МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського)
та другого (магістерського) рівня вищої освіти
усіх форм навчання, усіх спеціальностей
денної та заочної форм навчання

Київ 2026

УДК 684.816.3
Ц57

Укладачі: Ю. В. Цапко, д-р техн. наук, професор;
О. М. Касьянова, канд. техн. наук, професор;
Т. О. Негрій, канд. техн. наук, доцент;
А.В. Ковальова Ph.D. (д-р філософ), доцент;
В. І. Корінний, старш. викладач

Рецензент Л.О. Василенко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальна за випуск Т. М. Ткаченко, д-р техн. наук, професор

Затверджено на засіданні кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, протокол № 11 від 24 квітня 2026 року

В авторській редакції.

Цивільний захист [електронний ресурс]: методичні рекомендації
Ц57 до виконання практичних робіт -Ю.В. Цапко та ін. –2-ге вид., переробл. та доп. – Київ: КНУБА, 2026. – 40 с.

Містить методичні вказівки з оцінки хімічної обстановки у разі виникнення аварійних ситуацій на об’єктах цивільного захисту та оцінці інженерної та пожежної обстановки під час аварії на вибухопожежонебезпечних об’єктах.

Розглянуто методи та засоби оцінки обстановки, загальні положення, завдання та послідовність виконання робіт у разі загрози та виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру.

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівня вищої освіти усіх форм навчання, усіх спеціальностей, денної та заочної форм навчання.

©КНУБА, 2026

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ……..... 4
Практична робота № 1. Оцінка хімічного стану
при застосуванні отруйних речовин за даними розвідки..... 5
Практична робота № 2. Оцінка інженерної та пожежної
обстановки під час аварії на вибухопожежонебезпечних об’єктах.... 12
Список літератури……. 26
Додатки…… 28

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Захист населення та територій від небезпек природного і техногенного характеру є однією з основних завдань держави. Аварії техногенного характеру на хімічно небезпечних об'єктах (ХНО) – підприємствах хімічного, нафтохімічного комплексу, проявляються в Україні щорічно. В Україні діє біля 1200 ХНО, на яких зосереджено і використовується в технологічному процесі значна кількість хлору, аміаку та горючих газів (метан, пропан, бутан та пропан-бутанові суміші). У зонах можливого утворення аварійної ситуації проживає значна кількість людей.

У народному господарстві застосовуються хімічні речовини (сильно діючі отруйні речовини – СДОР), які у разі виливання або викиду можуть призводити до зараження повітря з концентраціями, що перевищують допустимі.

Друга практична робота присвячена оцінці інженерної та пожежної обстановки під час аварій на вибухопожежонебезпечних об'єктах. У ході роботи студенти ознайомлюються з основними чинниками ураження під час вибухів і пожеж, навчаються аналізувати характер руйнувань будівель і споруд, визначати масштаби пожежі та зони можливого ураження людей і матеріальних цінностей. Особливу увагу приділено оцінці стійкості інженерних конструкцій, прогнозуванню розвитку аварійної ситуації та обґрунтуванню заходів щодо захисту персоналу й населення. Отримані практичні навички є необхідними для формування професійної компетентності фахівців у сфері цивільної безпеки та управління надзвичайними ситуаціями.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

Тема. Оцінка хімічного стану при застосуванні отруйних речовин за даними розвідки

Мета: *вивчити та набути практичні навички по вирішенню типових задач з оцінки хімічної обстановки*.

Порядок виконання практичної роботи

1. Заняття проводиться у складі навчальної групи.
2. За кожною конкретною задачею викладач коротко пояснює спосіб її розв'язання.
3. Після пояснення викладач видає студентам умови задач відповідно до варіантів.
4. Студентам надається час для самостійного виконання завдань.
5. Наприкінці заняття викладач підбиває підсумки та узагальнює результати роботи студентів.

План проведення заняття

1. Організація та контрольне опитування -10 хв.
2. Поняття про хімічний стан -10 хв.
3. Практичне розв'язання типових задач по оцінці хімічного стану - 55 хв.
4. Завершення – 5 хв.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Класифікація небезпечних хімічних речовин за ступенем токсичності

Небезпечна хімічна речовина (НХР) – хімічна речовина, дія якої може привести до загибелі, гострого або хронічного захворювання, отруєння людей, а також, нашкодити навколишньому середовищу.

Таксодоза НХР (мг хв/л) – це кількість (концентрація) НХР, що робить певний токсичний ефект незахищеній людині за якийсь час.

За впливом на людину розділяють гранично допустиму токсодозу, середню граничну токсодозу і смертельну токсодозу.

Гранично допустима токсодоза (ГДК) – доза (концентрація), за якій симптоми отруєння ще не наступають. На об'єкті забезпечується припустимий ступінь забруднення НХР повітря й використовується керівництвом для дотримання необхідних умов безпеки на виробництві.

Середня гранична токсодоза ($РС_{50}$) – доза, яка викликає початкові симптоми ураження в 50 % людей, що незахищені. Це мінімально ефективна концентрація НХР, що може викликати негативний фізіологічний ефект.

Смертельна токсодоза (LC_{50}) – доза, що призводить до загибелі 50 % і більше людей, які не мають індивідуального захисту.

Поняття про хімічну обстановку

Хімічна обстановка – це масштаби і характер зараження місцевості сильнодіючими отруйними речовинами (СДОР), які здійснюють вплив на роботу об'єктів народного господарства і на населення даної місцевості.

Якщо є порушення технологічних процесів на хімічно небезпечному виробництві, пошкодження трубопроводів, ємностей, сховищ, транспортних засобів під час перевезень СДОР, що можуть призвести до їх викиду в атмосферу, тоді виникає хімічна обстановка. І якщо кількість цих СДОР становить небезпеку масового ураження людей й тварин, тоді і існує небезпечна хімічна обстановка.

Первинна хмара – хмара СДОР, яка утворюється в результаті миттєвого переходу в атмосферу частини вмісту ємності зі СДОР у разі її руйнування.

Вторинна хмара – хмара СДОР, яка утворюється в результаті випаровування розлитої речовини з поверхні.

Площа зони фактичного зараження СДОР – це площа території, яка заражена СДОР у небезпечних для життя межах.

Площа зони можливого зараження СДОР – це площа території, у межах якої може переміщуватися хмара під дією вітру у певному напрямку.

Ступінь вертикальної стійкості повітря характеризується такими складовими:

- *Інверсія* виникає під час ясної погоди, малих швидкостях вітру – до 4 м/с (ніжні шари повітря холодніші за верхні). Вона перешкоджає розсіюванню повітря на висоті і створює сприятливі умови для зберігання великих концентрацій СДОР;
- *Ізотермія* спостерігається в хмарну погоду і під час снігового покриву (температура повітря в межах 15–35 м від земної поверхні майже однакова). Вона сприяє тривалому застою парів СДОР на місцевості та у будівлях;
- *Конвекція* виникає за ясної погоди і під час малих швидкостей вітру (до 4 м/с) (нижній шар повітря нагрітий сильніше за верхній і він переміщається по вертикалі, знизу вгору). Вона розсіює хмару, яка заражена СДОР і знижує її вражаючу дію.

Оцінка хімічної обстановки

Під **оцінкою хімічної обстановки** розуміють визначення характеру і масштабу зараження місцевості, об'єктів, на яких наявні СДОР, аналіз їх впливу на діяльність цих об'єктів і населення.

Основними вихідними даними для оцінки хімічної обстановки є:

- загальна кількість СДОР на об'єкті і необхідні дані про розміщення запасів СДОР у ємностях і технологічних трубопроводах;
- кількість СДОР викинутих в атмосферу (розлитих на місцевості), характер їх розливу на поверхні;
- обваловані чи не обваловані складські ємності, висота піддона;
- метеорологічні умови території, де сталася надзвичайна ситуація з викидом, розливом СДОР: температура повітря, швидкість вітру на висоті 10 м, ступінь вертикальної стійкості повітря;
- можливі перешкоди для проведення рятувальних та інших невідкладних робіт у зоні хімічного зараження СДОР.

Оцінка хімічної обстановки включає:

- визначення глибини зони зараження;
- визначення площі зони зараження і обов'язкове нанесення на план місцевості;
- визначення часу підходу хмари зараженого повітря до об'єкта й до місця де проживає населення;
- визначення тривалості уражаючої дії СДОР на місцевості, об'єкті;
- підрахунок і визначення можливих втрат населення, працюючих на об'єкті.

Практична частина

Загальна задача:

Ворог застосував хімічну зброю по місту «К», яке є великим адміністративним та промисловим центром. Головна ціль – деморалізувати населення міста, нанести, якомога більші втрати виробничому, господарському та адміністративному персоналу промислових підприємств міста, зупинити роботу підприємств і виробництво продукції заводів на території міста на тривалий час.

Основними вихідними даними для оцінки зони хімічного зараження визначено:

- тип отруйної речовини (ОР);
- район та час застосування ОР;

- метеорологічні умови;
- топографічні умови місцевості;
- ступінь захищеності людей, укриття техніки та майна.

Основний галузевий машинобудівний завод розташований у напрямку руху хмари зараженого повітря СДОР. Концентрація СДОР перевищує ГДК.

Місцевість відкрита.

Район застосування ОР – обирається за варіантом (дод.1, п.9).

Необхідно:

І блок завдань. Оцінити хімічну обстановку на об'єкті за вихідними умовами свого варіанту. Варіант завдання студент обирає за списком академічної групи. Дані для варіанта розміщені у додатку 1 завдання.

Для рішення І блоку завдань потрібно визначити такі параметри:

1. Ступінь вертикальної стійкості атмосфери.
2. Площу району використання СДОР.
3. Границі району використання СДОР:
- довжину площі ураження СДОР,
- фронт району використання СДОР – $\Phi(Ln)$;
4. Глибину району використання – $Г$.
5. Глибину розповсюдження хмари зараженого повітря на відкритій місцевості при використанні авіації – $Г_1$;
6. Площу зони хімічного зараження (So), та площу зони розповсюдження зараженого повітря СДОР (Sз).
7. Орієнтований час підходу хмари зараженого повітря СДОР до машинобудівного заводу.
8. Стійкість СДОР на місцевості (доба, години).
9. Допустимий час перебування людей у засобах індивідуального захисту з урахуванням температури повітря.
10. Можливі втрати населення та виробничого персоналу на площі зони хімічного зараження під час застосування артилерійських та хімічних боєприпасів (Б) та при застосуванні хімічних фугасів, авіаційних приладів, що виливають СДОР (П) у разі досягнення тактичної несподіванки.

ІІ блок завдань. Зробити креслення зони хімічного зараження СДОР, формат листа А 4, масштаб вільний з обов'язковим нанесенням району використання СДОР, зони розповсюдження зараженого повітря СДОР і параметрів їх меж (дод. 5).

ІІІ блок завдань. Занести у загальну відомість результати оцінки хімічного зараження СДОР (табл. 1).

Таблиця 1

Район використання ОР	Тип ОР	Шляхи застосування та тип засобів доставки	Площа району використання км²	Площа зони зараження км²	Час підходу зараженого повітря (час, год)	Стійкість ОР на місцині (дб. год.)	Допустимий час перебування у засобах захисту (год)	Можливі втрати людей на зараженій місцевості
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Розв'язання завдань.

Перший блок завдань (I) розв'язується за допомогою таблиць. Рішення задач **1,2,4,6,7,8,9** розв'язуються за допомогою таблиць, дод. 10, 2, 4, 6, 7, 8, 9, відповідно.

Задача **3**. Знаходимо межи району використання СДОР:

- довжину площі ураження СДОР, фронт району використання СДОР – *Ф(Ln)*;
- глибину району використання – *Г*.

Площу району використання СДОР знайдемо за таблицею, дод. 2.

Площа району використання S_n дана в «га» її потрібно перевести в км^2. За знайденою площею та виходячи зі співвідношення її сторін (дод. 3) визначаємо розміри глибини та фронту(*Ф=Ln*) району використання.

Приклад 1. Для розпилення СДОР V_x по місту «К» ворогом було використано один літак FB-111. Потрібно визначити розміри зони хімічного зараження.

Рішення:

1. Площу району використання S_n = 800 га або 8 км² знайдемо за таблицею, дод. 2.

2. Виходячи зі співвідношення її сторін *Ф=2Г* (дод. 3) при знайденій площі *Sn* визначаємо розміри глибини та фронту району використання

$$S_n = Ф \cdot Г = 2Г \cdot Г = 2Г^2, \qquad (1.1)$$

звідси $$Г = \sqrt{\frac{S_n}{2}} = \sqrt{\frac{8}{2}} = 2\,. \qquad (1.2)$$

Тоді $$Ф=2Г=2\cdot 2 = 4 \text{ км}. \qquad (1.3)$$

Приклад 2. Одним літаком В-52 по місту «К» та його околицях ворог провів бомбардування, (авіабомби споряджені СДОР «Зарин»).

Визначити розміри осередку хімічного зараження.

Рішення:

1. Знаходимо площу району використання S_n = 120 га або 1,2 км². за таблицею, дод. 2.

2. При співвідношенні сторін $Ф = \frac{1}{3}Г$ (дод. 3), за знайденою площею S_n, визначаємо розміри глибини та фронту району вимірювання:

$$S_n = П \cdot a \cdot b \tag{1.4}$$

де a та b – більша та менша напівосі еліпсу ($a = \frac{Г}{2}, b = \frac{Ф}{2}$)

$$S_n = П\frac{Ф}{2}\cdot\frac{Г}{2} = П\frac{ФГ}{4} = П\frac{Г^2}{12}; \rightarrow Г\sqrt{\frac{S_n \cdot 12}{3,14}} = \sqrt{\frac{1,2 \cdot 12}{3,14}} = \sqrt{4,6} = 2,14 \quad км. \tag{1.5}$$

$$Ф = \frac{1}{3}Г = \frac{1}{3}\cdot 2,14 = 0,71 \quad км. \tag{1.6}$$

Задача **5**

Визначаємо площу зони хімічного зараження (S_o) та площу зони розповсюдження зараженого повітря ($S_з$) СДОР:

$$S_o = L_n \cdot Г_2 + 2\left(\frac{1}{2}\alpha \cdot Г_2\right) = Г_2\left(L_n + \alpha\right), \quad км^2 \tag{1.7}$$

де $Ф = L_n$ – фронт району використання, довжина площі зараження;

$Г_2$ – глибина зони хімічного зараження місцевості, де розташований об'єкт;

α-величина розсіювання хмари зараженого повітря при використанні СДОР.

$$\alpha = \frac{1}{10}Г_2, \quad при \quad Г_2 \le 5км \qquad \alpha = \frac{1}{20}Г_2, \quad при \quad Г_2 > 5км$$

$$S_з = S_0 - S_n, \; км^2 \tag{1.8}$$

Наприкінці заняття викладач відповідає на запитання студентів, збирає виконані роботи для перевірки та видає завдання на самостійне вивчення матеріалу нормативної дисципліни «Цивільний захист» за темою «Стійкість роботи об'єктів будівельної індустрії у надзвичайних ситуаціях» («Методика оцінки хімічної обстановки під час застосування отруйних речовин»).

Контрольні запитання

1. Що таке небезпечна хімічна речовина (НХР) і які наслідки її дії для людини та навколишнього середовища?
2. Що називають токсодозою НХР та в яких одиницях її вимірюють?
3. Які види токсодоз розрізняють за впливом на людину та в чому полягає їх відмінність?
4. Дайте визначення гранично допустимої токсодози (ГДК) та поясніть її практичне значення для безпеки виробництва.
5. Поясніть поняття «хімічна обстановка» та умови, за яких її вважають небезпечною.
6. У чому полягає різниця між первинною та вторинною хмарою СДОР?
7. Які основні метеорологічні фактори та параметри враховуються під час оцінки хімічної обстановки?

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

Тема: Оцінка інженерної та пожежної обстановки під час аварії на вибухопожежонебезпечних об'єктах

Метою роботи: *набуття студентами знань щодо розв'язання задач з оцінки обстановки, що може скластися на об'єкті господарювання (ОГ) внаслідок техногенного вибуху, та визначення заходів, які спрямовані на недопущення ураження людей та зменшення шкоди і негативних наслідків.*

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Вибухопожежонебезпечна зона – це частина простору (виробничого приміщення, технологічної установки або відкритої території), у межах якої за нормальних або аварійних режимів роботи можливе утворення горючого середовища (суміші горючих газів, парів легкозаймистих рідин або горючого пилу з повітрям) у концентраціях, що перебувають у межах вибуховості та здатні до займання або вибуху у разі появи джерела запалювання.

Тобто, це зона потенційного формування вибухонебезпечної атмосфери, де одночасно можуть реалізуватися три обов'язкові умови:

- наявність горючої речовини;
- наявність окисника (кисню повітря);
- наявність джерела запалювання достатньої енергії.

Вибух – це швидке екзотермічне хімічне перетворення речовини, що супроводжується виділенням великої кількості енергії за короткий проміжок часу та утворенням ударної хвилі.

Для газо- та пароповітряних сумішей вибух можливий лише в межах певного концентраційного діапазону:

Нижня концентраційна межа поширення полум'я (НКМПП) – мінімальна концентрація горючої речовини в повітрі, за якої можливе горіння.

Верхня концентраційна межа поширення полум'я (ВКМПП) – максимальна концентрація, за якої ще можливе горіння.

Інтервал між цими межами називається *вибухонебезпечним діапазоном.*

За межами цього інтервалу вибух не відбувається: за надто малою концентрацією – суміш «бідна»; за надто великою – «перенасичена» і бракує кисню.

Класифікація вибухонебезпечних зон ґрунтується на ймовірності та тривалості утворення вибухонебезпечного середовища.

Легкозаймисті рідини (ЛЗР) – це горючі рідини, які здатні утворювати з повітрям вибухонебезпечні пари і мають температуру спалаху не вище ніж 28 °С (за чинними нормами пожежної безпеки).

Для газів і парів ЛЗР:

Зона 0 – вибухонебезпечне середовище присутнє постійно або тривалий час.

Зона 1 – можливе утворення вибухонебезпечної суміші під час нормальної роботи.

Зона 2 – утворення суміші малоймовірне або короткочасне (переважно при аваріях).

Чинники, що формують вибухопожежонебезпечну зону:

1. Кількість і фізико-хімічні властивості речовини (температура спалаху, теплота згоряння).
2. Температура навколишнього середовища.
3. Параметри вентиляції.
4. Герметичність обладнання.
5. Тиск у системі.
6. Можливість накопичення пилу.
7. Геометрія приміщення (замкнутий чи відкритий простір).

Джерела запалювання у вибухонебезпечних зонах:

- електричні іскри;
- коротке замикання;
- нагріті поверхні обладнання;
- статична електрика;
- відкритий вогонь;
- механічне тертя;
- самозаймання речовин.

У разі реалізації вибуху в зоні виникають:

- ударна хвиля (надлишковий тиск);
- теплове випромінювання;
- вторинні пожежі;
- уламки конструкцій;
- токсичні продукти горіння;
- задимлення.

Класифікація вибухопожежонебезпечних зон є основою для: вибору

вибухозахищеного електрообладнання; проєктування вентиляції; визначення категорії приміщення; розробки заходів протиаварійного захисту; організації безпечної експлуатації об'єкта.

Категорія приміщення за вибухопожежною та пожежною небезпекою – це нормативно встановлена характеристика, що визначає рівень потенційної небезпеки виникнення вибуху або пожежі залежно від виду, кількості, фізико-хімічних властивостей горючих речовин та умов технологічного процесу.

Категорування здійснюється з метою: визначення вимог до проєктування; вибору конструктивних рішень; встановлення систем протипожежного захисту; забезпечення безпеки персоналу у відповідності до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

Під час визначення категорії враховують: наявність горючих газів, парів ЛЗР або пилу; температуру спалаху речовин; можливість утворення вибухонебезпечних сумішей; пожежне навантаження (кг/м²); об'єм приміщення.

Категорії приміщень:

Категорія А (вибухопожежонебезпечна). Приміщення, де використовуються або зберігаються горючі гази, ЛЗР (t спалаху ≤ 28 °С), речовини, здатні вибухати при взаємодії з повітрям чи водою.

Категорія Б (вибухопожежонебезпечна). Приміщення з горючим пилом, волокнами або ЛЗР з вищою температурою спалаху, що можуть утворювати вибухонебезпечні суміші.

Категорія В (пожежонебезпечна). Приміщення з горючими твердими та важкогорючими матеріалами без вибухонебезпечних концентрацій.

Категорія Г. Негорючі речовини в гарячому, розпеченому або розплавленому стані.

Категорія Д. Негорючі речовини в холодному стані.

Категорія будівлі визначається залежно від категорій приміщень, що в ній розташовані, їх площі та взаємного розміщення. Якщо значна частина будівлі належить до категорії А або Б, вся будівля може вважатися вибухопожежонебезпечною.

Вогнестійкість – це здатність будівельних конструкцій зберігати несучу здатність, цілісність та теплоізоляційні властивості в умовах пожежі протягом нормативного часу.

Межа вогнестійкості визначається показниками: *R* – несуча здатність;

E – цілісність; *I* – теплоізоляція. Наприклад, REI 120 означає, що конструкція витримує дію пожежі 120 хвилин без втрати функцій.

За ступенем вогнестійкості будівлі поділяються на I–V ступенів:

I ступінь – найвища вогнестійкість (залізобетонні, цегляні конструкції);

II–III ступені – комбіновані конструкції;

IV–V ступені – дерев'яні або легкі металеві конструкції з низькою вогнестійкістю.

Ступінь вогнестійкості визначає допустиму поверховість, площу та функціональне призначення будівлі.

Масштаб пожежі характеризує її просторовий розвиток і визначається:

- площею горіння;
- об'ємом охопленого простору;
- інтенсивністю тепловиділення;
- рівнем задимлення.

Масштаб пожежі впливає на складність її ліквідації та обсяг матеріальних втрат.

Пожежі поділяються на локальні, суцільні, об'ємні (раптове охоплення всього приміщення), пожежі розлиття, вибухопожежі.

Прогнозування розвитку пожежі – це визначення можливих напрямків і швидкості поширення вогню, часу настання небезпечних факторів та масштабів задимлення.

Розвиток пожежі проходить декілька стадій: початкову, інтенсивного розвитку, повного горіння, згасання.

Швидкість поширення пожежі залежить від: пожежного навантаження; вентиляції; матеріалів конструкцій; площі та висоти приміщення.

Для твердих матеріалів швидкість може становити 0,5–3 м/хв.

Зона задимлення – частина приміщення, де концентрація продуктів горіння небезпечна для життя та здоров'я людини.

Основна причина загибелі людей під час пожеж – отруєння продуктами горіння та зниження видимості.

Протипожежний захист об'єкта господарювання – це комплекс організаційних, інженерних та технічних заходів, спрямованих на:

- запобігання виникненню пожежі;

- обмеження її поширення;
- зменшення наслідків;
- забезпечення евакуації людей.

Противибуховий захист – це система заходів, спрямована на недопущення утворення вибухонебезпечних концентрацій, усунення джерел запалювання, зниження руйнівної дії вибуху.

Включає: вентиляцію; контроль концентрації газів; вибухозахищене обладнання; вибухорозрядні конструкції.

Засоби пожежогасіння:

Стаціонарні-Автоматичні системи (спринклери, дренчери, газове, пінне пожежогасіння).

Ручні-Вогнегасники різних типів (порошкові, водяні, CO_2).

Пересувні - Пожежні автомобілі, мотопомпи, пересувні установки.

Шляхи евакуації – це безпечні маршрути руху людей з будівлі назовні у разі пожежі. Основні вимоги: не менше двох евакуаційних виходів; нормативна ширина проходів; двері відчиняються у напрямку виходу; відсутність перешкод; наявність аварійного освітлення; маркування евакуаційних виходів.

ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

Умови завдання. На відстані L від виробничого цеху розташований об’єкт, на якому зберігається Q тон вибухонебезпечної речовини. Під час аварії з вибухом виробничий цех може потрапити в осередок ураження.

Завдання. Оцінити можливі наслідки впливу вибуху на виробничий цех.

Визначити:

1. Які можуть очікуватися руйнування елементів цеху?
2. Як має вплинути вибух на робітників цеху?
3. Яка пожежна обстановка очікуються на підприємстві?
4. Рекомендації, які направлені на недопущення аварійної ситуації, зменшенні ураження людей та руйнування елементів споруд.

Порядок виконання роботи

1. Визначення ступенів руйнувань елементів цеху.

Ступінь руйнувань будівлі, споруди чи обладнання залежить від їх міцності та величини фактичного надмірного тиску ($\Delta P_ф$) ударної хвилі. Величина надмірного тиску, в свою чергу, залежить від типу і кількості

вибухової речовини та відстані від центру вибуху до досліджуваного об'єкта.

Методика розрахунку величини надмірного тиску відрізняється для умов вибуху газоповітряної суміші і умов вибуху вибухової речовини.

А. Під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів.

Величина надмірного тиску залежить від того в яку фізичну зону вибуху потрапить об'єкт. Таких зон утворюється 3:

Зона I – зона детонаційної хвилі (знаходиться в районі центру вибуху (ЦВ), в межах хмари речовини вибуху) має радіус:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}\,, \tag{2.1}$$

де Q – кількість вуглеводневого продукту, т.

В межах цієї зони фактичний надмірний тиск $\Delta P\phi$ = 1700 кПа.

Зона II – зона дії продуктів вибуху (охоплює територію, де розлетілись продукти газоповітряної суміші внаслідок її детонації) має радіус:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1\,. \tag{2.2}$$

Надмірний тиск в межах цієї зони розраховується за формулою:

$$\Delta P_{II} = 1300\left(\frac{r_1}{R_0}\right)^3 + 50\,, \tag{2.3}$$

де R_0 – відстань від ЦВ до об'єкта в межах зони II (тобто при $L \le r_2$ $R_0 = L$).

Зона III – зона дії повітряної ударної хвилі.

Надмірний тиск в межах цієї зони можна визначити за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{262}{\sqrt{1 + 7,66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q}} - 1}\,, \text{ кПа,} \tag{2.4}$$

або менш точно можна визначати за допомогою графіків (рис. 1),

де L – відстань до центру вибуху, м;

Q – кількість вибухової речовини, т.

Б. Під час вибуху вибухової речовини (тротилу, пікринової кислоти, тетрилу, гексогену) величину надмірного тику розраховують за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \left(1.05\frac{\sqrt[3]{Q}}{L} + 43\frac{\sqrt[3]{Q^2}}{L^2} + 1400\frac{Q}{L^3} \right) \cdot 10^3 \text{, кПа,} \qquad (2.5)$$

де $$Q = K_{BP} \cdot Q_{BP} \qquad (2.6)$$

$$K_{BP} = \begin{cases} 1{,}0 – \text{тротил;} \\ 0{,}97 – \text{пікринова кислота;} \\ 1{,}08 – \text{тетрил;} \\ 1{,}28 – \text{гексоген.} \end{cases}$$

K_{BP} – коефіцієнт, що враховує тип вибухової речовини;

Q_{BP} – кількість заданої у вихідних даних відповідної вибухової речовини у тонах.

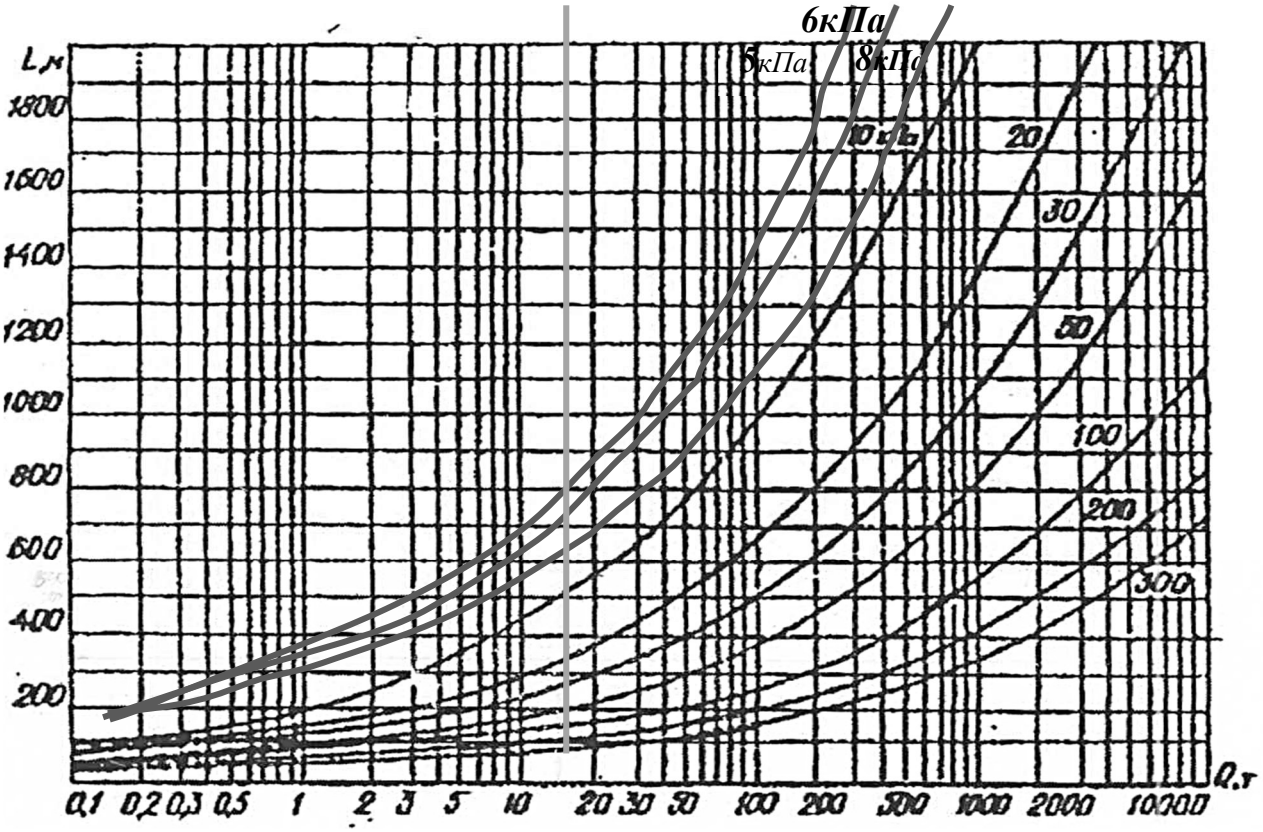

Рис. 1. Графіки надмірного тиску в залежності від маси пропану і відстані до центру вибуху

Приблизне значення величини надмірного тиску можна визначити за допомогою графіка (рис. 2).

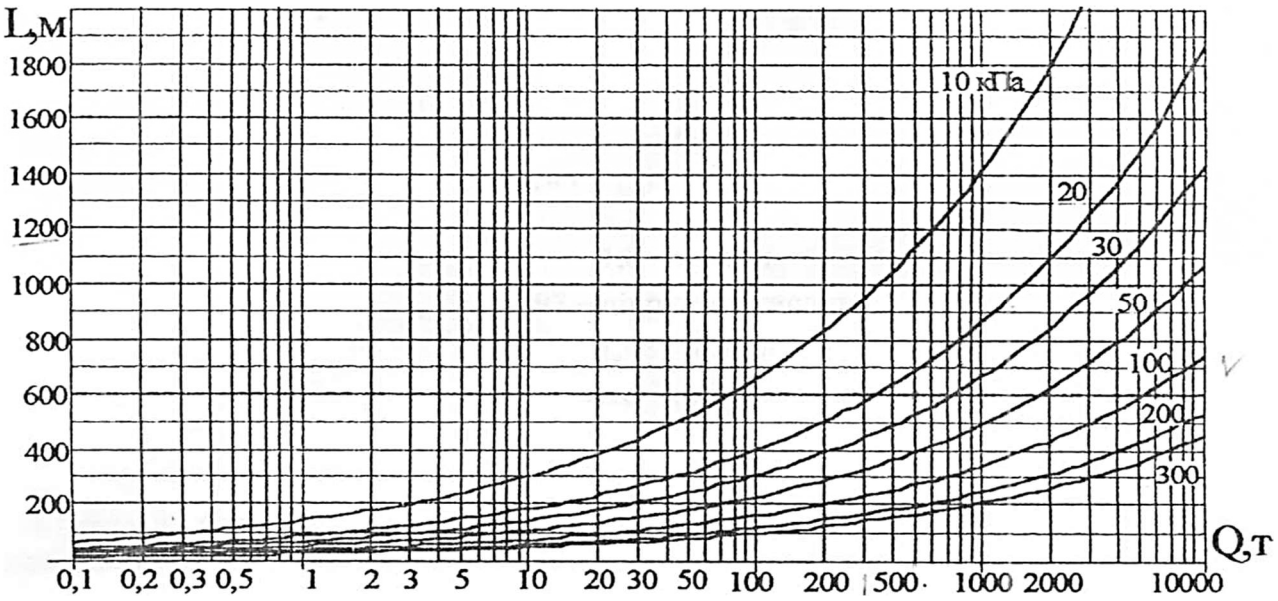

Рис. 2. Графіки залежності надмірного тиску від кількості тротилу і відстані до центру вибуху

Після визначення величини надмірного тиску ударної хвилі, що очікується в районі цеху, оцінюються ступені руйнувань елементів цеху (будівлі, обладнання, енергетичних мереж). В Додатку 11 наведено перелік елементів цеху та значення надмірного тиску при яких вони отримують слабкі, середні, сильні або повні руйнування.

У часткових висновках, користуючись даним Додатку 12, студенти оцінюють характер очікуваних пошкоджень будівлі та обладнання.

Приклад:

Умови завдання. Визначити можливу ступінь руйнування будівлі цеху зі збірного залізобетону, що знаходиться на відстані 800 м від сховища, де зберігаються 300 тон зрідженого пропану.

Розв'язання.

1. Зона I : визначимо радіус детонаційної хвилі $r_1 = 117м < 800$ м.

2. Зона II: визначимо радіус дії продуктів вибуху $r_2 = 199$ м < 800 м.

3. Зона III: за формулою знаходимо величину надмірного тиску ударної хвилі на відстані L = 800 м від центру вибуху 300 т пропану. Це буде 25,01 кПа.

4. З Додатку 11 визначаємо, що будівля зі збірного залізобетону від ударної хвилі з надмірним тиком 25 кПа отримає середні руйнування.

Висновок. З розрахунків визначили, що об’єкт потрапив під вплив дії повітряної ударної хвилі.

Під час аварії будівля цеху може отримати середні руйнування. З Додатку 12 визначаємо, що це руйнування даху, внутрішніх перегородок, вибиті двері та вікна, у капітальних стінах можливі тріщини.

Аналогічним чином визначають ступені руйнувань інших елементів цеху.

2. Оцінювання можливих уражень людей.

Ударна хвиля вибуху уражає людей шляхом прямої та непрямої дії. Пряма дія відбувається безпосередньо надмірним тиском ударної хвилі і може викликати травми (табл. 2).

Таблиця 2

Ступінь ураження людей в залежності від надмірного тиску

№ пор.	$\Delta P_ф$, кПа	Ступінь травм	Характер уражень
1	20…40	Легкі	Легка контузія організму, часткова втрата слуху, вивихи кінцівок
2	40…60	Середні	Середні контузії, ураження органів слуху, кровотеча з носу і вух, переломи кінцівок
3	60…100	Важкі	Сильні контузії, ураження внутрішніх органів і мозку, важкі переломи кісток.
4	> 100	Надважкі	Від отриманих травм більшість людей гине

Непряма дія ударної хвилі проявляється через ураження людей уламками зруйнованих будівель і споруд, розбитим склом та іншими предметами.

Можливі ураження людей, що знаходяться у будівлях, визначаються залежно від ступеню руйнування будівлі, виходячи з того, що у разі:

- повних руйнуваннях будівель всі люди гинуть;

- сильних і середніх руйнуваннях може вижити 50 %, більша частина буде уражена шляхом прямої дії ударної хвилі і додатково непрямої дії – уламками зруйнованих будівель та споруд, а також опинитись під завалами;

- слабких руйнуваннях будівель загибель людей малоймовірна, але

частина з них може отримати травми різного ступеню ураження від непрямої дії ударної хвилі.

Приклад:

Умови завдання. Визначити можливі ураження людей, які працюють у цеху зі збірного залізобетону, якщо під час вибуху величина надмірного тиску ударної хвилі в районі цеху становила 25 кПа.

Розв'язання. 1. Оцінюємо ступінь ураження людей в будівлі цеху від надмірного тиску ударної хвилі, яка проникає в приміщення крізь вибиті вікна і двері. З табл. 2 визначаємо, якщо $\Delta P_{\Phi} = 25$ кПа, то люди можуть отримати легкі травми під час прямої дії вибухової хвилі. Крім того, зруйнована будівля викличе непряму дію ударної хвилі на людей.

Висновок. Внаслідок прямої дії вибуху ….(аналогічно виписується отриманий результат).

3. Оцінювання очікуваної пожежної обстановки.

Оцінювання пожежної обстановки передбачає визначення характеру пожеж, які можуть виникнути на об'єкті.

Ймовірність виникнення і розповсюдження пожежі на промисловому об'єкті залежить від таких чинників:

а) ступеня руйнувань будівель і споруд під час вибуху;

б) категорії пожежної небезпеки виробництва (Додаток 13);

в) ступеня вогнестійкості будівель і споруд (Додаток 14);

г) щільності забудови об'єкту (Щ).

$$Щ = \frac{S_{ЗАБ}}{S_{ТЕР}} \cdot 100\%, \qquad (2.7)$$

де $S_{тер}$ – площа території об'єкта;

$S_{заб}$ – забудована площа території об'єкта.

Залежно від зазначених чинників на об'єкті можуть виникати окремі або суцільні пожежі.

Окрема пожежа виникає в окремій споруді і на інші, як правило, не перекидається.

Суцільна пожежа характеризується тим, що упродовж 1…2 годин вогонь охоплює до 90% всіх будівель і споруд об'єкта.

Можлива пожежна обстановка на об'єкті після вибуху оцінюється за допомогою табл. 3.

Таблиця 3

№ пор.	Характер забудови та категорія пожежної небезпеки	Ступінь вогне-стійкості будівель	$\Delta P_ф$, кПа	Очікувана обстановка	
				Упродовж перших 30 хв.	Через 1-2 години після вибуху
1	Міська забудова або виробництво В,Г,Д категорії пожежної небезпеки.	IV, V	0…20	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при Щ ≥ 20%.
			>20	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при Щ ≥ 10%.
		III	20…50	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при Щ ≥ 20%.
		I,II	20…50	Окремі пожежі	Суцільні пожежі при Щ ≥ 30%.
2	Виробництво А і Б категорії пожежної небезпеки	-	10…50	Окремі пожежі, що швидко перетворюються у суцільні, і супроводжуються вибухами виробничого устаткування.	

Приклад:

Умови завдання. Оцінити можливу пожежну обстановку після вибуху, якщо в районі розташування цеху очікується надмірний тиск ударної хвилі 25 кПа. Виробництво цеху належить до категорії В пожежної небезпеки, будівля цеху зі збірного залізобетону, границя вогнетривкості несучих стін становить 2 год., несучих перегородок – 0,25 год. Щільність забудови об’єкта 23%.

Рішення:

3.1. Визначаємо ступінь вогнестійкості будівлі цеху. З Додатку 14 визначаємо, що будівля з незгоряємого матеріалу, з наведеними значеннями вогнетривкості несучих стін і перегородок має III ступінь вогнестійкості.

3.2. Оцінюємо очікувану пожежну обстановку. З табл. 3 визначаємо, що для виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеню вогнестійкості будівель – ІІІ, якщо надмірний тиск 25 кПа і щільність забудови більше ніж 20 %, можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1…2 години в суцільну.

Висновок. Після вибуху в районі розташування цеху очікуються .. .

4. Визначення безпечної кількості вибухонебезпечної речовини

З графіків рис. 1 (або рис. 2) знаходимо точки перетину з кривою, яка відповідає найменшому значенню надлишкового тиску ΔP, за яких починаються будь-які руйнування згідно з умовами задачі.

4.1. Спочатку знайдемо масу пропану, яку можна зберігати цілком безпечно для будівлі, тобто перетин з лінією графіка, яка відповідає $\Delta P_ф$ = ***10 кПа***. (найменший надмірний тиск, при якому починаються слабкі руйнування конструкцій зі збірного залізобетону).

4.2. Визначаємо найслабкіше місце на заводі, для цієї задачі – це контрольно-вимірювальна апаратура (мінімальне $\Delta Pф$ = 5 кПа). Знаходимо безпечну масу пропану за графіком рис.1.

Примітка. Точніші значення можна отримати, перетворивши відповідно формулу для визначення надлишкового тиску.

5. Загальні висновки і рекомендації

Підбиваючи підсумки проведених досліджень, треба показати:

1. Яка величина надмірного тиску ударної хвилі очікується в районі розташування цеху;

2. Які очікуються руйнування елементів цеху;

3. Які можливі ураження працюючих людей;

4. Яка пожежна обстановка може скластися в районі розташування цеху.

5. Дії персоналу при настанні надзвичайної ситуації та рекомендації щодо покращення стану цивільного захисту на об’єкті.

Ці результати краще звести в звіт (Додаток 15).

ПРИКЛАД ЗАПОВНЕННЯ ЗВІТУ

Вихідні дані:

1. Відстань від цеху до міста аварії (вибуху) – ***800 м***.

2. Маса пропану – ***300 т***.

3. Характеристики елементів цеху:

будівля – ***зі збірного залізобетону***;

верстати – ***важкі***;

кабельні лінії – ***наземні***;

контрольно-вимірювальна апаратура – ***наявна***;

границі вогнетривкості несучих стін – ***2 години***;

границі вогнетривкості перегородок – ***0,25 годин***.

4. Категорія виробництва з пожежної безпеки – ***В***.

5. Щільність забудови об'єкту – ***23%***.

Розрахункова частина:

1.1. Зона I : r_1 = 117 м;

1.2. Зона II: r_2 =199 м.

Висновок: ***об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III)***.

1.3. $\Delta P_ф$ = ***25,01, кПа***.

1.4.1. Ступінь руйнування будівлі – ***середня***.

Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини.

1.4.2. Ступінь руйнування верстатів – ***слабкі***.

Характеристика руйнувань промислового обладнання:

Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів.

1.4.3. Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – ***сильні***.

1.4.4. Ступінь руйнування кабельних ліній – ***слабкі***.

2.1. Ступінь ураження людей – ***від прямої дії – слабкі***.

2.2. Характеристика уражень людей: ***... .***

3.1. Ступінь вогнестійкості – ***III ступінь вогнестійкості***.

3.2. Очікувана пожежна обстановка:

для виробництва категорії пожежної небезпеки В, ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тику 25 кПа і щільності забудови більше 20% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1…2 години в суцільну.

4.1. Безпечна маса вибухової речовини - ***менше 50 т***.

4.2. Визначаємо безпечну масу пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно-вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде ***менше 15 т***.

5. Висновки: На відстані 800 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди. Першочергово треба сповістити про НС …

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

1) укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм, підкосів;

2) верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси або ковпаки;

3) кабельні лінії прокласти під землею;

4) створити 50 % запас контрольно-вимірювальної апаратури;

5) установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення цеху;

6) установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;

7) порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості та ін.

Контрольні питання

1. Що таке вибухопожежонебезпечна зона та які три обов’язкові умови необхідні для реалізації вибуху?
2. Поясніть сутність нижньої (НКМПП) та верхньої (ВКМПП) концентраційних меж поширення полум’я. Чому вибух неможливий за межами цього діапазону?
3. Які основні чинники впливають на формування вибухопожежонебезпечної зони в приміщенні або на відкритій території?
4. У чому полягає різниця між категоріями приміщень А, Б, В, Г, Д за вибухопожежною та пожежною небезпекою?
5. Що таке вогнестійкість будівельних конструкцій?
6. Які чинники визначають можливу пожежну обстановку після вибуху та за яких умов окрема пожежа може перерости в суцільну?
7. Які основні заходи противибухового та протипожежного захисту повинні бути передбачені на об’єкті господарювання для зменшення наслідків аварії?

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Цивільний захист України : навч. Посіб. / А. І. Ткачук, О. В. Пуляк. Львів : «Новий Світ–2000», 2025. 267 с.
2. Безпека життєдіяльності та цивільний захист : підручник / О. Г.Левченко, О.В. Землянська, Н. А. Праховнік, В. В. Зацарний. – Київ: Каравела; 2021. – 268 с.
3. Безпека життєдіяльності та цивільний захист: навч. посіб / Т.І. Русакова, О.В. Золотько, О.В. Долженкова та ін. – Дніпро: ПП Вахмістров О.Є., 2022. 148 с. – Режим доступу: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://fpk.in.ua/images/biblioteka/2fmb_finansy/Bezpeka-zhyttyed.-ta-tsyvilnyy-zakhyst.2022-Rusakova-stysnuto.pdf?utm_source=chatgpt.com
4. Варивода К. С., Горденко С. І. Цивільний захист: підручник. – Переяслав: Домбровська Я. М., 2020. – 596 с.
5. Правознавство та правові основи цивільного захисту України: навч. посіб.: видання 2-ге, перероб. і допов. / Р.С. Яковчук, Д.О. Чалий, Є.В. Кобко, А.В. Саміло. – Львів: Галицька Видавнича Спілка, 2023. – 532 с. – Режим доступу: https://sci.ldubgd.edu.ua/handle/123456789/12173.
6. Надзвичайні ситуації та цивільний захист населення: навч. посіб.. / Сонько С.П. – Львів: Магнолія, 2024. – 232с
7. Пожежна безпека. Загальні положення: ДСТУ 8828:2019. – [Чинний від 2020–01-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2020. 84 с. (Національні стандарти України).
8. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація: ДСТУ 8829:2019. – [Чинний від 2020–01-01]. – Київ : ДП «УкрНДНЦ». 2020. 75 с. (Національні стандарти України).
9. Конституція України. Основний закон. – Київ, 1996. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov. ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text
10. Закон України “Кодекс цивільного захисту України”. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2013, № 34-35, ст.458. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/ 5403-17#Text.

11. Закон України “Про правовий режим воєнного стану”. Відомості Верховної Ради (ВВР), 2015, № 28, ст.250. — Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/389-19#Text

12. Закон України “Про зону надзвичайної екологічної ситуації”. – Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2000, № 42, ст.348. – Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1908-14#Text

13. ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. – Київ. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 124 с.

14. Міністерство освіти і науки України http://www.mon.gov.ua, www.osvita.com.

15. Міністерство екології та природних ресурсів України http://www.menr.gov.ua/.

16. Державна служба України з надзвичайних ситуацій http://www.mns.gov.ua/. http://www.dsns.gov.ua/

17. Рада національної безпеки і оборони України http://www.rainbow.gov.ua/.

18. Сайт, присвячений надзвичайним ситуаціям природного характеру http://chronicl.chat.ru/.

19. http://library.knuba.edu.ua – Бібліотека КНУБА.

20. Український інститут досліджень навколишнього середовища і ресурсів при Раді національної безпеки і оборони України http://www.erriu.ukrtel.net/index.htm.

21. Офіційний сайт Державна служба України з питань праці (Держпраці) https://dsp.gov.ua/.

22. Інформаційно-пошукова правова система «Нормативні акти України (НАУ)» http://www.nau.ua/.

23. Національна бібліотека імені В.І. Вернадського /[Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/.

24. Державні будівельні норми України http://dbn.co.ua/index/0-22

Додаток 1

Вихідні дані для розрахунку

№ пор.	Параметр	Одиниці виміру	Варіант														
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Тип літака	-	B-52	F-4	F-105	FB-111	F-4	F-105	B-52	F-4	F-105	B-52	FB-111	F-105	FB-111	B-52	F-4
2	Кількість літаків	од.	1	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2
3	Спосіб застосу-вання	-	П	П	Б	П	Б	П	Б	Б	П	Б	П	П	Б	Б	Б
4	Тип ОР	-	ві-ікс	ві-ікс	зарин	ві-ікс	зарин	ві-ікс	зарин	зарин	ві-ікс	зарин	ві-ікс	ві-ікс	зарин	зарин	зарин
5	Час доби	-	ніч	день	ніч	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	ніч	день	день	день
6	Швидкість та напрямок вітру Vпр/ азимут	-	15 / 350	2 / 30	2 / 310	3/ 230	3 / 180	2 / 30	1,5 / 150	4 / 250	2,5 / 120	3 / 300	3 / 100	4 / 270	2 / 230	1,5 / 280	2 / 120
7	Прозорість атмосфери	-	ясно	похмуро	напівясно	похмуро	ясно	напівясно	ясно	ясно	напівясно	ясно	похмуро	ясно	ясно	ясно	ясно
8	Темпе-ратура	-	+15	+20	+15	+25	+10	+20	+30	+25	+15	+10	+15	+30	+18	+22	+27
9	Район застосування	-	центр міста	західна околиця	центр міста	північно-західна околиця	північна околиця	центр міста	північно-західна околиця	центр міста	північно-західна околиця	центр міста	західна околиця	центр міста	північно-східна околиця	східна околиця	північно-західна околиця

Примітка: У п. 3 вихідних даних для розрахунку використано скорочення. Так, літера «П» вказує на спосіб застосування ОР «поливка», а літера «Б» відповідає способу застосування «бомбометання».

Закінчення дод. 1

Вихідні дані для розрахунку

№ пор.	Параметр	Одиниці виміру	Варіант														
			16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Тип літака	-	B-52	F-4	F-105	FB-111	F-4	F-105	B-52	F-4	F-105	B-52	FB-111	F-105	FB-111	B-52	F-4
2	Кількість літаків	од.	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	3	2	3	3	2
3	Спосіб застосу-вання	-	П	Б	П	Б	П	Б	Б	П	П	П	П	Б	П	Б	Б
4	Тип ОР	-	ві-ікс	зарин	ві-ікс	зарин	ві-ікс	зарин	зарин	ві-ікс	ві-ікс	ві-ікс	ві-ікс	зарин	ві-ікс	зарин	зарин
5	Час доби	-	день	ніч	день	ніч	день	ніч	ніч	день	день	день	день	день	день	ніч	день
6	Швидкість та напрямок вітру Vпр/ азимут	-	15 / 180	2 / 120	2,5 / 250	3 / 300	3,5 / 280	2 / 360	3 / 180	3 / 90	1 / 100	1,5 / 180	3 / 150	2 / 200	2 / 45	4 / 60	1 / 17
7	Прозорість атмосфери	-	ясно	напівясно	похмуро	ясно	напівясно	напівясно	ясно	напівясно	ясно	напівясно	напівясно	напівясно	ясно	напівясно	ясно
8	Темпе-ратура	-	+24	+19	+15	+22	+20	+20	+30	+18	+24	+28	+21	+16	+32	+30	+21
9	Район застосування	-	західна околиця	центр міста	північно-східна околиця	центр міста	східна околиця	центр міста	центр міста	західна околиця	західна околиця	північна околиця	північно-західна околиця	північно-східна околиця	північно-західна околиця	центр міста	східна околиця

Примітка: У п. 3 вихідних даних для розрахунку використано скорочення. Так, літера «П» вказує на спосіб застосування ОР «поливка», а літера «Б» відповідає способу застосування «бомбометання».

Додаток 2

Площа району використання, S_n

Кількість та тип засобів використання	Спосіб застосування	Тип ОР	Площа району використання Sn, га
B-52 (FB-111, FB-111F або «Вулкан»)			
один літак	поливка	ві-ікс	800
два літаки	поливка	ві-ікс	1600
три літаки	поливка	ві-ікс	2400
B-52			
один літак	бомбометання	зарин	120
два літаки	бомбометання	зарин	240
три літаки	бомбометання	зарин	360
B-57			
один літак	бомбометання	зарин	50
два літаки	бомбометання	зарин	100
три літаки	бомбометання	зарин	150
F-4 (F-105 або «Міраж»)			
один літак	бомбометання	зарин	100
два літаки	поливка	ві-ікс	400

Додаток 3

Геометричні фігури районів використання СДОР авіацією та орієнтоване співвідношення їх сторін

Шляхи використання хімічної зброї авіацією		Співвідношення	
		Глибина, *Г*	Фронт, *Ф*
1. Полив ОР одним літаком з використанням двох ВАП	Прямокутник	1	2
2. Бомбовий удар хімічними авіаційними бомбами (ХАБ)	Еліпс	3	1

Додаток 4

Глибина зони розповсюдження зараженого повітря на відкритій місцевості при використанні авіації (при ізотермії), $Г_1$

Тип СДОР	Глибина розповсюдження зараженого повітря, км	
	U_i становить від 1 до 2 м/с	U_i становить від 2 до 4 м/с
зарин	50	40
ві-ікс	5-8	8-12
іприт	24	15

Примітка. 1. В умовах конвекції глибина розповсюдження зараженого повітря зменшується приблизно у два рази. При інверсії максимальна глибина розповсюдження повітря може збільшуватись у 1,5-2 рази.

2. При швидкості вітру від 5 до 7 м/с глибина розповсюдження аерозолю СДОР ві-ікс збільшується до 20 км.

3. Глибина розповсюджена СДОР зменшується у 3,5 рази у місті з щільною забудовою та лісному масиві.

Додаток 5

Схема зони хімічного зараження

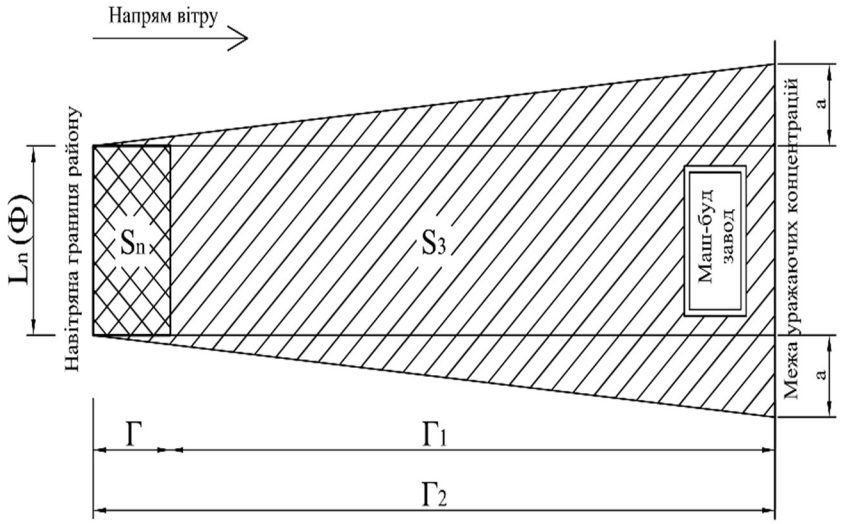

Рис. Д.1. Схема зони зараження

Примітка.«S_o» – площа зони зараження об'єкта і місцевості чисельно дорівнює площі району використання СДОР «S_n» та площі зони розповсюдження зараженого повітря (S_3), тобто СДОР $S_3 = S_n + S_3$.

$L_n = Ф$ – довжина площі ураження, фронт району використання;

$Г$ – глибина району використання СДОР;

$Г_1$ – глибина зони розповсюдження зараженого повітря на відкритій місцевості при використанні авіації;

$Г_2$ – загальна глибина зони хімічного зараження місцевості та об'єкта;

α – величина розсіювання хмари зараженого повітря СДОР.

Додаток 6

Час підходу хмари зараженого повітря, $t_{під}$ (год, хв)

Відстань від району використання хімічної зброї, $Г_1$	При швидкості вітру у приземному шарі, м/с			
	1	2	3	4
1	0,15	0,08	0,05	0,04
2	0,30	0,15	0,10	0,08
4	1,10	0,30	0,20	0,15
6	1,40	0,50	0,30	0,25
8	2,15	1,00	0,45	0,30
10	2,30	1,20	0,55	0,35
12	3,00	1,40	1,00	0,50
15	4,00	2,00	1,25	1,00
20	5,00	2,40	1,50	1,20
25	6,00	3,20	2,20	1,45
30 і більше	7,00	4,00	2,40	2,00

Додаток 7

За заданою температурою ґрунту орієнтована стійкість СДОР на місцевості, діб (год)

Тип ОР	Швидкість вітру, м/с	Температура ґрунту, °С				
		0	10	20	30	40
ві-ікс	0-8	17-20	9-10	4-5	1,5	1
іприт	до 2	-	3-4	2,5	1-1,5	0,5-10
	2-8	-	1,5-2,5	1-1,5	1	(6-10)
зарин	до-2	(28)	(13)	(6)	(3)	(1,5)
	2-8	(19)	(8)	(4)	(2)	(1)

Примітки:

1. При відсутності рослинності на місцевості, території об'єкта знайдене за таблицею значення стійкості помножити на 0,8.

2. При наявності рослинності та у лісі стійкість у 10 разів більше, ніж наведено у таблиці.

3. Тільки у зимових умовах стійкість зарину становить 1-5 діб, ві-ікс має стійкість до 3,5 місяців, іприт – до 1 доби.

Додаток 8

Допустимий час перебування людей у засобах індивідуального захисту, $t_{переб.}$

Температура повітря, ℃	Час перебування, год
+30 та вище	0,3
+25-29	0,5
+20-24	0,8
+15-19	2
+15 та нижче	3

Додаток 9

Можливі втрати населення та виробничого персоналу на площі зони хімічного зараження (%) при застосуванні артилерійських, авіаційних, хімічних боєприпасів та при використанні виливних апаратів

Засоби застосування	Тип ОР	Відсоток втрат особового складу (населення)	
		при досягненні тактичної несподіванки	при відсутності тактичної несподіванки
Ракети	ві-ікс	50-60	10-15
	зарин	25-30	10-15
Артилерійські, авіаційні та хімічні боєприпаси	ві-ікс	30-40	10-15
	зарин	25-30	10-15
	іприт	30	10
Хімія; фугаси; авіаційні прилади, що виливаються (ВАП)	ві-ікс	50-60	10-15
	іприт	30	10

Додаток 10

Графік для визначення ступеню вертикальної стійкості повітря за даним прогнозу для місцевості та об'єктів

<table>
<tr><td rowspan="2">Швидкість вітру</td><td colspan="3">Ніч</td><td colspan="3">День</td></tr>
<tr><td>ясно</td><td>напівясно</td><td>похмуро</td><td>ясно</td><td>напівясно</td><td>похмуро</td></tr>
<tr><td>0,5</td><td colspan="2" rowspan="3">інверсія</td><td rowspan="4"></td><td colspan="2" rowspan="3">конвекція</td><td rowspan="4"></td></tr>
<tr><td>0,6 – 2,0</td></tr>
<tr><td>2,1 – 4,0</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">ізометрія</td><td rowspan="2"></td><td rowspan="2">ізометрія</td></tr>
<tr><td>більше ніж 4,0</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

Додаток 11

Ступінь руйнування елементів об'єкту в залежності від надмірного тиску ударної хвилі, $\Delta P_Ф$ (кПа)

№ з/п	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
1. Виробничі, адміністративні будівлі та споруди					
1.	Масивні промислові споруди	20…30	30…40	40…50	50…70
2.	Споруди з легким металевим каркасом та безкаркасні	10…20	20…30	30…50	50…70
3.	Промислові будівлі з металевим каркасом і бетонним заповненням	10…20	20…30	30…40	40…50
4.	Споруди зі збірного залізобетону	10…20	20…30	-	30…60
5.	Складські цегляні будівлі	10…20	20…30	30…40	40…50
6.	Цегляні малоповерхові будівлі (один два поверхи)	8…15	15…25	25…35	35…45
7.	Цегляні багатоповерхові будівлі(три поверхи та більше)	8…12	12…20	20…30	30…40

Закінчення дод. 11

2. Деякі види обладнання					
1.	Верстати важкі	25…40	40…60	60…70	-
2.	Верстати середні	15…25	25…35	35….45	-
3.	Верстати легкі	6…15	-	15…25	-
4.	Крани та кранове обладнання	20…30	30…50	50..70	70
5.	Контрольно-вимірювальна апаратура	5…10	10…20	20…30	30
3. Комунально-енергетичні мережі та споруди					
1.	Наземні металеві резервуари та ємності	30…40	40…70	70…90	90
2.	Кабельні підземні мережі	200…300	300…600	600…1000	1000
3.	Кабельні наземні мережі	10…30	30…50	50…60	60
4.	Трубопроводи наземні	20	50	130	-
5.	Трубопроводи на металевих або залізобетонних естакадах	20…30	30…40	40…50	-

Додаток 12

Характеристика руйнувань будівель і обладнання

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

Додаток13

Категорії пожежної небезпеки виробництв

Категорія	Приклади виробництв
А	Цехи обробки металевого натрію і калію, водневі станції, склади балонів з горючими газами, склади бензину, приміщення стаціонарних кислотних і лужних акумуляторів та ін.
Б	Цехи по виготовленню вугільного пилу і деревинного борошна, цехи обробки синтетичного каучуку, мазутні господарства електростанцій та ін.
В	Деревообробні цехи, цехи текстильної та паперової промисловості, склади паливо-мастильних матеріалів, закриті склади вугілля, приміщення для зберігання автомобілів та ін.
Г	Ливарні цехи, кузні, зварювальні цехи, цехи гарячої прокатки металів, цехи термічної обробки металів, головні корпуси електростанцій та ін.
Д	Механічні цехи холодної обробки металів, інструментальні цехи, цехи холодної переробки м'ясо-молочної продукції та водоприймальні пристрої електростанцій та ін.

Додаток 14

Ступені вогнестійкості будівель

Ступінь	Несучі стіни	Перекриття міжповерхові та на горищі	Перегородки (несучі)
I	Незгоряємі, 3 год.	Незгоряємі, 1,5 год.	Незгоряємі, 1 год.
II	Незгоряємі, 2,5 год.	Незгоряємі, 1 год.	Незгоряємі, 0,25 год.
III	Незгоряємі, 2 год.	Важкозгоряємі, 0,75 год.	Важкозгоряємі, 0,25 год.
IV	Важкозгоряємі,0,5 год.	Важкозгоряємі, 0,25 год.	Важкозгоряємі, 0,25 год.
V	Згоряємі	Згоряємі	Згоряємі

Примітка. Цифрами позначено границю вогнетривкості, що визначається часом від початку впливу вогню на конструкцію до моменту виникнення у ній скрізних тріщин або досягнення температури 200 ˚С на її протилежній поверхні.

За ступенем вогнестійкості будинки і споруди поділяють на 5 груп:

I і II група – неспалимі (будівлі I групи мають підвищену вогнестійкість несучих конструкцій); при загорянні предметів усередині будинку він охоплюється вогнем не раніше, ніж через 3-4 години;

III група – неспалимі будинки зі спалимими перекриттями і перебірками; охоплюються вогнем через 2-3 години;

IV група –дерев'яні, оштукатурені будинки; охоплюються вогнем через 1,5 години;

V група – дерев'яні, неоштукатурені; охоплюються вогнем через 0,5 години.

Додаток 15

Звіт до практичної роботи №2
з дисципліни «Цивільний захист» на тему:

Оцінювання інженерної та пожежної обстановки під час аварії на вибухонебезпечних об’єктах

ПІБ _____ група _____ варіант _____

Таблиця 1

№ пор.	Параметр	Позначення	Одиниці виміру	Вихідні дані
1	Відстань від цеху до місця аварії (вибуху)			
2	Маса пропану			
3	Характеристики елементів цеху: будівля			
	верстати			
	кабельні лінії			наземні
	контрольно-вимірювальна апаратура			наявна
	границі вогнетривкості несучих стін			
	границі вогнетривкості перегородок			
4	Категорія виробництва з пожежної безпеки			
5	Щільність забудови об’єкта			

Розрахункова частина:

1.1. Зона I : $r_1 = \Delta P_\phi =$

_____

1.2. Зона II: $r_2 = \Delta P_{II} =$

_____

Висновок:

_____
_____
_____
_____
_____

1.3. $$\Delta P_\phi = \frac{262}{\sqrt{1 + 7{,}66 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{L^3}{Q} - 1}} =$$

1.4.1. Ступінь руйнування будівлі –
_____
Характеристика руйнувань будівлі:
_____
1.4.2. Ступінь руйнування верстатів –
_____
Характеристика руйнувань промислового обладнання:
_____
1.4.3. Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури –
_____
1.4.4. Ступінь руйнування кабельних ліній –
_____
2.1. Ступінь ураження людей від прямої дії УХ –
_____
2.2.Характеристика уражень людей:
_____
3.1. Ступінь вогнестійкості –
_____
3.2. Очікувана пожежна обстановка:
_____
4.1. Безпечна маса вибухової речовини для уникнення руйнувань будівлі –
_____
4.2. Безпечна маса вибухової речовини для уникнення будь-яких руйнувань –
_____

5. Загальні висновки і рекомендації:

_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____
_____

Роботу виконав _____ Роботу перевірив _____ Дата _____

Додаток 16

Вихідні дані

№ пор.	Найменування, одиниці виміру	ВАРІАНТИ																							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	Відстань від цеху до місця аварії (вибуху), км	1,1	1,0	1,0	0,9	0,7	0,6	0,7	0,85	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	0,5	0,6
2	Маса пропану, т	1000	800	600	400	200	100	400	500	350	500	600	750	1000	100	200	300	300	500	700	700	900	900	80	150
3	Характеристики елементів цеху																								
	Будівля одноповерхова	цегляна			зі збірного залізобетону				з металевим каркасом і залізобетонним заповненням			безкаркасна		з легким металевим каркасом			зі збірного залізобетону			з металевим каркасом і залізобетонним заповненням			цегляна		
	Границі вогне-тривкості, год																								
	несучих стін	2,5	2	2,5	2	2,5	2,5	2	2,5	2	2,5	2	0,5	2	2,5	2	2,5	2	2	2,5	2,5	2,5	2	2	2,5
	перекриттів	1	0,75	1	0,25	1	1	0,25	1	0,25	1	0,25	0,25	0,25	1	0,25	1	0,25	0,25	1	1	1	0,25	0,25	1
	Обладнання: верстати	важкі		середні		легкі		середні		легкі		середні		важкі		середні		легкі		середні		важкі		середні	
	Кабельні лінії	Наземні																							
	Контрольно-вимірювальна апаратура	В наявності																							
4	Категорія виробництва з пожежної небезпеки	Б	В	Г	Д	Б	В	Г	Д	Б	В	Г	Д	Б	В	Г	Д	Б	В	Г	Д	Б	В	Г	Д
5	Щільність забудови об’єкта, %	12	25	34	23	14	27	31	24	15	21	23	32	16	25	33	22	11	24	36	23	15	21	24	33

Навчально-методичне видання

ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Методичні рекомендації
до виконання практичних робіт
для здобувачів першого (бакалаврського)
та другого (магістерського) рівня вищої освіти
усіх форм навчання, усіх спеціальностей
денної та заочної форм навчання

Укладачі: **Цапко** Юрій Володимирович,
Касьянова Оксана Миколаївна,
Негрій Тетяна Олександрівна,
Ковальова Анастасія Володимирівна
Корінний Володимир Ілліч

Випусковий редактор *Ю.М. Долгополова*
Комп'ютерне верстання *Ю.М. Долгополової*

Ум. друк. арк. 2,32. Обл.-вид. арк. 2,5
Електронний документ. Вид № 82/V-26.

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002