послідовному руйнуванні гірських порід спеціальним інструментом з наступним виносом розбурених часток на поверхню землі. У ряді випадків процес містить в собі кріплен-

ня стінок свердловини (як правило, глибоких) обсадними трубами із зачачуванням цементного розчину до кільцевого зазору між трубами та стінками свердловин. Спосіб та режим буріння вибирають з врахуванням проектних параметрів свердловини, геолого-технічних умов проводки та забезпечення високих техніко-економічних показників буріння.

За характером руйнування породи способи буріння свердловин бувають:

- механічні – буровий інструмент безпосередньо впливає на гірську породу, руйнуючи її;
- немеханічні – руйнування відбувається без безпосереднього контактування з породою джерела впливу на неї (термічне, вибухове тощо).

В таблиці 16.1 наведені способи буріння свердловин та їх загальна характеристика.

Таблиця 16.1 – Способи буріння свердловин

Спосіб буріння	Визначення
Обертальне	Механічне буріння, за яким руйнуюче зусилля створюється безперервним обертанням породоруйнуючого інструменту з прикладанням вісьового навантаження
Роторне	Обертальне буріння, під час якого бурове знаряддя обертається станком з обертальним пристроєм роторного типу
Турбінне	Обертальне буріння, під час якого породоруйнуючий інструмент обертається турбобуром
Електробуріння	Обертальне буріння, коли породоруйнуючий інструмент обертається електробуром
Об'ємне	Обертальне буріння, коли породоруйнуючий інструмент обертається гвинтовим (об'ємним) двигуном
Алмазне	Обертальне буріння, під час якого гірська порода руйнується породоруйнуючим інструментом, армованим алмазами
Твердосплавне	Обертальне буріння, під час якого гірська порода руйнується породоруйнуючим інструментом, армованим твердими сплавами
Дробове	Обертальне буріння, коли гірська порода руйнується дроблінням
Ударне	Механічне буріння, коли руйнуюче зусилля створюється впливом ударів породоруйнуючого інструменту
Ударно-канатне	Ударне буріння, за яким обертально-поступальний рух, що створюється станком, передається породоруйнуючому інструменту канатом
Ударно-штангове	Ударне буріння, коли обертально-поступальний рух, що створюється станком, передається породоруйнуючому інструменту бурильними трубами
Ударно-обертальне	Механічне буріння, коли руйнуюче зусилля створюється в результаті сумісного впливу ударів та обертання породоруйнуючого інструменту
Гідроударне	Ударно-обертальне буріння, коли удари передаються породоруйнуючому інструменту гідроударником

Спосіб буріння	Визначення
Вібраційне	Механічне буріння, коли занурення бурового снаряду здійснюється віброударником
Гідродинамічне	Буріння, під час якого гірська порода руйнується високонапірним струменем рідини
Термічне	Буріння, під час якого гірська порода руйнується під тепловим впливом
Електрофізичне	Буріння, під час якого гірська порода руйнується під впливом сил, що виникають в результаті електричного розряду
Вибухоударне	Буріння, коли гірська порода руйнується під впливом сил, що виникають в результаті вибуху.
Хімічне	Буріння, коли гірська порода руйнується під впливом реагентів, що вступають з нею в хімічну реакцію
З промивкою	Буріння, під час якого продукти руйнування гірських порід видаляються потоком промивної рідини
З продувкою	Буріння, під час якого продукти руйнування гірських порід видаляються потоком газу

До найбільш старих методів відноситься ударне буріння, найбільш поширених - обертальне (обертально-роторне), турбінне та електробуріння.

Розглянемо коротко сутність цих способів.

Ударне буріння – старий метод, яким користувалися до середини минулого століття. Буріння цим методом йшло повільно і полягало в до-вбанні породи. Так, наприклад, у Баку свердловину глибиною в 600 м. бурили 2,5 роки.

Обертальне буріння (обертально-роторне). Свердловину бурять за допомогою спеціального інструменту – **долота**, що обертається разом з бурильними трубами і руйнує пластові породи. Недоліками обертально-роторного буріння є громіздкість системи: довжина нагвинчених труб досягає 3-6 км, а вага кожної труби – 250 тонн, отже, виникає вага обертання, труби в процесі тертя об стінки свердловини швидко зношуються, зростає кількість аварійних ситуацій.

Турбінне буріння. Турбобур – гідравлічна турбіна, яка розташована на нижньому кінці колони бурильних труб (двигун перенесений до вибою свердловини і встановлюється над долотом). Турбіна приводиться до руху глинистим розчином і свій обертальний рух передає долоту. Таким чином, бурильні труби не беруть участі в обертанні, а тільки необхідні для підведення глинистого розчину до турбоапаратури. Число аварій з трубами зменшується і швидкість проходки свердловин набагато зростає. Наприклад, одним верстатом можна пробурити за 30 днів свердловину глибиною до 3500 м і більше. Турбінний спосіб буріння є найбільш ефективним на глибинах не більше 4000-5500 м. На глибинах понад 5500 м ефективність цього способу знижується через значні гідравлічні втрати у стовбурі

свердловини та труднощі контролю за роботою турбобуру на вибої. В залежності від фізико-механічних властивостей порід в різних інтервалах буріння використовують поперемінно обертально-роторний та турбінний способи. Такий спосіб буріння називається комбінованим.

Електробуріння. Цей спосіб відрізняється від турбобуріння тим, що долото приводиться в рух не гідравлічною турбіною, а електродвигуном, що також міститься на кінці бурильних труб у вибої. Струм до електродвигуна підводиться по проводах, що проходять усередині бурильних труб. Потужність трьохфазного електродвигуна залежить від діаметра електробура і складає 75-240 кВт. Для збільшення обертального моменту електробура використовують редукторні вставки, що монтуються між двигуном та шпинделем і знижують частоту обертання до 350, 220, 150, 70 об/хв. Частота обертання безредукторного електробура 455-685 об/хв. Довжина електробура - 12-16 м, зовнішній діаметр - 164-290 мм. Під час буріння електробурильна зачистка вибою здійснюється буровим розчином, повітрям або газом.

Електробуріння використовують в районах з розвинутою промисловістю за наявності на промислі спеціального обладнання, контрольно-вимірювальної апаратури та ремонтно-профілактичної бази. Ефективність електробуріння знижується при високих температурах у вибої або за наявності в бурильному розчині нафти та нафтопродуктів.

Комплекс обладнання та споруд, що призначені для буріння свердловин, називається **буровою установкою** (рис.16.1). До неї входять: бурова вишка; спускно-піднімальне обладнання (лебідка, кронблок тощо); силове обладнання для приводу лебідки, ротора і бурових насосів (двигуни електричні та дизельні); обладнання для обертання бурильної колони (ротор); обладнання циркуляційної системи (ємності, бурові насоси, маніфольд, вертлюг); обладнання для очистки бурового розчину від вибуреної породи (центрифуги, вібросита тощо); обладнання для приготування бурового розчину (гідролійки, гідромішалки, шламові насоси); обладнання проти викидів (превентори); наземні споруди (котельня, склад ПММ).

Розглянемо більш детально технологічний процес буріння свердловин та роботу основних елементів бурової установки.

Бурова вишка – головна споруда свердловини – висока (до 50 м і вище) та міцна конструкція для спускання і підйому бурильної колони та обсадних труб до свердловини, а також для розташування в ній талевої системи, бурильних труб і частини обладнання, необхідного для здійснення процесу буріння (рис.16.2). Чим більша вишка, тим довшу “свічку” бурильних труб (“свічка” - це ланка з 2-3х чи 4-х труб довжиною 25-30 м. кожна) можна опускати в свердловину і піднімати з неї (для заміни долота, проведення ремонтних робіт тощо). Найбільш серйозною небезпечкою під час роботи на бурових вишках є часткове або повне їх руйнуван-

ня. Основна причина, що призводить до падіння або руйнування вишок, – недостатній нагляд за їх станом у процесі тривалої експлуатації.

Обладнання для виконання операцій спускання та піднімання, до якого входять: **лебідка**, що піднімає та опускає важкі вантажі за допомогою дротового канату, що намотаний на барабан; **талева система**, що має два блоки (кронблок - нерухомий, що знаходиться на верхній частині вишки, талевий блок, що переміщується уверх-вниз по вищці під час нагвинчування-розгвинчування труб і талевий канат, що представляє собою міцний дротовий трос, який використовується для підйому чи спускання бурового обладнання масою кілька десятків тонн).

Обладнання для роторного буріння складається з наступних елементів:

- **ротора**, що використовується для передачі обертального руху через підшипники ведучій та бурильним трубам, а також долоту;

- **ведучої труби (верхня)** бурильної колони, яка поєднує бурильний інструмент з комплексом наземного обладнання і передає рух бурильній колоні, а також подає бурильний розчин по бурильних трубах до долота. Ведуча труба має квадратний чи багатогранний перетин;

- **вертлюга** (рис. 16.3), що встановлений над ведучою трубою і виключає передачу обертального руху від ведучої труби чи бурильної колони до талевого каната, а також забезпечує подачу промивного розчину під тиском усередину бурильної колони;

- **бурильної колони**, яка передає обертальний рух долоту, а також служить каналом для подачі бурового розчину до свердловини. Бурильна колона складається з бурильних труб, важких бурильних труб (ВБТ, мають великий зовнішній діаметр, використовуються для забезпечення навантаження на долото під час буріння), елементів компоновки низу бурильної колони (рис. 16.4) та долота. До основних функцій бурильної колони відносяться:

- передача обертання від ротора до долота;
- сприймання від забійних двигунів реактивних моментів;
- подача до вибою промивного агента;
- підведення до долота та до заглибного гідравлічного двигуна гідравлічної потужності;
- вдавлювання долота в гірські породи на вибої під дією своєї сили ваги;
- забезпечення заміни долота та заглибного двигуна шляхом транспортування їх до вибою або на поверхню;
- можливість проведення аварійних та інших спеціальних робіт у стволі свердловини;

- **долота**, що обертається разом з колоною бурильних труб за допомогою бурильного верстата, встановленого над устям свердловини. Бурове долото є невід'ємною частиною бурильної колони, і його вірний вибір неможливо переоцінити. Бурове долото руйнує породу в результа-

ті дії осьового навантаження та крутильного моменту. Зруйнована порода вимивається з вибою буровим розчином, дозволяючи долоту руйнувати знову утворену поверхню. В результаті цього процесу – руйнування породи та очистки вибою – утворюється ствол свердловини.

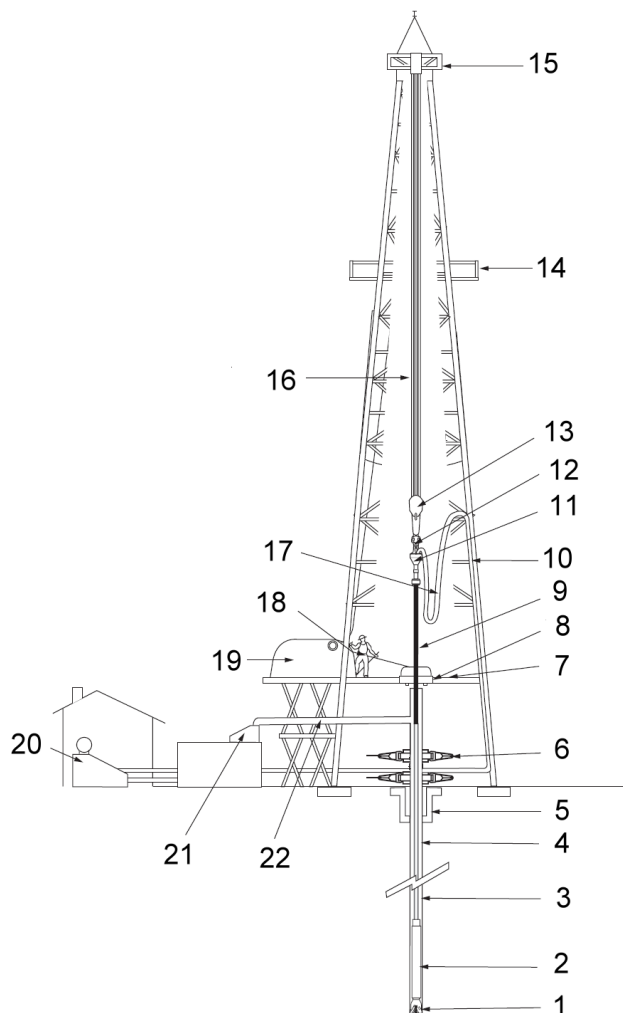


Рисунок 16.1 – Загальна схема бурової установки:

1 – бурове долото; 2 – важкі бурильні труби; 3 – бурильні труби; 4 – кондуктор; 5 – шахта устя; 6 – пристрої проти викидів; 7 – підлога бурової установки; 8 – буровий ротор; 9 – тягова труба; 10 – буровий стояк; 11 – вертлюг; 12 – крюк; 13 – талевий блок; 14 – балкон верхового працівника; 15 – кронблок; 16 – талевий канат; 17 – шланг тягової бурильної колони; 18 – індикатор навантаження на долото; 19 – бурова лебідка; 20 – буровий насос; 21 – вібраційне сито для бурового розчину; 22 – викидна лінія бурового розчину.



Рисунок 16.2 – Бурова вишка

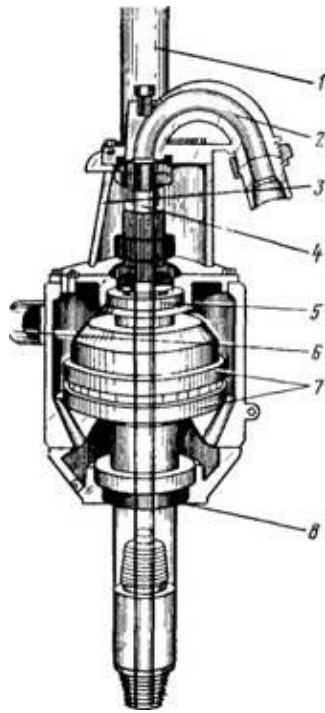


Рисунок 16.3 – Вертлюг:

1 – штроп; 2 – відвід штропа; 3 – кришка; 4 – труба; 5 – верхній підшипник; 6 – амортизатор; 7 – нижній підшипник; 8 – кільце.

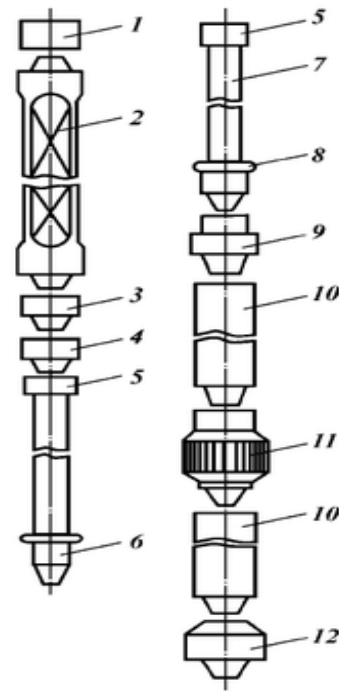


Рисунок 16.4 – Конструкція бурильної колони:

1 – верхній перевідник тягової труби; 2 – тягова труба; 3 – нижній перевідник тягової труби; 4 – запобіжний перевідник тягової труби; 5 – муфта; 6 – ніпель замка; 7 – бурильні труби; 8 – протектор; 9 – перевідник на ВБТ; 10 – ВБТ; 11 – центратор; 12 – наддолотний амортизатор

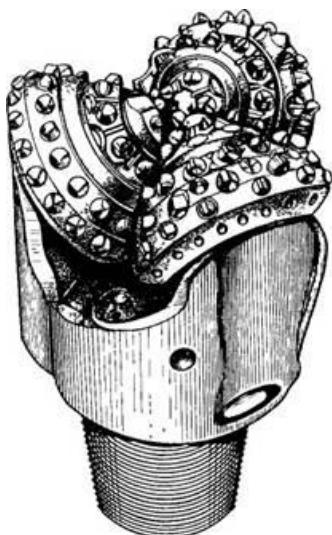


Рисунок 16.5 – Трьохшарошкове долото з вставками з карбіду вольфраму

Шарошкове долото складається з шарошок конічної форми, які обертаються навколо особистої вісі та вісі долота (рис.16.5).

- **бурові насоси та обладнання циркуляційної системи** виконують наступні функції:

- нагнітання бурового розчину до бурильної колони для забезпечення циркуляції у свердловині в процесі буріння та ефективної очистки вибою від вибуреної породи, промивки, ліквідації аварій, створення швидкості підйому розчину в позатрубному просторі, достатній для виносу породи на поверхню;

- підведення до долота гідравлічної потужності, що забезпечує високу швидкість витoku (до 180 м/с) розчину через його наса-

дки для часткового руйнування породи та очистки вибою від вибурених частинок;

- підведення енергії до гідравлічного вибійного двигуна. В процесі буріння у більшості випадків буровий розчин циркулює по замкненому контуру. З резервуарів очищений та підготовлений розчин поступає в підпірні насоси, які подають його до бурових насосів, що в свою чергу перекачують розчин під високим тиском (до 30 МПа) до устя свердловини. Потім буровий розчин проходить по бурильній колоні до долота. На цьому шляху тиск розчину знижується внаслідок затрат енергії на подолання гідравлічних опорів. Потім буровий розчин внаслідок різниці тисків усередині бурильних труб та на вибої свердловини з великою швидкістю виходить з насадок долота, очищаючи вибій та долото від вибуреної породи.

Бурові насоси (двоциліндрові чи трициліндрові) використовуються для забезпечення циркуляції великої кількості бурового розчину (19-44 л/с) по бурильних трубах через насадки на долоті і назад на поверхню);

- **обладнання проти викидів** – герметизуючий пристрій (превентор), що встановлюється на устя свердловини для запобігання викидів, перекриває та герметизує устя свердловини при наявності чи відсутності в ній бурильних труб. Іншими словами, превентори – клапани, які можна закрити в будь-який момент при виявленні газонафтопроявів (небажаних надходжень потоку пластової рідини до свердловини, які можуть перейти у фонтанування свердловини). Для герметизації устя свердловини використовують три види превенторів:

- плашечні – глухі або прохідні для повного перекриття отвору чи кільцевого простору, якщо в свердловині знаходиться колона труб. В плашечних превенторах використовується конструкція плашок, що забезпечує поєднання міцності з найбільш ефективною системою ущільнення;

- універсальні – для перекриття отвору в свердловині, якщо в ній знаходиться будь-яка частина бурильної колони: замок, труба, ведуча труба. Виготовлені вони таким чином, щоб закритися на трубі будь-якого розміру та форми, яка спущена до свердловини. Закриваються, коли свердловині загрожує викид;

- обертальні – для ущільнення устя свердловини з трубою, що в ній обертається або з ведучою трубою. Слід відмітити, що ні плашечні, ні універсальні превентори не розраховані на обертання колони, якщо вони повністю закриті.

Більш надійними і ефективними є обертальні превентори, що дозволяють герметизувати устя свердловини в процесі її буріння при обертанні бурильної колони, а також при здійсненні спуско-підйомних операцій та при підвищенні тиску в свердловині;

- **силові приводи бурових установок** – сукупність двигунів та пристроїв і трансмісій, що регулюють їх роботу і перетворюють теплову

чи електричну енергію в механічну та керують нею, передаючи її до виконавчого обладнання. Силовий двигун бурової установки може бути різних типів: дизельний, електричний, дизель-електричний, дизель-гідролічний.

Таким чином, сутність технологічного процесу буріння свердловин полягає в тому, що двигун, який встановлений на підлозі вишки, приводить в рух ротор, який, у свою чергу, через штангу передає обертання всій колоні бурильних труб з долотом. Необхідний тиск долота на розроблювальну породу забезпечується вагою бурильного інструмента, до якого, крім долота, входить колона бурильних труб з підвищеною товщиною стінок, що забезпечують задане навантаження на долото і попереджують скривлення свердловини при проходці.

Під час буріння у свердловині здійснюється безперервна циркуляція бурового (промивного) розчину, основними функціями якого є:

- охолодження долота та змащення його зубців;
- змащення та охолодження бурильної колони;
- контроль пластового тиску;
- винос шламу із свердловини;
- збереження стійкості стінок свердловини.

Для промивання свердловини використовують воду і різні розчини (глинисті, глинисто-вапняні, емульсійні, аераційні тощо). Процес буріння істотно залежить від наступних параметрів бурового розчину: густини, в'язкості, водовіддачі тощо. Недостатня густина розчину не забезпечує необхідного протитиску на продуктивний пласт, що може призвести до викиду та аварійного фонтанування свердловини. З іншого боку, збільшення густини розчину веде до збільшення його в'язкості, що викликає зростання гідролічних опорів у стовбурі свердловини, погіршує циркуляцію і знижує продуктивність турбобуру. Для збільшення густини розчину використовують добавки з мілко подрібнених важких мінералів: бариту, гематиту, крейди, магнетиту тощо. Також для продувки свердловин широко використовується природний газ або повітря.

Для запобігання обвалів стінок свердловин та захисту їх від водяних пластів стовбур свердловини закріплюється обсадними колонами, а кільцевий зазор між ними і стінкою цементується.

Буріння свердловин на морі. Про те, що запаси нафти і газу є не тільки на суші, але і на морі, відомо досить давно. Вже майже півстоліття існують нафтопромисли в Північному морі. Нафтодобування на морському шельфі розвивається досить активно. Що ж стосується України, то на сьогодні розвідані шельфи Чорного та Азовського морів. Проте агресія російської федерації не дозволяє проводити розробку розвіданих родовищ.

До основних типів бурових установок на морі відносяться: платформа; бурове судно; напівзаглибна установка.

Платформа – остов штучного острова, що складається з двох майданчиків, кожний з яких має розміри четвертини футбольного поля. На одному з майданчиків розташоване бурове обладнання, інший представляє собою адміністративно-житлову зону.

Платформи можуть мати різну конструкцію в залежності від глибини та кліматичних умов. Найбільш поширеними є напівзаглибні платформи. Їх буксують до місця буріння, як великі баржі. На місці буріння встановлюють на спеціальні опори з товстих труб, що входять в товщу води та в дно з таким розрахунком, щоб хвилі їх не досягали. На таку платформу можна потрапити на вертольоті або на катері.

Таким чином, буріння нафтогазових свердловин є складним технологічним процесом, у якому задіяна велика кількість технологічного обладнання з наявністю горючих речовин і матеріалів.

16.2 Способи експлуатації нафтогазових свердловин

Перед тим, як добувати нафту або газ, свердловину необхідно «збудити», тобто забезпечити приплив нафти або газу до поверхні землі. До способів «збудження» свердловини відносяться:

- промивання свердловини водою, нафтою, буровим розчином;
- продувка свердловини повітрям чи газом за допомогою компресора;
- тартання (витяг нафти із свердловини за допомогою желонки – довгого цебра з дном, що відкривається);
- свабірування (витяг нафти із свердловини за допомогою підвищеного на тросі поршня) тощо.

Після того, як свердловина підготовлена, починають її експлуатацію. Нафта знаходиться під землею під таким тиском, що при прокладанні до неї шляху у вигляді свердловини вона проривається на поверхню. Як правило, фонтанують свердловини тільки на початку їх життєвого циклу, тобто зразу після буріння. Через деякий час тиск в пласті знижується і фонтан спадає. Зрозуміло, що якби на цьому зупинялась експлуатація свердловини, то під землею залишалось би понад 80% нафти.

В процесі експлуатації свердловини до неї опускається колона насосно-компресорних труб. Якщо ж свердловина експлуатується фонтанним способом, тоді на поверхні встановлюють спеціальне обладнання – фонтанну арматуру.

У зв'язку з цим розрізняють три основних способи експлуатації нафтогазових свердловин:

- фонтанний;
- компресорний;
- глибинно-насосний.

Розглянемо більш детально технологічні особливості кожного з цих способів.

Фонтанний спосіб добутку нафти і газу полягає у використанні природного тиску нафтового пласта. Для цього використовують спеціальну фонтанну арматуру (рис.16.6), яка складається з:

- трубної голівки, що забезпечує підвіску фонтанних труб, герметизацію і контроль простору між фонтанними трубами та експлуатаційною колоною;
- фонтанної ялинки, що направляє струмені фонтану в збірники нафти, а також регулює роботу фонтану.

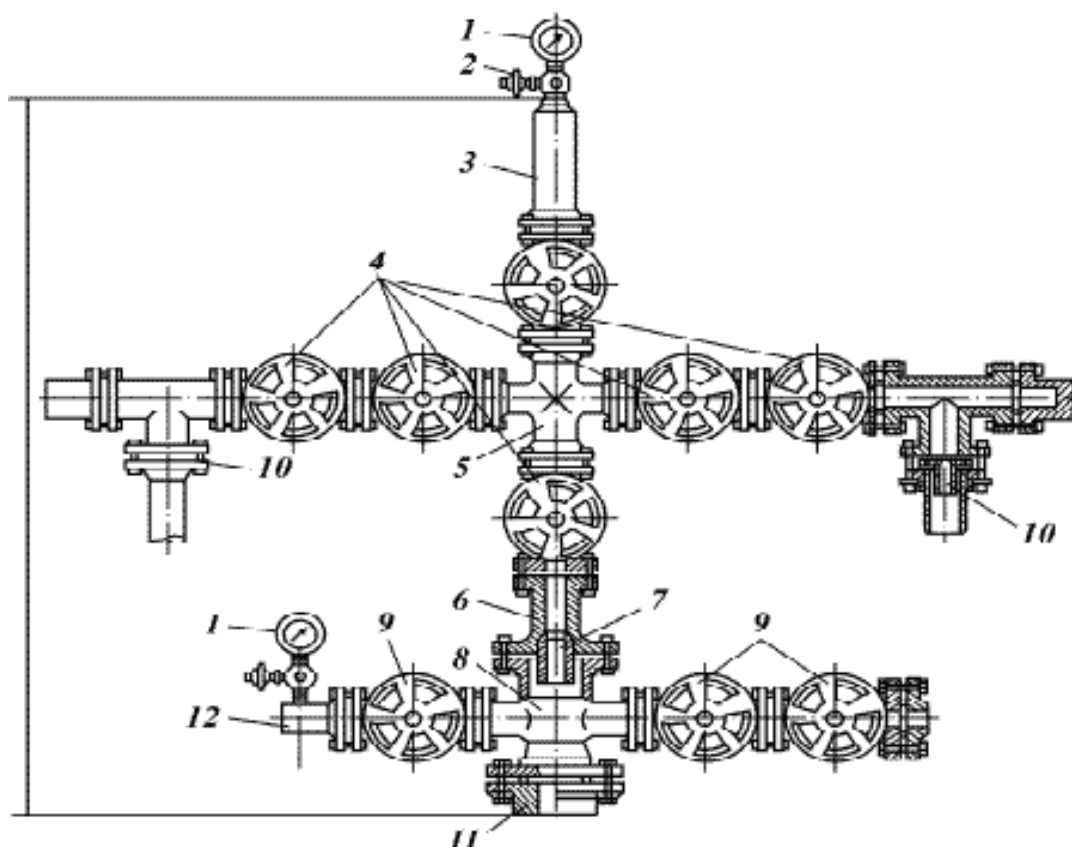


Рис. 16.6 – Арматура фонтанна:

1 – манометри; 2 – трьохходовий кран; 3 – буфер; 4,9 – засувки; 5 – хрестовина ялинки; 6 – перевідна котушка; 7 – перевідна втулка; 8 – хрестовина трубної голівки; 10 – штуцери; 11 – фланець колони; 12 – буфер

Тиск фонтанної арматури повинен відповідати максимальному тиску на устя свердловини (від 4 до 25 МПа і більше).

Отримана продукція свердловини по фонтанних трубах надходить до фонтанної ялинки і далі транспортується через робочу викидну лінію на збірний пункт. Бічні відводи трійника і хрестовини трубної голівки служать для приєднання поміжтрубного та позатрубного простору до насоса або компресору під час підкачування до свердловини води, нафти або газу в період освоєння свердловини або глушіння фонтану.

Необхідно також відмітити, що фонтанна арматура необхідна для керування свердловиною. За допомогою неї можна регулювати добуток нафти – зменшити або зовсім зупинити.

Після того, як тиск в свердловині зменшиться, і свердловина починає давати зовсім мало нафти, як визначають спеціалісти, її переводять на інший спосіб експлуатації.

Фонтанний спосіб видобутку нафти та газу є основним.

Компресорний спосіб полягає у використанні енергії стиснутого повітря або газу, що отримують на компресорній станції. Спосіб видобутку використовують у випадку, якщо енергії пласта виявляється недостатньо для підйому нафти. При цьому розрізняють ерліфтний (повітряний підйом) та газліфтний (газовий підйом) компресорний способи.

Газліфт (ерліфт) – система, що складається з експлуатаційної (обсадної) колони труб та спущених до неї насосно-компресорних труб (НКТ), в яких підйом рідини здійснюється за допомогою стисненого газу (повітря). Іноді цю систему називають газовий (повітряний) підйомник.

В позатрубний простір нагнітають газ високого тиску, в наслідок чого рівень рідини в ньому буде знижуватися, а в НКТ – підвищуватися. Коли рівень рідини знизиться до нижнього кінця НКТ, стиснений газ починає поступати до НКТ і перемішуватися з рідиною. В результаті густина такої газорідинної суміші стає нижчою за густину рідини, що поступає з пласта, а рівень в НКТ буде підвищуватися. Чим більше буде введено газу, тим меншою буде густина суміші і тим на більшу висоту вона підніметься. При безперервній подачі газу до свердловини рідина (суміш) піднімається до устя та виливається на поверхню, а з пласта постійно поступає до свердловини нова порція рідини. Повітря або газ подаються до свердловини спеціальною компресорною станцією під тиском 4-5 МПа.

Дебіт газліфтної свердловини залежить від кількості та тиску газу, що нагнітається, глибини заглиблення НКТ в рідину, їх діаметра, в'язкості рідини тощо.

Конструкції газліфтних підйомників визначаються в залежності від числа рядів насосно-компресорних труб, що опускаються в свердловину, та напрямку руху стисненого газу. За кількістю труб, що спускаються, підйомники бувають одно- та двохрядними, а за напрямком нагнітання газу – кільцевими та центральними.

Використання компресорного способу експлуатації свердловин вважається його перевагами:

- можливість відбору великих об'ємів рідини практично при всіх діаметрах експлуатаційних колон та швидкого відбору сильно обводнених свердловин;

- експлуатація свердловин з великим газовим фактором, тобто використання енергії пластового газу;

– малий вплив профілю ствола свердловини на ефективність роботи газліфта, що особливо важливо для нахилено-направлених свердловин, тобто в умовах морських родовищ;

– відсутність впливу високих тисків і температури продукції свердловин, а також наявності в ній механічних домішок (піску) на роботу свердловин;

– гнучкість та порівняно просте регулювання режиму роботи свердловин по дебіту;

– простота обслуговування та ремонту газліфтних свердловин і великий поміжремонтний період їх роботи при використанні сучасного обладнання;

– можливість використання одночасної окремої експлуатації, ефективної боротьби з корозією, відкладеннями солей та парафіну, а також простота дослідження свердловин.

До недоліків компресорного способу слід віднести:

– великі початкові капітальні вкладення в будівництво компресорних станцій;

– порівняно низький коефіцієнт корисної дії (ККД) газліфтною системою;

– можливість утворення стійких емульсій в процесі підйому продукції свердловин.

Таким чином, виходячи з вище сказаного, компресорний спосіб експлуатації свердловин, в першу чергу, вигідно використовувати на великих родовищах за наявності свердловин з великими дебітами та високими вибійними тисками після періоду фонтанування.

Глибинно-насосний спосіб експлуатації свердловин є найбільш поширеним. Його використовують у тих випадках, коли низький запас пластової енергії не забезпечує фонтанування свердловин, а використання компресорного способу пов'язано з великими питомими витратами повітря або газу.

Розрізняють два основних види глибинних насосів: штангові та безштангові. Штанговий насос є різновидністю поршневого насоса, що може працювати на великих глибинах. Приводом штангового насоса, що розташований на дні свердловини, є станок-качалка (рис.16.7). Цей пристрій за принципом дії досить схожий на ручний насос велосипеда, що перетворює зворотно-поступальні рухи в потік повітря. Нафтовий насос перетворює зворотно-поступальні рухи від станка-качалки в потік рідини, яка по насосно-компресорних трубах поступає на поверхню.

Процеси, що відбуваються за даним способом експлуатації свердловини, можна описати наступним чином. На електродвигун станка-качалки подається електрика. Двигун обертає механізми станка-качалки так, що балансір станка починає рухатися, як качалка і підвіска вибійного штоку отримує зворотно-поступальні рухи. Енергія передається через штанги – довгі сталеві стрижні, які скручені між собою спеціальними муфтами. Від штанг енергія передається штанговому насосу, що захоплює нафту і подає її наверх.

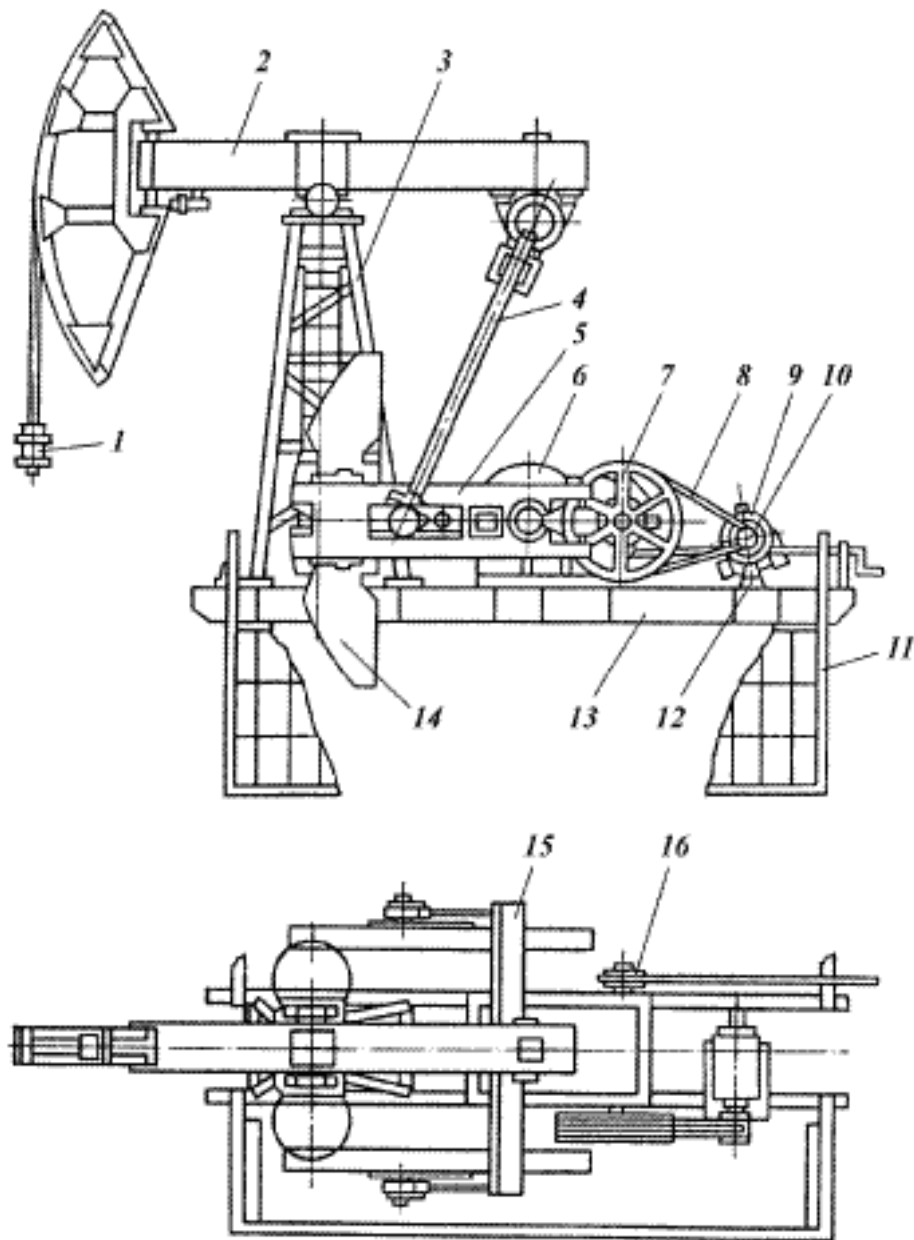


Рис. 16.7 – Станок-качалка:

1 – підвіска устьового штоку; 2 – балансир з опорою; 3 – стійка; 4 – шатун; 5 – кривошип; 6 – редуктор; 7 – тяжкий шків; 8 – ремінь; 9 – електродвигун; 10 – тяговий шків; 11 – огороження; 12 – поворотна плита; 13 – рама; 14 – противаги; 15 – траверси; 16 – гальма.

Під час експлуатації свердловини штанговими насосами до нафти, що добувається, жорсткі вимоги, які мають місце за інших способів експлуатації, не висуваються. Штангові насоси можуть качати нафту, що має механічні домішки, високий газовий фактор тощо. До того ж даний спосіб експлуатації має високий ККД.

При заляганні нафти в свердловині на низькому рівні та при скривленні стовбура свердловини для вилучення нафти використовують

безштангові насосні установки. Їх перевага перед штанговими установками – відсутність громіздкого механічного зв'язку між двигуном та насосом, бо двигун перенесений безпосередньо до насосу. Розрізняють наступні безштангові насосні установки: заглибні відцентрові електронасоси та заглибні гідропоршньові насоси. Відцентровий електронасос являє собою заглибний трьохфазний електричний двигун з короткозамкненим ротором, що сполучається за допомогою загального валу з багаторукавним відцентровим насосом. Між двигуном та насосом встановлюють протектор, запобіжний двигун від попадання води або нафти. Увесь агрегат поміщають в сталевий корпус та опускають до свердловини на колоні насосно-компресорних труб. Енергію до двигуна подають за допомогою броньованого кабелю, який закріплюють до насосної колони ззовні тонкими сталевими поясами.

Гідропоршньовий насос приводиться в дію енергією рідини, що нагнітається з поверхні до стовбура свердловини, і складається з гідравлічного двигуна та насоса, поршні яких жорстко пов'язані між собою. Для приводу на поверхні землі встановлюють високонапірний насос, який здійснює закачування нафти до свердловини. Нафта, що закачується, приводить в дію агрегат, а після виходу з насоса змішується з нафтою, яка надходить з пласта та повертається на поверхню.

Свердловинний насос має 80-400 ступенів. Рідина надходить через сітку в нижній частині насоса. Заглибний електродвигун маслозаповнений, герметизований. Для запобігання попадання до нього пластової рідини встановлений вузол гідрозахисту. Електроенергія з поверхні подається по круглому кабелю, а навколо насоса – по плоскому. При частоті струму 50 Гц частота обертання валу двигуна синхронна і складає 3000 хв(-1).

Трансформатор (автотрансформатор) використовують для підвищення напруги струму від 380 (напруга промислової мережі) до 400-2000 В.

Станція управління має прилади, які вказують силу струму та напругу, що дозволяє відключати установку вручну або автоматично.

Колонна насосно-компресорних труб (НКТ) обладнана зворотним та зливним клапанами. Зворотний клапан утримує рідину в насосно-компресорних трубах при установках насоса, що полегшує запуск установки, а зливний звільняє НКТ від рідини перед підйомом агрегату при встановленому зворотному клапані.

З усіх вище названих способів видобутку нафти найдешевшим є фонтанний. За допомогою цього способу добувається близько 60 % нафти, в той час як за допомогою глибинно-насосного - 20-30 %, а компресорного - 10-15 % нафти.

Таким чином, видобуток нафти і газу пов'язаний з використанням складних технологічних процесів, апаратура та обладнання яких працюють в умовах високого тиску, що, в свою чергу, створює умови для виникнення аварійних ситуацій.

16.3 Безпека праці в нафтогазодобувній галузі. Загальні вимоги

Основним нормативним документом є:

Правила безпеки в нафтогазодобувній промисловості. Наказ Міністерства економіки України від 27 квітня 2023 року № 2610.

В процесі буріння свердловини необхідно:

- дотримувати режим буріння;
- контролювати тиск у свердловині, у насосах, компресорах;
- контролювати густину глинистого розчину;
- контроль за температурою розчину (вуглеводневого), що виходить із свердловини;
- устя свердловини необхідно обладнати арматурою проти викидів – превентором;
- при бурінні з продувкою вибою повітрям превентори повинні перевірятися на герметичність і надійність у роботі перед кожним спуском і підйомом інструмента (не рідше 1 раз в зміну);
- перед початком буріння з продувкою вибою повітрям, герметизуюче устя свердловини перевіряють на герметичність холостою продувкою газоподібного агента через свердловину;
- забороняється осушувати стовбур свердловини горючим стисненим повітрям при розкритих нафтогазоносних пластах;
- при виявленні природного газу в кількості 20% від нижньої межі поширення полум'я необхідно призупинити бурові роботи;
- при бурінні свердловин з високим пластовим тиском необхідно мати ємності для запасу бурового розчину місткістю не менш одного обсягу свердловини, а також і хімічних реагентів;
- нафто- та газопроводи, що ідуть від свердловини повинні виконуватися із безшовних труб, поєднаних зварюванням.

Висновок: Небезпека процесів буріння свердловин обумовлюється насамперед можливістю відкритого фонтанування нафти, а також наявною складною системою обладнання для буріння. Знання технологічного процесу буріння та експлуатації нафтогазових свердловин, вміння користуватися нормативною літературою дозволяє мінімізувати можливість виникнення та наслідки ймовірних надзвичайних подій на подібних виробництвах .

Питання для самоконтролю

1. Поясніть основні поняття:
 - свердловина;
 - устя;
 - вибій;
 - ствол;
2. Класифікація свердловин за призначенням.

3. Класифікація свердловин за глибиною та нахилом буріння.
4. Класифікація буріння свердловин за характером руйнування породи.
5. Способи буріння свердловин та їх загальна характеристика.
6. Сутність існуючих способів буріння.
7. Склад бурової установки.
8. Склад обладнання для роторного буріння.
9. Основні функції бурильної колони.
10. Основні функції бурового (промивного) розчину:
11. Способи «збудження» свердловин.
12. Основні способи експлуатації нафтогазових свердловин.
13. Поясніть сутність основних способів експлуатації нафтогазових свердловин.
14. Переваги компресорного способу експлуатації свердловин.
15. Недоліки компресорного способу.
16. Переваги глибинно-насосного способу експлуатації свердловин та його види.
17. Основні нормативні документи.

Рекомендована література

1. О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, І.Я. Кріса, П.А. Білим, О.О.Тесленко. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки: Навчальний посібник. – Х.: УЦЗУ, 2010. - 249 с.
2. Наказ Міністерства економіки України № 2610 від 27 квітня 2023 року «Про затвердження Правил безпеки в нафтогазодобувній промисловості».

ЛЕКЦІЯ 17. БЕЗПЕКА НА ХІМІЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

ПЛАН

17.2. Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах хімічної промисловості.

17.2. Безпека праці при експлуатації підприємств хімічної промисловості.

17.1 Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах хімічної промисловості

Хімічна небезпека – небезпека, що пов'язана з хімічними речовинами або процесами, основними формами прояву якої є пожежа, вибух, токсичні ураження. 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. Так, в 1996 р. викиди діоксину з реактора заводу швейцарсько-італійської компанії в м. Севезо (Італія) через його мембрану, що зруйнувалася, мали дуже серйозні наслідки для населення та навколишнього середовища. З метою ліквідації наслідків цієї аварії в зоні площею 105 га знімали шар ґрунту. Ці роботи, що проводилися в засобах індивідуального захисту, були закінчені через 40 днів після аварії. Незважаючи на заходи, що приймалися, загальна кількість людей, що постраждали, склала 2000 чол.

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 приходиться на долю сильнодіючих отруйних 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 ВАТ «Азот» (м. Рівне), Черкаське ВАТ «Азот», Черкаське ВАТ «Хімволокно», ВАТ «Суміхімпром», Державне підприємство «Аргентум» (м. Львів), Одеський державний припортовий завод та ін.

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

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 неконкурентноспроможною. Матеріалоємність та енергоємність 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. 80 % обсягів світового випуску сірки виробляється із природного газу.

Слід зазначити, що забезпечення безпеки промислових об'єктів є складною задачею, тому що насамперед залежить знання характерних небезпек технологічних процесів, поглибленого їхнього аналізу, виділення найбільш небезпечних об'єктів, виходячи з особливостей розвитку галузі в цілому.

Найбільш небезпечними об'єктами є виробництва з обертанням 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 відносять, об'єкти хімічної, нафтохімічної, нафтопереробної промисловості.

Хімічна промисловість виробляє продукцію, використовуючи хімічні методи переробки сировини й матеріалів. У її галузевій структурі виділяють дві великі групи галузей:

- основна (неорганічна) хімія;
- промисловість органічного синтезу.

Групу основної хімії утворює гірничо-хімічна промисловість, що займається видобутком хімічної сировини, та власне основна хімія, що виробляє мінеральні добрива (азотні, калійні, фосфатні), сірчану кислоту, соду тощо.

До групи галузей промисловості органічного синтезу входять:

- хімія органічного синтезу (виробництво органічних напівфабрикатів — етилену, ацетилену, бензолу, етилового спирту, оцтової кислоти та ін.);
- виробництво полімерів (синтетичних смол, каучуку, пластмас, хімічних волокон);
- переробка полімерів (виробництво виробів із пластмас, шин, гумотехнічних виробів).

Крім основних великих груп, виділяють групу інших галузей хімічної промисловості:

- лакофарбова,
- фотохімічна промисловість,
- виробництво хімреактивів та ін.

Розрізняють наступні основні виробництва хімічної промисловості:

- виробництва основної хімії з випуску неорганічних кислот, лугів, солей, хлору й інших неорганічних сполук;
- підприємства органічного синтезу, на яких одержують великий асортимент органічних речовин: кислоти, спирти, розчинники;
- виробництва з одержання штучних волокон і ниток - лавсану, капрону, віскози та ін.;
- виробництва, що випускають синтетичні смоли, пластмаси, синтетичний каучук тощо;
- виробництва, що випускають анілінові барвники, лакофарбові матеріали;
- хіміко-фармацевтичні заводи з випуску лікарських та інших препаратів;
- комбінати і заводи з виробництва мінеральних добрив і ядохімікатів та ін.

Незважаючи на велику різноманітність хімічних виробництв, вони мають багато спільного. Існує кілька класифікацій технологічних процесів:

- за фізико-хімічними властивостями реакційних систем;
- за агрегатним станом реагуючих речовин;
- за процесами й апаратами та ін.

Найбільш удаюю щодо гігієнічного відношення є класифікація, відповідно до якої усі технологічні процеси й операції поділяються на наступні етапи:

- 1) підготовчі операції (розмелювання, дозування, змішування, просівання і розділення на фракції сировинних матеріалів, транспортування);
- 2) власне хімічні процеси (окислювання, відновлення, хлорування, нітрація, електрохімічні процеси тощо);
- 3) розділення хімічних компонентів (відгонка, ректифікація, центрифугування, фільтрація, екстракція, кристалізація тощо);
- 4) завершальні операції (сушіння, подрібнювання, розфасовка, пакування і зберігання);
- 5) додаткові операції (відбирання технологічних проб, заміна каталізаторів, профілактичні й аварійні ремонти тощо).

Крім того, технологічні процеси за своїм характером поділяються на періодичні і безперервні. Для більшості сучасних крупнотоннажних

виробництв характерні замкнені безперервні цикли, що виключають надходження шкідливих речовин у повітря робочої зони і навколишнє середовище.

Періодичні процеси все ще використовуються у малотоннажних виробництвах. Вони включають розкриття апаратури, завантаження і вивантаження сировини, реакційних мас, напівфабрикатів і кінцевої продукції, а отже, створюють небезпеку надходження шкідливих речовин у повітря виробничих приміщень.

Безперервний процес виробництва є прогресивним і порівняно з періодичним має всі техніко-економічні й гігієнічні переваги: можливість комплексної механізації й автоматизації, різкого скорочення обслуговуючого персоналу, підвищення продуктивності устаткування і якості продукції, що випускається. Особливо важливою є можливість застосування дистанційного управління технологічним процесом і його автоматизації, що значно скорочує контакт працівників зі шкідливими речовинами. Крім того, безперервний процес дає змогу підтримувати в апаратах більш стабільний технологічний режим (температура, тиск), що полегшує збереження герметичності апаратури і зменшує витік шкідливих речовин.

Розрізняють низькотемпературні, високотемпературні, некаталітичні, каталітичні, електрохімічні та інші хімічні процеси. У гігієнічному відношенні найбільш несприятливими є процеси, що проводяться під підвищеним атмосферним тиском. За таких умов часто спостерігається виділення шкідливих речовин через нещільності в апаратурі. До подібних негативних наслідків найчастіше призводить і підвищена температура реакційної маси в апаратах. Більш сучасними є хімічні процеси, що проводяться в апаратурі під тиском, нижчим за атмосферний, чи у вакуумі, а також при низькій температурі.

Хімічна промисловість за часткою виробленої продукції й зайнятих у промисловості значно поступається машинобудуванню, але є однією з тих галузей, що забезпечують науково-технічний прогрес.

Сировиною для хімічної промисловості є:

- нерудна мінеральна (хімічна) сировина із земних надр (калійні і кухонні солі, фосфорити, апатити, сірка),
- паливні мінеральні ресурси (нафта, природний газ, вугілля, сланці),
- відходи чорної і кольорової металургії, лісової, харчової та легкої промисловості.

Використовуючи сировину з інших галузей, хімічна промисловість комбінується і кооперується з ними. Для неї характерна й концентрація виробництва, що здійснюється шляхом об'єднання підприємств або збільшенням потужностей технологічних ліній;

Галузі хімічної промисловості в цілому належать до матеріалоемних. Тому основними чинниками розміщення підприємств хімічної про-

мисловості є сировинний, паливно-енергетичний, споживчий, водний, екологічний.

Найважливішими районами гірничо-хімічної промисловості є Передкарпаття (видобуток калійних солей Калуша і Стебника, сірки Яворова і Нового Роздолу) і Донбас (видобуток кам'яної солі в Бахмуті і Слов'янську).

Виробництво сірчаної кислоти, через її погану транспортабельність тяжіє до районів споживання продукції, тобто підприємств, що виробляють фосфорні та азотні добрива. Практично в кожному з центрів виробництва цих добрив налагоджено випуск сірчаної кислоти.

Хімія органічного синтезу дає більшу частку продукції хімічної промисловості. Синтетичні матеріали створюють нову сировинну базу для промисловості, будівництва. Переважно вони дешевші й кращої якості за натуральні, хоч мають гірші гігієнічні властивості.

Хімія органічного синтезу охоплює заводи, що виробляють напівпродукти для отримання полімерів (Кам'янське, Запоріжжя). Галузь використовує в основному нафтогазову сировину.

Розміщення підприємств, що виробляють полімери, залежить передусім від наявності вуглеводневої сировини, а також палива, електроенергії, води. Для деяких підгалузей важливим чинником розміщення є трудові ресурси. Синтетичні смоли і пластмаси виробляють, переважно, на нафтохімічних комбінатах, азотно-тукових і хлорних заводах, тобто вони поєднуються з випуском інших хімічних продуктів.

Штучні (з целюлози) і синтетичні (із синтетичних смол) хімічні волокна виготовляють підприємства у Чернігові, Києві, Черкасах, Сокалі (Львівська обл.).

Серед інших галузей хімічної промисловості важливими є лакофарбова (Дніпро, Кропивницький, Харків, Львів, Одеса, Київ та ін.), промисловість синтетичних барвників, хіміко-фармацевтична (Київ, Харків, Одеса, Львів).

Основними районами розміщення великої кількості підприємств хімічної промисловості в Україні є Придніпров'я, Передкарпаття, Причорномор'я.

Основні небезпеки хімічних виробництв.

Під час технологічних процесів на підприємствах основної хімічної промисловості відповідно до технологічних регламентів на працівників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі чинники.

Фізичні шкідливі чинники:

- машини і механізми, що рухаються;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;

- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень загальної та локальної вібрації;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищений рівень ультрафіолетової та інфрачервоної радіації;
- підвищений рівень іонізуючих випромінювань;
- підвищена чи знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень загальної та локальної вібрації;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухомість повітря;
- підвищене значення напруги в електричному контурі, замикання якого може відбуватися через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- гострі краї, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок, інструментів і обладнання.

Хімічні шкідливі чинники:

- за характером впливу на організм людини:
 - загальнотоксичної дії;
 - канцерогени;
 - аерозолі переважно фіброгенної дії;
 - які подразнюють;
 - гостроспрямованої механічної дії;
 - які сенсibilізують;
- за шляхом проникнення в організм людини через:
 - органи дихання;
 - органи травлення;
 - шкірні покриви і слизові оболонки.

Психофізіологічні шкідливі чинники:

- фізичні перевантаження (статичні та динамічні);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці, емоційні перевантаження).

Головним несприятливим виробничим фактором хімічних виробництв під час нормальної їх роботи у більшості випадків є хімічний фактор, тобто забруднення повітря робочої зони і промислової площадки шкідливими речовинами, що виходять через нещільності технологічного обладнання. При аваріях з викидом великої кількості хімічних речовин у навколишній простір, поряд з хімічною небезпекою, важливим фактором

є загроза пожеж та вибухів, оскільки більшість речовин та матеріалів, пов'язаних з хімічним виробництвом, є пожежовибухонебезпечними.

На підприємствах органічного синтезу при термічній переробці полімерів виділення шкідливих речовин за умови недотримання гігієнічних вимог можливе на всіх етапах технологічного процесу. Виділення шкідливих речовин спричиняється, в першу чергу, використанням високих температур і тисків, а також негерметичних апаратів і комунікацій. Значним джерелом забруднення повітря токсичним пилом є таке обладнання, як дробарки, млини, дезінтегратори, шнеки, елеватори для транспортування сипких матеріалів. Крім того, частими причинами забруднення повітря робочої зони шкідливими речовинами є порушення технологічного режиму, розгерметизація ємкостей для відбирання технологічних проб, прориви комунікацій та інші аварійні ситуації.

В останні роки в хімічній і нафтохімічній промисловості значного поширення набули каталітичні процеси з використанням різноманітних каталізаторів. Як каталізатори застосовують більшість металів (платина, срібло, нікель, молібден, хром, вольфрам та ін.). Каталітичні процеси мають перед звичайними некаталітичними ряд переваг:

- їх висока швидкість дає змогу збільшити вихід цільових продуктів і підвищити продуктивність устаткування;
- гігієнічні переваги цих процесів полягають у їхній простоті (обмежена кількість сировинних матеріалів і проміжних операцій).

Однак несприятливими операціями при цьому є завантаження і вивантаження каталізатора, що пов'язане з розкриттям апаратури і надходженням шкідливих речовин у повітря робочої зони.

У момент відбирання технологічних проб концентрація шкідливих речовин у повітрі підвищується в багато разів. Щоб уникнути цього, останнім часом розробляються і на багатьох підприємствах уже впроваджені засоби автоматичного контролю за фізико-хімічним станом реакційних мас.

Із гігієнічної точки зору значної уваги заслуговують такі операції, як чищення і ремонт апаратури та проведення аварійних робіт, при яких спостерігається найбільший контакт працівників із різними шкідливими речовинами.

Склад забруднень. Повітря робочої зони найчастіше забруднене багатьма шкідливими речовинами. У повітрі може одночасно міститися багато речовин у різному агрегатному стані - аерозолі, пари, гази, що є початковими, проміжними, кінцевими продуктами, а також сполуки, які утворюються в результаті взаємодії, чи продукти термічного розпаду. Шкідливі речовини, що надходять у повітря, продовжують взаємодіяти, зазнавати окислювання, гідролізу й інших перетворень.

Пари і гази, що мають більшу, ніж повітря, відносну густину, накопичуються в нижній зоні, а при вертикальному плануванні приміщень

перетікають із верхніх поверхів у нижні.

Недотримання гігієнічних вимог при виконанні підготовчих і заключних етапів технологічного процесу на хімічних заводах призводить до підвищення концентрації пилу в повітрі в десятки разів. Дисперсність пилу, який виділяється, звичайно висока: у його складі переважають пилові частки розміром менше 5 мкм. При цьому вдихуваний пил, який добре сорбує гази і пари шкідливих речовин, служить додатковим джерелом їх надходження в організм. На сучасних хімічних заводах застосовуються радіоактивні речовини у вимірювальній апаратурі і як каталізатори. У хімічних цехах існує значна небезпека виникнення травм, які можуть бути хімічними, термічними, механічними й електричними.

Проблеми й перспективи розвитку. Висока концентрація хімічної промисловості у великих і середніх промислових центрах та певних чотирьох районах країни, недостатній розвиток виробництв з маловідходною чи безвідхідною технологіями, сучасними системами очистки відходів, а також залишковий принцип фінансування охорони природи та раціонального природокористування призвели до виникнення складної екологічної ситуації в багатьох містах і регіонах України.

Найбільшу небезпеку на хімічних підприємствах являють собою аварії.

Виникнення аварії в будь-якій частині технологічної системи на потужних технологічних установках та виробництвах з великою кількістю апаратів, сполучених трубопроводами може, внаслідок її ланцюгового розвитку, привести до руйнувань будівель і споруд з великим запасом енергоносіїв та небезпечних речовин, розміщених на території підприємства. Великі масштаби ураження можливі на всій території та за її межами.

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.

Аналіз характеру причин аварій у хімічній і нафтохімічній промисловості показує, що більшість їх (95%) пов'язано з вибухами різних хімічних речовин: 54% в апаратурі, 46% у виробничих будівлях і на відкритих технологічних установках. Однак це співвідношення неоднаково в різних галузях і змінюється в залежності від характеру виробництва. Наприклад, в азотній промисловості число аварій, пов'язаних з викидами в атмосферу горючих газів і рідин через нещільності в апаратах, компресорах, насосах, комунікаціях, приблизно в 1,6 рази більше аварій, зв'язаних з вибухами усередині технологічних систем. У хлорній промисловості вибухів, загорянь і пожеж, зв'язаних з викидами горючих продуктів в атмосферу, у 2,5 рази більше, ніж вибухів усередині устаткування. У про-

мисловості хімічних волокон найбільш характерними аваріями є пожежі і загоряння, викликані витокami горючих рідин і займанням волокон, причому пожежі і іноді охоплюють значні площі.

Аналіз причин аварій у хімічній промисловості показує, що основна їхня кількість (81%) пов'язана з веденням хіміко-технологічних процесів, 13% з підготовкою устаткування до ремонту, ремонтним роботам чи прийомом устаткування з ремонту і 6% - з інших причин.

17.2 Безпека праці при експлуатації підприємств хімічної промисловості

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

- фізико-хімічних властивостей сировини;
- характеру технологічного процесу;
- конструкція та надійність технологічного обладнання;
- умов зберігання, транспортування хімічних речовин;
- стану контрольно-вимірjувальних приладів та засобів автоматизації;
- ефективності засобів протиаварійного стану тощо.

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.

Нормативні документи.

1. Правила охорони праці для виробництв основної хімічної промисловості, що затверджені Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 26.08.2010 № 162.

2. НПАОП 0.00-1.19-08. Правила охорони праці для нафтохімічних підприємств.

3. НПАОП 23.1-1.01-08. Правила безпеки в коксохімічному виробництві.

Вимоги нормативних документів до окремих виробництв основної хімічної промисловості.

На підприємствах з виробництва продукції основної хімічної промисловості необхідно механізувати:

- розвантаження сировини;
- завантаження сировини до складів;
- подавання сировини зі складів на технологічне перероблення;

- внутрішньоцехове транспортування сировини, напівфабрикатів,
- готових продуктів і відходів;
- подавання тари до агрегатів фасування;
- затарювання, зважування, зашивання, подавання на склад;
- завантаження готовою продукцією зі складу;
- очисні й ремонтні роботи;
- прибирання виробничих приміщень;
- інші трудомісткі роботи.

Автоматизація виробництв має передбачати влаштування аварійної, попереджувальної й технологічної сигналізації та блокування, а також захисні заходи при досягненні граничнодопустимих значень технологічних параметрів і аварійного відключення технологічного устаткування.

У виробничих приміщеннях, віднесених за вибухопожежною та пожежною небезпекою згідно з вимогами ДСТУ Б.В.1.1-36 до категорій А, Б і В, де можливе виділення сірководню, сірчистого газу, окису вуглецю, фтористих газів, має бути встановлено автоматичні сигналізатори ГДК, а за відсутності їх виділення – систематичний контроль за станом повітряного середовища виробничих приміщень треба здійснювати згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Система стандартів безпеки праці. Настапова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва» санітарною лабораторією підприємства або установою державної санітарно-епідеміологічної служби за графіком, затвердженим уповноваженим працівником.

Схеми автоматизації технологічних процесів має бути виконано таким чином, щоб вихід з ладу окремих засобів автоматики або їх несправності не могли спричинити аварії на виробництві.

Кожний агрегат, що працює в режимі автоматичного або дистанційного ввімкнення й вимкнення, повинен мати світлове табло: "Обережно! Працює на автоматичці. Вмикається без сигналу".

Пускові пристрої основних машин, механізмів і апаратів має бути заблоковано із запобіжними огорожувальними конструкціями таким чином, щоб було унеможливлено запускання їх у роботу зі знятими запобіжними огорожувальними конструкціями. Перелік таких машин, механізмів і апаратів визначає проектна організація. Не допускається запускати машини, механізми й апарати зі знятими огорожувальними конструкціями.

Устаткування, апарати для отруйних, шкідливих, пожежо- і вибухо-небезпечних речовин, розташовані в приміщеннях і на відкритих майданчиках, мають бути герметичними.

Ємності (сховища), що містять агресивні рідини, необхідно встано-

влювати на спеціальні піддони з бортами заввишки не менше ніж 15 см. Піддони повинні мати злив або пристрій для перекачування рідин у відповідний збірник (ємність). Піддони встановлюють під окремі ємності або під групу ємностей.

У виробничих приміщеннях допускається встановлювати посудини, що працюють під тиском, разом з посудинами, що працюють без тиску або під вакуумом, не розділяючи їх капітальною стіною, якщо цього не вимагає технологічний процес.

Апарати й агрегати, що потребують спостереження за температурою й тиском і перебувають на значній відстані від робочих місць, має бути забезпечено дистанційними приладами з показаннями температури й тиску на щитах керування й контрольними приладами, встановленими на робочих місцях.

Апарати, посудини й комунікації, що потребують продувки, промивання й пропарювання перед внутрішнім оглядом або ремонтом, має бути обладнано відповідними штуцерами, а в обв'язці має бути передбачено підведення необхідних середовищ (пари, води, стисненого повітря, інертного газу). Допускається прокладати тимчасові комунікації.

Резервуари й збірники для кислот (азотної, сірчаної, фосфорної, кременій-фтористоводневої) і лугів (каустичної й кальцинованої соди) мають бути закритими, мати покажчики рівня, а також пристрої, які не допускають потрапляння рідини на підлогу й майданчик. Заборонено перевищувати максимальний рівень рідини, встановлений проектною організацією. Кришки збірників і резервуарів має бути обладнано дихальними лініями від апаратів в атмосферу.

Якщо за умовами виробництва потрібно часто відключати агрегати й щоразу встановлювати заглушки (наприклад у разі періодичної зміни каталізатора), то місця встановлення заглушок має бути позначено в проекті. При цьому мають бути забезпечені вільний підхід та необхідна робоча зона зі зручними умовами проведення робіт з установавання або знімання заглушок.

Зاغлушки мають бути пронумеровані й розраховані на певний тиск. Номер заглушки й тиск, на який її розраховано, вибивають на її "хвостовику".

Дії, пов'язані зі встановленням та зніманням заглушок, треба відмічати в спеціальному журналі обліку встановлення та знімання заглушок за особистим підписом відповідальної особи.

У виробничих приміщеннях, де можливі заpalення одягу або хімічні опіки (при викиді полум'я з печей, під час роботи з кислотами й лугами), має бути встановлено раковини, аварійні душові або ванни з водою. Аварійні душові, ванни та раковини підключають до питного водопроводу й установають у видимих легкодоступних місцях на відстані не більше ніж 25 м від можливих осередків ураження. Аварійні душові ма-

ють автоматично спрацьовувати в разі ступання працівника на площадку під душовим різком.

Заборонено влаштувати аварійні душові у виробничих приміщеннях, де застосовують калій, натрій та інші хімічні речовини, що розкладаються з вибухом під час контакту з водою.

Проектування, влаштування і експлуатація складських приміщень рідкого аміаку мають відповідати вимогам чинного законодавства.

Проектування, влаштування і експлуатація складських приміщень азотної кислоти для цехів нітрофоски й інших нітрофосфорних сполук мають відповідати вимогам чинного законодавства.

Для попередження про надходження поїзда до складського приміщення та про виїзд його із складського приміщення повинні оповіщати попереджувальні звукова, а в нічний період - і світлова сигналізація.

Необхідно запобігати попаданню в силоси атмосферних опадів і вологи, а також сторонніх предметів.

Усі отвори й люки у верхньому перекритті силосів має бути зачищено й огорожено на випадок їх відкривання.

Бункери й силоси для зберігання фосфатної сировини має бути обладнано пристосуваннями для обвалення зводів, які утворюються під час зберігання сировини. Обвалення зводів вручну всередині бункерів або силосів не допускається.

Приймальні траншеї складських приміщень апатитового концентрату, фосфоритного борошна, боратової й магнезитової сировини, обладнані скреперними установками, мають бути добре освітлені, огорожені та мати перехідні містки й майданчик для обслуговування уздовж фронту розвантаження залізничних вагонів на рівні підлоги вагона.

У відділеннях остаточного оброблення суперфосфату й складських приміщеннях готової продукції засипання продукцією будівельних конструкцій будинку й опорних конструкцій підкранової колії не допускається. У разі випадкового розсипання проводять сухе прибирання (змітання) з подальшою утилізацією зметеного.

Під час зберігання грудкової сірки на відкритому складі треба укладати її в штабелі. У приміщеннях оброблення й транспортування грудкової сірки необхідно застосовувати механізми й інструменти, які унеможливають іскроутворення або перегрівання тертьових частин.

Зовнішні поверхні плавилки, фільтра, збірників розплавленої сірки й сіркопроводи мають бути теплоізолювані. Сіркопроводи мають бути з паровим обігрівом. Баки й збірники рідкої сірки плавильного й пічного відділень має бути обладнано повітропроводами з паровим обігрівом. Баки, збірники й відстійники розплавленої сірки треба обладнати пристроями, які унеможливають переливання сірки.

Печі для спалювання сірководню у виробництві сірчаної кислоти має бути обладнано спеціальною сигналізацією, яка попереджає про мо-

жливість аварії в результаті змінювання кількості або тиску сірководню, що надходить, або зупинення вентиляторів подавання повітря.

Приміщення насосного відділення складського приміщення олеуму треба опалювати системою з паровим або водяним обігріванням закритого типу.

Сальники насосів, а також фланцеві з'єднання трубопроводів для кислот і лугів та їх розчинів повинні бути захищені кожухами від розбризкування.

Штуцери, люки, арматури, КВПіА на кришках сховищ для агресивних рідин і газів треба розташовувати по периферії кришки й обслуговувати зі спеціальної площадки, розміщеної нижче кришки сховища на 0,7 - 0,9 м. Площадки одного або декількох сховищ повинні мати не менше двох сходів із двостороннім поруччям.

Для обслуговування приводів мішалок і заглибних насосів, розташованих на кришках сховища чи бака з агресивними рідинами й газами, має бути споруджено спеціальні площадки, які треба кріпити до корпусу сховища, бака (ємності) або до конструкцій жорсткості кришок ємностей. У випадку футерованих ємностей кріпити будівельні конструкції треба перед їх футеровкою.

Дихальні лінії від усіх циркуляційних збірників сірчаної кислоти має бути приєднано до газоходів, які працюють під розрідженням.

Дихальні лінії від збірників олеумного абсорбера й олеумних сховищ треба приєднувати до спеціальної пастки з насадкою, зрошуваною моногідратом.

Розподільчі й зрошувальні бачки повинні мати переливні труби, відведені до вежі або збірників з гідравлічними затворами.

Резервуари-сховища для кислоти має бути закрито, обладнано дихальними лініями і пристроєм для її випускання.

Збірники циркуляційних кислот має бути розраховано на приймання усього обсягу кислоти, яку зливають до них під час зупинення системи.

Експлуатувати суперфосфатну камеру з несправними ущільненнями не допускається.

Вал фрези (каруселі) для вирізки суперфосфату в безперервно діючій обертівій суперфосфатній камері має бути заблоковано з приводом камери.

Усі отвори й люки на кришці суперфосфатної камери під час її роботи має бути щільно зачинено.

Технологічна схема виробництва простого і подвійного суперфосфату, екстракційної фосфорної кислоти й інших фосфоровмісних добрив має передбачати використання газів, які утворюються і відходять під час абсорбції газів з розчинів кремнійфтористоводневої кислоти, скидання якої у водойми не допускається.

Розпорошувальні сушарки у виробництві подвійного суперфосфату й амофосу, а також допоміжне устаткування до них має бути оснащено надійно працюючими автоматичними регулюючими пристроями й КВПіА для вимірювання температури, тиску, витрат та інших параметрів. Прилади КВПіА має бути винесено на щити керування та розташовано в місцях, зручних для обслуговування і спостереження.

Розпорошувальні сушарки має бути оснащено попереджувальною і аварійною сигналізацією та блокуванням на випадок виникнення неполадок у роботі окремих вузлів (підвищення температури топкового газу до й після сушіння, перебої у подаванні пульпи).

Не допускається робота з несправними КВПіА.

Абсорбційні агрегати для фтористих газів повинні мати надійну систему зрошування, яка гарантує сталість показників абсорбційного процесу відповідно до регламенту, і забезпечення очищення викидів газів від фтористих сполук відповідно до санітарних норм.

Для обслуговування приводів мішалок екстракторів мають бути передбачені майданчики й сходи з поручнями.

У приміщеннях, де можливе виділення в робочу зону шкідливих і небезпечних (вибухопожежонебезпечних) пари, газів і пилу, має бути організовано систематичний контроль за їх концентрацією в повітрі робочої зони за допомогою газоаналізаторів та інших КВПіА.

Планове зупинення вакуум-фільтрів проводять лише після переробки всієї пульпи в напірному баку, звільнення фільтра від осаду і його промивання.

Апарати, в яких відбуваються процеси й реакції з виділенням шкідливих речовин, має бути обладнано кришками, які щільно закриваються, і місцевими відсмоктувачами для видалення водяної пари та газів. Гази з апаратів необхідно направляти в абсорбційну установку для очищення від шкідливих домішок.

Періодичне очищення вакуумкристалізаторів у виробництві борної кислоти треба виконувати промиванням гарячим розчином борної кислоти. Очищувати вакуумкристалізатори вручну не допускається.

Сушильні барабани, розпорошувальні сушарки й апарати БГС (барабанні гранулятори-сушарки) з метою уникнення розкладання в них продукту (внаслідок перевищення регламентованої температури, зазначеної в технологічному регламенті на конкретний процес, з можливим утворенням аміаку, фтористих газів або окисів азоту) має бути обладнано аварійною сигналізацією і запобіжним пристроєм, який автоматично припиняє подавання палива до топки.

Центрифуги повинні мати запобіжний кожух для захисту обертових частин та механічний пристрій гальмування, що дає змогу швидко й плавно припиняти обертання.

Кришку кожуха центрифуги має бути заблоковано з електричним

приводом таким чином, щоб унеможливити вмикання центрифуги в роботу (запускання в рух барабана), коли кришку відкрито.

На видному місці корпусу центрифуги має бути надійно прикріплено табличку із зазначеною датою випуску, назвою заводу-виробника, максимально допустимою частотою обертання барабана (в обертах на хвилину), максимально допустимим значенням завантаження (у кілограмах) і мінімальною товщиною стінки барабана (у міліметрах).

Не допускається робота за несправного блокувального пристрою.

У збірниках і напірних баках, призначених для розчинів кремнійфтористоводневої кислоти, треба передбачати пристосування для перемішування осаду кремнійгелю без застосування ручної праці.

Збірники і напірні баки має бути обладнано пристроями, що запобігають переповненню ємностей (переливними пристроями).

Для відбирання проб під час проведення вхідного контролю сировини, проміжного контролю на різних стадіях технологічних процесів та контролю готових продуктів на дослідження та випробовування мають бути пристосування, що забезпечують проведення відбирання й перенесення проб.

Зберігати гідрат окису алюмінію необхідно в закритих опалюваних складах (приміщеннях) за температури, що не перевищує 5 °С.

Щоб уникнути саморозкладання під час зберігання й перевезення складних добрив, має бути унеможливлено їх контакт з нагрівальними приладами й відкритим вогнем.

Щоб уникнути проникнення в приміщення з каналізації вибухонебезпечних і шкідливих газів і пари, має бути передбачено гідравлічні затвори на каналізаційних зливах технологічних апаратів.

Усі засоби транспортування речовин, які виділяють пил або шкідливі гази, а також грохоти, має бути обладнано відсмоктувачами місцевої вентиляції з очищенням повітря від пилу й фтористих газів перед викиданням його в атмосферу.

Для працівників виробництв основної хімічної промисловості, зайнятих на роботах з підвищеною небезпекою, згідно із затвердженим на підприємстві переліком робіт з підвищеною небезпекою відповідно до НПАОП 0.00-8.24-05 необхідно проводити спеціальне навчання та перевірку знань з питань охорони праці при застосуванні у виробництві рідкого й газоподібного аміаку, сірчаної, фосфорної, кремнійфтористоводневої і азотної кислот, аміачної селітри, плаву аміачної селітри.

Висновок: Таким чином, здійснення хімічних процесів, що протікають при високих температурах, підвищеному тиску з використанням небезпечних речовин вимагає надійності устаткування, дотримання режиму ведення процесу, ефективного режиму захисту, що досягається комплексом заходів, передбачених нормативними документами, або обґрунтованими у визначеному порядку.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення хімічної небезпеки.
2. Наведіть хімічні методи переробки сировини й матеріалів.
3. Наведіть структуру хімічної промисловості.
4. Назвіть основні виробництва хімічної промисловості.
5. Наведіть класифікацію технологічних процесів.
6. Наведіть класифікацію технологічних процесів й операцій.
7. Що є сировиною для хімічної промисловості?
8. Фізичні шкідливі чинники хімічної промисловості.
9. Назвіть хімічні шкідливі чинники хімічної промисловості.
 - за характером впливу на організм людини;
 - за шляхом проникнення в організм людини.
10. Наведіть психофізіологічні шкідливі чинники.
11. Назвіть переваги каталітичних процесів.
12. Від чого залежить безпека функціонування хімічно небезпечних об'єктів?
13. Наведіть нормативні документи стосовно безпеки хімічної промисловості.
14. Наведіть вимоги нормативних документів до окремих виробництв основної хімічної промисловості.
15. Що необхідно механізувати на підприємствах з виробництва продукції основної хімічної промисловості?

Рекомендована література

1. О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, І.Я. Кріса, П.А. Білим, О.О.Тесленко. Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки: Навчальний посібник. – Х.: УЦЗУ, 2010. – С. 113-190.
2. Правила охорони праці для виробництв основної хімічної промисловості, що затверджені Наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 26.08.2010 № 162.
3. НПАОП 0.00-1.19-08. Правила охорони праці для нафтохімічних підприємств.
4. НПАОП 23.1-1.01-08. Правила безпеки в коксохімічному виробництві.
5. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва.

ЛЕКЦІЯ 18. БЕЗПЕКА НА ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

ПЛАН

18.1. Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах енергетичної промисловості.

18.2. Безпека праці при експлуатації енергетичних підприємств.

18.1 Сутність основних небезпек та їх чинники на підприємствах енергетичної промисловості

Електроенергетика є одним з основних "стовпів" сучасної промисловості. Вона поєднує всі процеси генерування, передачі, трансформації і споживання електроенергії. Містить у собі теплові, гідравлічні, атомні електростанції і теплові мережі країни, об'єднані в енергетичні системи, що є базою електрифікації і теплофікації всіх галузей народного господарства і побуту населення. На долю України в минулому десятилітті приходилося 17% загальносоюзного виробництва електроенергії.

Основні потужності країни зосереджені на електростанціях виробничих енергетичних об'єднань; у країні діє об'єднане диспетчерське керування енергосистемами.

Електричні мережі й енергосистеми включають високовольтні лінії електропередачі (довжиною більш 120 тис. км повітряних ліній напругою понад 35 кВт), підстанції високої напруги і розподільні електричні мережі (довжина більш 900 тис. км).

Електрифікація є головним постачальником електроенергії для промисловості.

Електрична станція являє собою енергетичне підприємство на якій енергія природних джерел перетворюється в енергію електричного струму. Звідси електроенергія видається споживачам через ряд електроустановок, на яких відбувається її подальше перетворення і розподіл. Електричний спосіб передачі і розподілу енергії є найбільш поширеним.

Основне енергосилове устаткування станції – первинні двигуни – парові турбіни або гідротурбіни „що утворюють разом з генераторами турбо- або гідроагрегати.

Основний ресурс для вироблення електроенергії – паливо: вугілля, мазут, сланці, природний і доменний газ.

До нетрадиційних джерел електроенергії відносяться сонячні, геотермальні, вітрові і приливні.

Сонячна електростанція (СЕС). СЕС починають широко впроваджуватись для виробництва електричної енергії як альтернатива електростанцій, що працюють на викопному паливі. Станом на кінець 2020 року встановлено СЕС загальною номінальною потужністю 6320 МВт, що не враховує сонячні електростанції на окупованих територіях.

Вітрова електростанція. Запаси вітрової енергії безмежні. Перша в світі ВЕС збудована в 1931 році в Криму. Її потужність – 100 кВт. Дослідження останніх років показали, що вартість виробленої енергії на ВЕС нижча, ніж на інших. ККД сучасних вітродвигунів – 45 %.

Наявні на сьогоднішній день в Україні потужності вітрових електростанцій перевищують 51 МВт, а з моменту, коли запрацювала перша вітчизняна вітрова електростанція, вироблено понад 80 млн кВт·год. електроенергії. За оцінками фахівців, загальна потенційна потужність української вітроенергетики становить 5000 МВт.

Складовою частиною ВЕС є вітрове колесо, яке обертається під дією сили вітру. Це колесо розташоване на валу, який передає обертання колеса електричному генератору, де виробляється електроенергія.

Якщо на ГЕС та ВЕС енергію води та вітру перетворюють зразу на електроенергію, то на інших спочатку отримують пару або газ, а вже потім електроенергію.

Електростанції поділяються на:

- газотурбінні;
- теплові турбінні;
- гідравлічні;
- дизельні;
- атомні;
- ТЕЦ.

Теплові електростанції (ТЕС) є основною базою виробництва електроенергії. До найбільших ТЕС відносяться: Запорізька (3,6 млн, кВт), Криворізька (3,0), Зміївська і Бурштинська (по 2,4), Придніпровська (1,9) та ін.

Гідроелектростанції (ГЕС) представлені каскадом електростанцій на Дніпрі (Дніпрогес (1478 МВт), Каховська (350 МВт), Середньодніпровська (350 МВт), Кременчуцька (625 МВт), Київська (551 МВт), Канівська (420 МВт)) і електрокомплексом на річці Південний Буг (Південно-Українська, Ташликська, Костянтинівська).

Складовими частини ГЕС є гребля, яка затримує воду у водосховищі, гідротурбіна та електричний генератор. Енергія води, яка падає з висоти понад 200 м на лопати турбіни в електричному генераторі, перетворюється на електричну енергію.

Крім ГЕС є **гідроакумулюючі електростанції (ГАЕС)**, які вночі нагромаджують електроенергію, що виробляють інші електростанції, а на час “пік” віддають її. Перша ГАЕС побудована на Дніпрі.

За встановленою потужністю розрізняють ГЕС велику (потужні) (понад 250 МВт), середні (до 25 МВт) і малі (до 5 МВт).

На ГЕС застосовують **два типи турбін**: радіально-осьові і поворотно-лопаткові (це так названі реактивні турбіни). Більш широке застосування знаходять турбіни з поворотними лопатками (число лопат - 10-

30). Основна частина турбіни - робоче колесо, де енергія водяного потоку перетворюється в енергію обертання, передану через вал ротору електричного генератора.

Найбільш розповсюджений тип теплової електростанції – **ДРЕС (державна районна електростанція)**, що представляє конденсаційну станцію, на якій пара, що відробила, викидається в конденсатор,

ДРЕС споруджується поблизу місць перебування паливних енергоресурсів на віддаленні від промислових центрів. Застосування трубопроводів для далекого транспортування газу і мазуту дозволяє наблизити такі електростанції до споживача.

Одиничні потужності парових турбін і турбогенераторів досягають 500 - 800 МВт.

ГРЕС видають електроенергію тільки на підвищеній напрузі і по високовольтних лініях електропередачі в енергосистеми.

Наступний тип теплових станцій – ТЕЦ – теплоелектроцентралі з комбінованим виробленням теплової й електричної енергії. При установці турбін з відбором або протитиском використовується тепло відпрацьованої пари за рахунок чого ТЕЦ може, крім електроенергії, давати теплову енергію у виді пари або гарячої води для промислових цілей і опалення.

Видача електроенергії від ТЕЦ до споживачів звичайно відбувається по кабельних лініях на генераторній напрузі.

Теплофікація дозволяє за рахунок комбінованого вироблення теплової й електричної енергії на теплоелектроцентралях (ТЕЦ) забезпечити централізоване постачання промислових підприємств і великих міст, досягти значної економії палива.

Об'єднання електростанцій в енергосистеми дозволяє поліпшити роботу всіх електростанцій і споживачів.

Технологічний процес вироблення електроенергії на об'єктах енергетики є складним і небезпечним.

Сьогодні багато електроенергетичних установок і устаткування створюють радіаційні, токсичні, пожежовибухонебезпечні й інші аварійні ситуації, які є причинами або наслідками промислових аварій.

Небезпека ТЕС обумовлюється наявністю складного паливного господарства, системи для спалювання палива, розгалуженої кабельної мережі і різних допоміжних приміщень, застосуванням маслонаповненого устаткування й апаратури.

Небезпека паливного господарства залежить від виду застосовуваного палива. Найбільшу небезпеку представляє виробництво електроенергії на ТЕС із застосуванням твердого палива.

Тверде паливо (бурі і кам'яні вугілля, торф) при зберіганні в штабелях можуть самозайматися. Пил вугілля (крім антрациту і напівантрациту), сланцю, торфу, напівкоксу також схильний при збереженні, транс-

портуванні до самозаймання. Здатність до самозаймання росте з підвищенням температури.

Пилеповітряні суміші цих видів палива при визначених концентраціях є вибухонебезпечними. Вугільний пил **НКМПП= 60-80 г/м³**. Небезпека вибуху росте при зменшенні вологості повітря менш 25 %.

Горючі гази - найбільш ефективний вид палива (застосовуються: коксовий, доменний, генераторний і ін). При витoku гази з повітрям утворюють вибухонебезпечні суміші. Концентраційні межі поширення полум'я газів такі: Доменний-48-68%; Генераторний - 20-74%; Коксовий -5 -30%; Природний-4-14%.

Мазут - залишковий продукт нафтопереробки. Тсп- 80-140 °С (у залежності від марки). Мазут надходить у резервуари, де підігрівається до 90 °С (не вище для нормальної роботи насосів, що перекачують), і потім по самопливних трубопроводах подається до насосів, підігрівається до 110-440 °С, очищається і подається в котельню. На ТЕС в основному застосовується мазут топковий - 200.

Котельня установка - одне з головних ланок ТЕС. У котельному цеху одержують пару з живильної води, що надходить у його. З котла пар під тиском 140-255 10⁵ Па і з температурою 565 °С надходить у турбіну.

Вибухи і пожежі в котельному відділенні можливі при порушеннях режиму розпалювання і роботи котлів, при аварії мазутопроводів і від інших причин. Можливе загоряння сажі, що утворюється при спалюванні мазуту, газу і відкладається в конвективних шахтах, повітропідігрівниках і газоходах котлів.

Пожежна небезпека машзалу визначається великою кількістю циркулюючого масла (пожежна небезпека маслосистем), застосуванням водню для охолодження генераторів, наявністю горючих мастил, ізоляції обмоток генератора в сполученні з високонагрітими паропроводами,

Трансформаторне масло (Т_{сп}=135 °С) що застосовується в електроустановці, володіє гарними ізоляційними властивостями, завдяки малій в'язкості, воно глибоко проникає в пори волокнистої ізоляції, підвищуючи її електричну здатність. Однак під впливом вологи, кисню, сонячного світла, високих температур масло старіє, руйнується, у ньому з'являються смолисті речовини, що знижують температуру спалаху і температуру самоспалахування масла.

При виникненні електричної дуги в маслонаповненому апараті, масло розкладається на метан, водень, ацетилен з утворенням з повітрям вибухонебезпечних сумішей.

Найбільша кількість мастила витрачається для змащення турбогенераторів і насосів. безупинно подається велика кількість турбінного масла (Т_{сп}= 180 °С). Особливо багато масла подається на гідроагрегати (тут знаходиться 10-15 т мастила, маслонапірні установки працюють під тиском 40 10 Па).

Велике масляне господарство парових турбін таїть у собі значну потенційну небезпеку виникнення пожежі, Турбіни працюють при високих температурах, що досягає температури самоспалахування звичайно застосовуваних масел. Небезпека пожежі на ТЕС існує при усмоктуванні масла ізоляцією паропроводу з наступним його окислюванням і самозайманням.

Основними причинами пожежонебезпеки турбогенераторів є:

- підвищений тиск масла в системах регулювання;
- збільшення довжини мастилопроводів;
- ускладнення схеми регулювання і захисту;
- підвищення температури паропроводів, корпусу турбіни і парових клапанів;

Загоряння масла звичайно відбувається, коли при руйнуванні або ослабленні через вібрацію масляних трубопроводів мастило витікає або розпорошується з них на гарячі ділянки паропроводів. На силових трансформаторах причиною виникнення горіння є внутрішні ушкодження, що виникають у результаті короткого замкнення, зносу і загоряння ізоляції, а також погіршення якості трансформаторного масла. При великій потужності короткого замкнення (особливо між фазами) відбувається бурхливе виділення газів, що приводить до ушкодження корпусу і викиду масла назовні з розливом палаючого масла на велику площу.

Велику пожежну небезпеку представляють генератори з водневим охолодженням.

При роботі статор, ротор і інші частини генератора нагріваються і тепло відводиться системою охолодження і вентиляцією генераторів.

Охолодження генераторів буває:

повітряне (менш ефективно - малий коефіцієнт теплопровідності і значна густина, крім того, при електричних пробоях обмоток, коротких замкненнях, що супроводжуються підвищенням температури, появою іскор, виникає горіння, що підсилюється при надходженні повітря);

водяне (найефективніше - тепловіддача в 40-50 разів більше в порівнянні з водневим, але не завжди застосовується).

У гідрогенераторах застосовують повітряне або водяне охолодження. У турбогенераторах потужністю 25 МВт і вище водень при надлишковому тиску $0,05-3 \cdot 10^5$ Па.

Водневе охолодження більш ефективно в порівнянні з повітряним, його теплопровідність у 7,2 рази вище, а густина у 14 разів менше, ніж у повітря. Крім того, у чисто водневому середовищі горіння ізоляції обмоток неможливо, але водень з киснем повітря утворює вибухонебезпечні суміші. Тому проникнення повітря в корпус турбогенератора або витік водню із системи охолодження можуть привести до вибуху або пожежі. Вибухонебезпечною є суміш при вмісті водню в повітрі від 4 до 75%. Причиною вибуху може бути займання водню при виході під тиском з вузької щілини або іскріння на шинах.

У розподільчих пристроях і підстанціях пожежну небезпеку представляють основне електроустаткування, застосовуване в розподільчих пристроях і на підстанціях: вимикачі, трансформатори, реактори, роз'єднувачі, КВП.

Найбільшу небезпеку представляє маслоснаповнене електроустаткування. **Масляні вимикачі:** при розмиканні контактів під впливом високої температури електричної дуги (понад 3000 °С) масло розкладається, виділяючи горючі гази, основну частину яких складає водень (70 %). Ці гази в маслі не горять. Небезпеку представляє протікання масла через щілини в кожусі або в результаті дефектів гумових ущільнень. Продукти розкладання масла можуть утворювати з повітрям вибухонебезпечну суміш.

Кабельні приміщення. Застосування на ТЕС турбо- і гідрогенераторів потужністю 30 МВт і більш привело до збільшення числа силових і контрольних кабелів, тому що це викликано необхідністю застосування високих температур, підвищених тисків і підвищеної напруги. Майже всі застосовувані на енергооб'єктах кабелі мають горючу ізоляцію (кабельний папір, ПВХ, гума, мінеральні мастила, ПЕ, джут і ін.). При аварії від бризок розплавленого металу і тепла, що виділяється при короткому замиканні відбувається запалення горючої ізоляції як ушкодженого так і сусіднього кабелів. Пожежі у кабельних приміщеннях і спорудах характеризуються складністю обстановки при їхньому гасінні і важких наслідках, тому що приводять до припинення подачі електроенергії до різних об'єктів.

Джерела запалювання на об'єктах енергетики:

1. Нагріті до високої температури паропроводи турбін.
2. Усмоктування масел ізоляцією паропроводу з наступним окислюванням і загорянням.
3. Електричні походження (електричні дуга, електричний пробій ізоляції).
4. Іскри розплавленого металу на будівельному майданчику ТЕС і високонагріті поверхні.
6. Вогневі роботи (газозварювальні й ін.).

Можливі шляхи поширення пожежі:

1. Наявність складної та протяжної системи трубопроводів.
2. Кабельне господарство, будівельні конструкції.
3. Пластикові покриття підлог
4. Розлив великої кількості масел, просочена маслами теплоізоляція трубопроводів.

При горінні турбінного масла, наприклад, на площі 5 м² відбувається повне задимлення машинного залу об'ємом більш 8000 куб.м., видимість при цьому знижується до 1 м, це відбувається протягом 5 хв.

18.2 Протипожежні заходи при експлуатації енергетичних підприємств

ППЗ, що виключають утворення ГС:

1. Застосування гідроприбирання пилу.
2. Концентрація пилу в повітрі не повинна перевищувати 10 мг/м³.
3. На всіх котлоагрегатах, крім працюючих на пилоподібному паливі встановлюються запобіжні клапани.
4. Контроль за чистотою водню, що використовується для охолодження (95–98%).
5. Для запобігання витоку водню з корпусу генератора, тиск масла в ущільненнях підтримується вище тиску водню,
6. Контроль за наявністю водню в баках турбін.
7. Контроль за вмістом водню за допомогою газоаналізаторів.
8. Витиснення водню з генератора - повітрям. Витиснення повітря з генератора азотом або вуглекислим газом,
9. Контроль за рівнем і якістю масла в масляних вимикачах.
10. Захист трансформаторів від підвищеного тиску при внутрішніх пошкодженнях запобіжною трубою з мембраною.

ППЗ проти виникнення джерел запалювання:

1. Контроль за станом палива, що застосовується на об'єктах. Температура твердого палива в штабелях не повинна перевищувати 64 °С.
2. Наявність теплоізоляції металевих бункерів для пилу з негорючих матеріалів.
3. Контроль за температурою пилу в бункерах (пристрій термометрів чи термопар).
4. Топки казанів на пилоподібному паливі обладнуються автоматичними пристроями підхоплення полум'я із сигналізацією.
5. У місцях можливого відкладення і загоряння сажі встановлюються термопари і оглядові отвори, які легко відкриваються.
6. Надійна ізоляція гарячих поверхонь турбоустановок і паропроводів, розташованих поблизу мастилопроводів. Захист склотканиною й обшивання листовою сталлю або алюмінієм.
7. Категорично заборонено проводити вогневі ремонтні роботи на корпусі генератора і на трубопроводах газомасильної системи, які вміщують водень.
8. Поблизу балонів з воднем і маслобака турбіни при водневому охолодженні генераторів встановлюються вибухозахищені світильники.

ППЗ, що запобігають поширенню пожежі:

1. Для гасіння тліючого пилу використовується насичена водяна пара.
2. Насосні мазутогосподарства і мастилогосподарства розміщуються в окремих будівлях або в одній будівлі з протипожежною стіною.

3. Відстань від наземних баків з маслом до будівель і споруд повинна бути не менш 20 м. Стіна будівлі мастилогосподарства, що повернена до відкритого мастилоскладу, повинна бути протипожежною, а покрівля негорючою, з ухилом убік мастилоскладу.

4. Влаштування аварійного зливу масла в спеціальні ємності.

5. Для гасіння гідрогенераторів з водневим охолодженням застосовується вуглекислий газ.

6. Влаштування під маслонаповнене устаткування ємностей. На відкритих РП розміщення чистого гравію, промитого щебеню, огороження бортиками, висота не більш 0,5 м (повинно вміщуватися все масло після розливу в таке обвалування).

Висновок: Виробництво електроенергії є складним і небезпечним процесом і перш за все залежить від способів виробництва, які мають свої особливості і обумовлюють вибір систем протипожежного захисту.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення електричної станції.
2. Наведіть основне енергосилове устаткування станції.
3. Основний ресурс для вироблення електроенергії.
4. Нетрадиційні джерела електроенергії.
5. Розподіл електростанцій за видами.
6. Складові частини ГЕС.
7. Типи турбін, які застосовуються на ГЕС.
8. Дайте визначення ДРЕС, ТЕЦ.
9. Чим викликана небезпека ТЕС?
10. Від чого залежить небезпека паливного господарства?
11. Причини вибухів та пожеж в котельному відділенні.
12. Основні причини пожежонебезпеки турбогенераторів.
13. Види охолодження генераторів.
14. Джерела запалювання на об'єктах енергетики.
15. Можливі шляхи поширення пожежі.
16. Протипожежні заходи, що виключають утворення горючого середовища.
17. Протипожежні заходи проти виникнення джерел запалювання.
18. Протипожежні заходи, що запобігають поширенню пожежі.

Рекомендована література

1. Правила пожежної безпеки в компаніях, на підприємствах та в організаціях енергетичної галузі України. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 491 від 28 вересня 2018 р.
2. Закон України «Про охорону праці» (із змінами).

3. Правила охорони праці під час експлуатації тепломеханічного обладнання електростанцій, теплових мереж і тепловикористовувальних установок. Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України № 892 від 02 грудня 2013 р.

Навчальне видання

**ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА СУЧАСНИХ
ВИРОБНИЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Курс лекцій

Для здобувачів вищої освіти,
які навчаються на другому (магістерському) рівні вищої освіти в галузі
знань 16 "Хімічна інженерія та біоінженерія"
за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія»
освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»

Підписано до друку 27.12.23. Формат 60x84 1/16.
Умовн.-друк. арк. 13,8.
Вид. № 90/23.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту
України 61023 м. Харків, вул. Чернишевська, 94.
www.nuczu.edu.ua