

СПЕЦІАЛІЗАЦІЯ



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Кафедра
обладнання
харчових технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття і самостійної роботи з курсу
«Техноекологія та цивільна безпека»
частина «Цивільна безпека»
на тему «Шляхи і способи підвищення стійкості
роботи промислового об'єкта»
для студентів всіх спеціальностей
денної та заочної (дистанційної)
форм навчання

Тернопіль
2023 р.

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Кафедра
обладнання
харчових технологій

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття і самостійної роботи з курсу

«Техноекологія та цивільна безпека»

частина «Цивільна безпека»

на тему «Шляхи і способи підвищення стійкості роботи промислового об'єкта»

для студентів всіх спеціальностей

денної та заочної (дистанційної)

форм навчання

Тернопіль
2023 р.

УДК 658.382
ПЗ2

УКЛАДАЧ

старший викладач Стручок В.С.

РЕЦЕНЗЕНТ:

д.т.н., доц. Бабій А.В.

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ ЗА ВИПУСК:

д.т.н., проф. Вітенько Т.М.

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри обладнання харчових технологій. Протокол № 5 від 27.12. 2022 р.

Схвалено і рекомендовано до друку науково-методичною комісією факультету інженерії машин, споруд та технологій Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 6 від 23.02.2023 р.

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Методичні вказівки	6
1.1. Звіт про виконання завдання	6
1.2. Рекомендована література	6
1.3. Варіанти завдань до практичного заняття	7
1.3.1. Вихідні дані щодо оцінки стійкості роботи цеху до впливу ударної хвилі при аваріях на вибухонебезпечному об'єкті	7
1.3.2. Вихідні дані щодо оцінки стійкості цеху до впливу ударної хвилі ядерного вибуху	9
2. Методика оцінки стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі при вибухах	10
2.1. Теоретична частина	10
2.1.1. Визначення надлишкового тиску ударної хвилі у випадку вибуху ядерного боєзапасу	13
2.1.2. Визначення надлишкового тиску ударної хвилі під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів (ГПС)	13
2.2. Послідовність оцінки	14
Додаток 1. Надлишковий тиск ударної хвилі при різних потужностях ядерного боєзапасу і відстані до центру вибуху	17
Додаток 2. Ступені руйнування елементів об'єкту в залежності від надлишкового тиску ударної хвилі ΔP_{ϕ} , кПа	19

Вступ

Оцінка стійкості роботи об'єкта господарювання під час надзвичайних ситуацій (НС) може бути проведена шляхом моделювання уразливості об'єкта до впливу уражаючих факторів НС на основні його елементи на основі використання результатів розрахунків.

На практичному занятті проводиться оцінка стійкості об'єкта (цеху) до дії ударної хвилі на вибухонебезпечному об'єкті та при ядерному вибуху. Слід мати на увазі, що з усіх уражаючих факторів ядерного вибуху максимальну ефективність дії на об'єкти господарювання має повітряна ударна хвиля (УХ), оскільки викликає найбільші людські втрати і руйнування елементів об'єктів.

У разі впливу ударної хвилі будівлі, споруди, обладнання, комунально-енергетичні мережі об'єкта можуть зазнати різного ступеня руйнування.

Зазначені руйнування поділяються на повні, сильні, середні та слабкі.

При *повних* руйнуваннях в будівлях і спорудах зруйновано всі основні несучі конструкції та є обваленими перекриття. Відновлення є неможливим. Обладнання, засоби механізації і техніка відновленню не підлягають. На комунально-енергетичних мережах (КЕМ) і технологічних трубопроводах розриви кабелів, руйнування великих ділянок трубопроводів, опор повітряних ліній електропередач і т.п.

У разі *сильних* руйнувань в будівлях та спорудах мають місце значні деформації несучих конструкцій, зруйновано більшу частину перекриття та стін. Відновлення будівель та споруд є можливим, але недоцільним, оскільки це призведе до фактично нового будівництва з використанням деяких конструкцій, що збереглися. Обладнання і механізми здебільшого зруйновано та значно деформовано. Окремі деталі та вузли обладнання можуть бути використані як запасні частини. На КЕМ і трубопроводах є розриви та деформації на окремих ділянках підземних мереж, деформації опор повітряних ліній електропередач і зв'язку, а також розриви технологічних трубопроводів.

Середні руйнування призводять до пошкодження у будівлях та спорудах в основному не несучих, другорядних конструкцій (легкі стіни, перегородки, дахи, вікна, двері). Можливі тріщини у зовнішніх стінах і вивали в окремих місцях. Перекриття і підвали не зруйновані, частина приміщень придатна до експлуатації. Деформовано окремі вузли обладнання та техніки. Техніка виходить з ладу і потребує капітального ремонту. На КЕМ деформовано і зруйновано окремі опори повітряних ліній електропередач, є пориви і пошкодження технологічних трубопроводів. Для відновлення об'єкта (елементу), що отримав середні руйнування, необхідно провести його капітальний ремонт, для чого залучаються сили об'єкту.

При *слабких* руйнуваннях в будівлях і спорудах зруйновано частину внутрішніх перегородок, заповнення дверних і віконних отворів. Обладнання має незначні деформації другорядних елементів. На КЕМ є незначні руйнування і вихід з ладу конструктивних елементів. Для відновлення об'єкта (елементу), який отримав слабкі руйнування, як правило, є потреба у дрібному (поточному) ремонті.

1.Методичні вказівки

1. Визначити максимальне значення параметра уражаючого фактору, що очікується в районі цеху (надмірний тиск ударної хвилі).
2. Оцінити стійкість роботи цеху:
 - обрати критерій за яким оцінюється стійкість цеху;
 - провести розрахунки і оцінити стійкість цеху у відповідності до обраного критерію;
 - заповнити таблицю результатів оцінки.
3. За результатами розрахунків дати висновки, в яких вказати:
 - стійкий чи не стійкий цех до зазначеного уражаючого фактору;
 - відмітити елементи цеху, що найменш стійкі.
4. Запропонувати заходи щодо підвищення стійкості цеху:
 - як підвищити стійкість будівель, обладнання, КЕМ;
 - зменшення запасів вибухонебезпечних речовин, перенесення складів цих речовин на більшу відстань від цеху тощо.

1.1. Звіт про виконання завдання

Роботу щодо розв'язання наданого завдання слухачі виконують самостійно у встановлені терміни в письмовому вигляді.

Звіт повинен мати титульний аркуш, теоретичну та розрахункову частину і графічний додаток. Звіт оформляється у відповідності з методичними рекомендаціями щодо оформлень завдань самостійної і кваліфікаційної (дипломної) робіт студентів, погодженими Вченою Радою університету.

У теоретичній частині необхідно навести основні положення щодо забезпечення на об'єктах господарювання техногенної безпеки, суті стійкості їх роботи, основні фактори, шляхи та способи її підвищення.

У розрахунковій частині звіту наводяться:

- вихідні дані;
- критерії (показники стійкості цеху);
- алгоритм оцінки (послідовність операцій) з розрахунками (точність до 0,01);
- таблиця результатів оцінки;
- висновки;
- заходи щодо підвищення стійкості цеху.

У графічному додатку на аркуші формату А4 в обраному масштабі відображається: напрям “північ-південь”; центр (епіцентр) вибуху, місце аварії; розташування цеху по відношенню до місця аварії або вибуху; межі зон руйнування та їх радіуси; масштаб, у якому виконано графічний додаток.

1.2. Рекомендована література

- | | кількість примірників у
бібліотеці ТНТУ |
|--|--|
| 1 Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Кашина П.І. – Львів, «ПП Васильович К.І.», 2005. – 338 с. | 15 |
| 2 Губський А.І., Цивільна оборона. - К.: Міністерство освіти, 1995. - 216 с. | 19 |

1.3. Варіанти завдань до практичного заняття

1.3.1. Вихідні дані щодо оцінки стійкості роботи цеху до впливу ударної хвилі при аваріях на вибухонебезпечному об'єкті

№ п/п	Найменування і одиниці виміру	Варіанти				
		1	2	3	4	5
1	Відстань від цеху до сховища вуглеводневих продуктів, км	0.8	1.0	0.9	0.6	0.7
2	Цех розташований до сховища по азимуту, град	0	90	180	135	270
3	Тип вуглеводневого продукту	ПРОПАН				
4	Маса продукту, т	300	700	600	100	300
5	Характеристика механічного цеху:					
	Будівля	З легким металевим каркасом		Бетон	З легким метале- вим карка- сом	Залізо- бетон
	Верстати	Середні		Легкі	Легкі	Серед- ні
	Трубопроводи	На металевих естакадах, наземні		На метале- вих естакадах, наземні	На метале- вих естака- дах, наземні	На метале- вих естака- дах, наземні
	Кабельні мережі	Наземні		Наземні	Наземні	Назем- ні

№ п/п	Найменування і одиниці виміру	Варіанти				
		6	7	8	9	10
1	Відстань від цеху до сховища вуглеводневих продуктів, км	1.2	0.9	0.8	0.9	0.7
2	Цех розташований до сховища по азимуту, град	0	45	135	180	270
3	Тип вуглеводного продукту	ПРОПАН				
4	Маса продукту, т	1000	500	400	300	300
5	Характеристика механічного цеху: Будівля	Залізобетон		Бетон	Цегляна однопов ерхова	Без карка- су
	Верстати	Важкі		Середні	Легкі	Серед- ні
	Трубопроводи	На металевих естакадах, наземні		На метале- вих естакадах, наземні	На метале- вих естака- дах, наземні	На метале- вих естака- дах, наземні
	Кабельні мережі	Наземні		Наземні	Наземні	Назем- ні

1.3.2. Вихідні дані щодо оцінки стійкості цеху до впливу ударної хвилі ядерного вибуху

№ п/п	Найменування і одиниці виміру	Варіанти				
		11	12	13	14	15
1	Відстань цеху від центру міста, км	5.0	.5	2.5	4.5	4.7
2	Цех розташований від центру міста по азимуту, град	180	270	0	45	90
3	Потужність боєзапасу, кг	500	100	100	500	1000
4	Вид вибуху	наземний		повітряний		назем- ний
5	Ймовірне максимальне відхилення від точки прицілювання, км	0.4	0.4	0.3	0.5	0.2
6	Характеристи ка механічного цеху: Будівля	Залізобетон		Залізобе- тон	Бетон	З лег- ким метале- вим карка- сом
	Верстати Трубопроводи	Легкі На металевих естакадах, наземні		Середні На металевих естакадах, наземні	Важкі На металевих естакадах, наземні	Важкі На металевих естакадах, наземні
	Кабельні мережі	Наземні		Наземні	Наземні	Назем- ні

2.Методика оцінки стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі при вибухах

2.1. Теоретична частина

При ядерних і звичайних вибухах основним уражаючим фактором, що діє на виробничі будівлі, споруди, обладнання тощо, є повітряна ударна хвиля, основним параметром якої є надмірний тиск ΔP_{Φ} (рис.1).

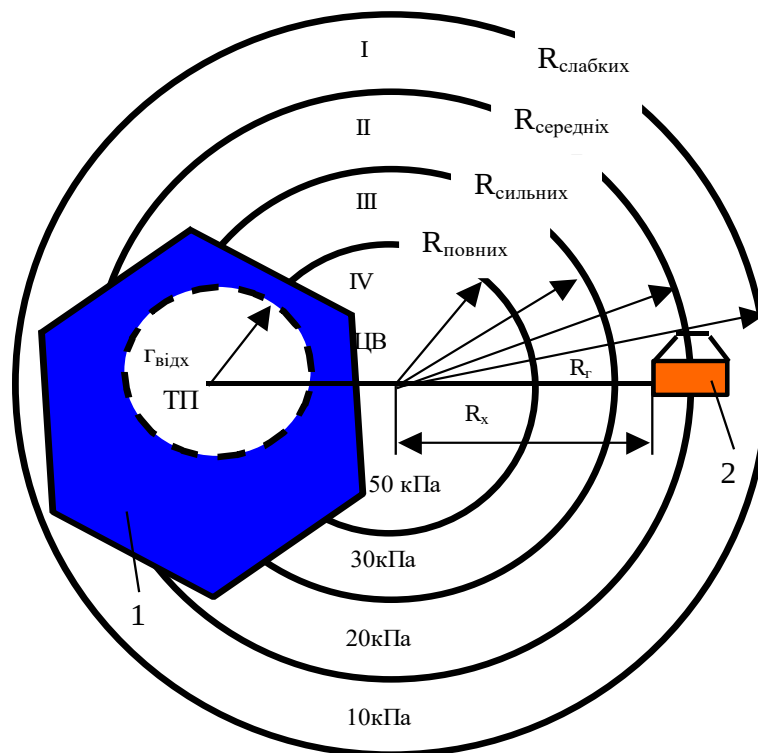


Рисунок 1. Зони руйнувань від впливу ударної хвилі (наземний ядерний вибух потужністю $q=0.5$ Мт на відстані від об'єкту $R_x=4.4$ км): 1-місто; 2-об'єкт.

Надлишковий тиск ударної хвилі в залежності від потужності вибуху ядерного боєзапасу, типу вибуху (наземний чи повітряний) та відстані від об'єкта до центру вибуху визначається за допомогою таблиць додатку1.

При вибухові ядерного боєзапасу, відстань від центру вибуху до об'єкта (рис.2) визначається за формулою

$$R_x = R_r - r_{\text{відх}},$$

де R_r – відстань від точки прицілювання (центру міста) до об'єкта, км;

$\Gamma_{\text{відх}}$ – максимально вірогідне відхилення боєзапасу від точки прицілювання, км.

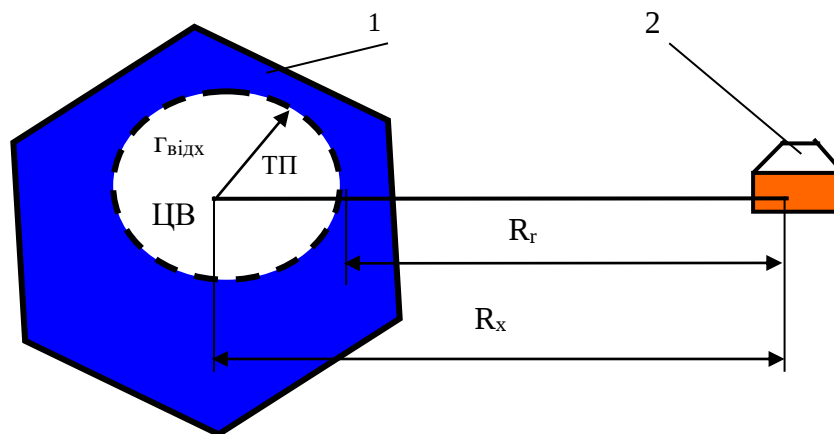


Рисунок – 2 Визначення мінімального відхилення до ймовірного центру вибуху: 1 – місто; 2 – об’єкт.

Надмірний тиск на відстані r , що очікується на вибухонебезпечному об’єкті в разі вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів (ГПС), буде максимальним значенням надмірного тиску $\Delta P_{\text{ф max}}$ і визначається розрахунковим шляхом виходячи з того, що у разі вибуху газоповітряної суміші формується три фізичні зони (рис.3):

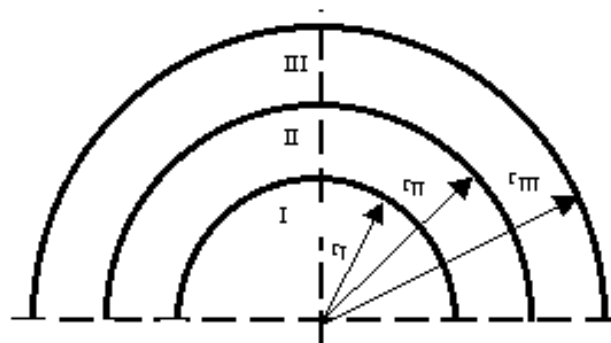


Рисунок –3 Зони осередку ураження при вибуху ГПС

а) Зона I – зона детонаційної хвилі. Вона знаходиться в межах хмари вибуху. Радіус цієї зони можна розрахувати за формулою:

$$r_I = 17.5 \sqrt[3]{Q}, \text{ м}$$

де Q – маса продукту, т.

В межах цієї зони надмірний тиск є сталим і складає $\Delta P_I = 1700$ кПа.

б) Зона II – зона дії продуктів вибуху. Ця зона охоплює всю територію, по якій розлетілись продукти ГПС в результаті дії детонації.

Радіус цієї зони становить

$$r_{II} = 1.7 r_I$$

Надмірний тиск в межах зони змінюється від 1350 до 300 кПа і може бути розрахований за формулою:

$$\Delta P_{II} = 1300 \left(\frac{r_1}{r} \right)^3 + 50, \text{ кПа}$$

де r – відстань від центру вибуху до вибраної точки (до об'єкта), м.

в) Зона III – зона дії повітряної ударної хвилі.

Надмірний тиск в зоні III на заданій відстані від центру вибуху r_{III} можна визначати за формулами:

Спочатку обчислюється відносна величина $\psi = 0.24 \frac{r_{III}}{r_1}$,

при $\psi \leq 2$
$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29.8\psi^3}-1)}, \text{ кПа}$$

при $\psi > 2$
$$\Delta P_{III} = \frac{22}{\psi \sqrt{\lg \psi + 0.158}}, \text{ кПа.}$$

Надмірний тиск ΔP_{III} на будь-якій відстані до ЦВ (r) для заданої маси продукту Q , що не перевищує 100 т, а також осередку ураження і радіуси кожної зони руйнувань можна визначити за графіком (рис.4)

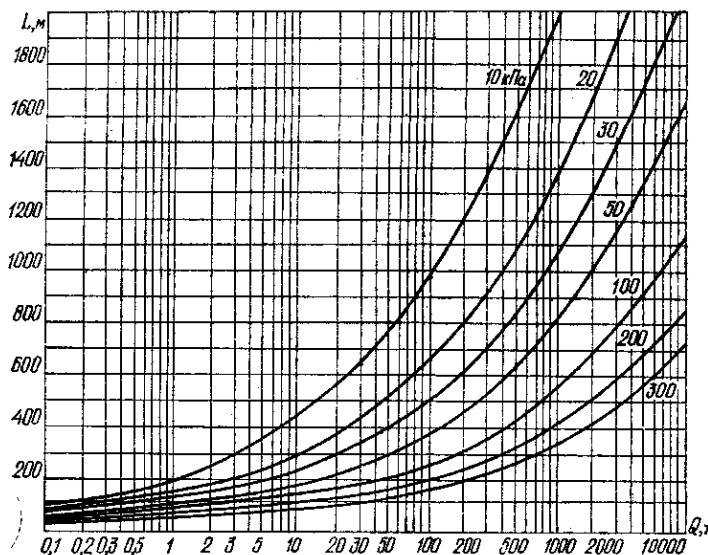


Рисунок 4. Графік для визначення радіуса зон руйнувань в залежності від маси вуглеводневого продукту Q

При вибуху звичайної вибухової речовини (ВР) тротилу надмірний тиск УХ на відстані r (м) від центру вибуху в залежності від маси речовини q (кг) визначається за формулою:

$$\Delta P_{\phi} = \left(1.05 \frac{\sqrt[3]{q}}{r} + 4.3 \frac{\sqrt[3]{q^2}}{r^2} + 14 \frac{q}{r^5} \right) 100, \text{ кПа}$$

Розміри осередку ураження при вибуху тротилу практично не відрізняються від розмірів осередку ураження, що утворюється при вибуху газоповітряної суміші вуглеводневого продукту (метану, пропану тощо).

Для інших ВР передбачається застосування коефіцієнта перерахування К. Тоді маса ВР має бути виражена співвідношенням $K \cdot q$, де

$K=0,94$ - для амоніту;

$K=0,94$ - пікрилової кислоти;

$K=1,08$ -тетрилу;

$K=1,28$ -гексогену.

За кількісний показник стійкості об'єкта до впливу ударної хвилі приймається значення надмірного тиску, при якому будівлі, споруди і обладнання об'єкта зберігаються або отримують слабке і середнє руйнування (Додаток 2). Це значення надмірного тиску прийнято вважати межею стійкості об'єкта до ударної хвилі ($\Delta P_{\phi \text{ lim}}$).

За межу стійкості будь-якого елемента об'єкта (будівля, споруда, обладнання) приймається мінімальне значення ΔP_{ϕ} , при якому цей елемент отримає середнє руйнування.

2.1.1. Визначення надлишкового тиску ударної хвилі у випадку вибуху ядерного боєзапасу.

Приклад.

Визначити надлишковий тиск ударної хвилі в районі розташування механічного цеху, якщо відстань цеху від центру міста $R_r = 6$ км, ймовірне максимальне відхилення від точки прицілювання 0,4 км, потужність ядерного боєзапасу 300 кт, вид вибуху наземний.

Розв'язок:

1. Визначимо відстань від центру вибуху до цеху

$$R_x = R_r - r_{\text{відх}} = 6 - 0,4 = 5,6 \text{ км}$$

2. Для ядерного вибуху потужністю 300 кт, вид вибуху наземний, відстані від центру вибуху до цеху 5,6 км за таблицею додатку 1 знаходимо, що $\Delta P_{\phi \text{ max}} = 15$ кПа.

Висновок.

Під час ядерного вибуху потужністю 300 кт механічний цех опиниться під дією повітряної ударної хвилі з надлишковим тиском біля 15 кПа.

2.1.2. Визначення надлишкового тиску ударної хвилі під час вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів (ГПС).

Приклад.

Визначити надлишковий тиск ударної хвилі, що очікується на об'єкті в районі механічного цеху під час вибуху ємкості, в якій знаходиться 300 т зрідженого газу пропану. Відстань від ємкості до цеху 0,5 км.

Розв'язок:

1. Визначимо радіус зони детонаційної хвилі (зони І):

$$r_1 = 17,5 \sqrt[3]{Q} = 17,5 \sqrt[3]{300} = 17,5 \cdot 6,7 = 117,25 \text{ м.}$$

2. Обчислимо радіус зони дії продуктів вибуху (зони ІІ):

$$r_{II} = 1,7 \cdot r_I = 1,7 \cdot 117,25 = 199,32 \text{ м.}$$

3. Отримані величини радіусів зон r_I та r_{II} порівнюємо з відстанню від ємкості до цеху. Робимо висновок, що механічний цех не потрапив до цих зон, а, отже, може опинитися в зоні дії повітряної ударної хвилі (зоні III).

4. Визначаємо надлишковий тиск ударної хвилі на відстані $r_{III} = 500$ м (бо за умовою відстань до цеху становить 1 км і він опинився у зоні III, отже, r_{III} це її відстань до цеху, відносно якого і проводимо всі подальші розрахунки) з використанням розрахункових формул для зони III:

Спочатку обчислюємо відносну величину

$$\psi = 0,24 \frac{r_{III}}{r_I} = 0,24 \frac{500}{117,25} = 1,02$$

Відносна величина $\psi < 2$, тому ΔP_{III} визначаємо за першою формулою:

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8\psi^3}-1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29,8 \cdot 1,02^3}-1)} = 50 \text{ кПа}$$

Висновок.

Під час вибуху 300 т зрідженого газу пропану механічний цех опиниться під дією повітряної ударної хвилі з очікуваним надлишковим тиском біля 50 кПа.

2.2 Послідовність оцінки

1. Визначити максимально ймовірний надмірний тиск ($\Delta P_{\phi \text{ max}}$), що очікується при вибуху у районі розташування об'єкта.

Вихідні дані при ядерному вибуху:

- потужність ядерного боєзапасу;
- тип вибуху (наземний, повітряний);
- відстань від центра вибуху до об'єкта R_x , км.

Вихідні дані при вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих продуктів (ГПС)

- маса перетвореного у рідину вуглеводневого газу Q , т;
- відстань від центра вибуху до об'єкта R , км.

Послідовність визначення надмірного тиску і приклади його розрахунку наведені у розділі 2.1.

2. Виділити основні елементи об'єкта і визначити їх ступені руйнування в залежності від ΔP_{ϕ} ударної хвилі (Додаток 2).

Визначити можливий збиток (% виходу з ладу) окремих елементів об'єкта при очікуваному $\Delta P_{\phi \text{ max}}$ (таблиця 1).

Таблиця 1. Очікуваний збиток в залежності від ступеня руйнування

Ступінь руйнування	Слабкі	Середні	Сильні	Повні
Очікуваний збиток, %	20-30	30-50	50-90	90-100

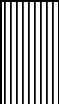
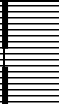
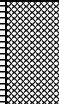
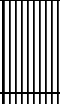
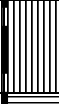
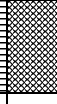
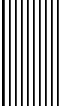
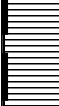
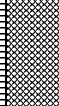
3. Визначити $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ основних елементів (Додаток 2), а по найменш стійкому елементу – об'єкта в цілому.

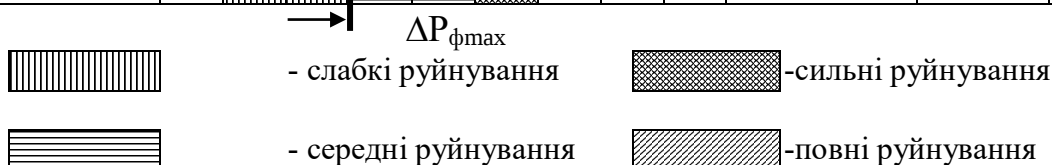
4. Порівняти $\Delta P_{\phi \text{ lim}}$ з $\Delta P_{\phi \text{ max}}$ і визначити стан стійкості окремих елементів та об'єкта в цілому до впливу ударної хвилі:

- об'єкт стійкий при $\Delta P_{\phi \text{ lim}} \geq \Delta P_{\phi \text{ max}}$;
- об'єкт нестійкий при $\Delta P_{\phi \text{ lim}} < \Delta P_{\phi \text{ max}}$.

Результати відобразити в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати оцінки стійкості об'єкта до ударної хвилі

Елементи цеху та їх характеристики	Ступінь руйнувань при ΔP_{ϕ} кПа									Межа стійкості елементу ΔP_{ϕ} lim	Збитки при ΔP_{ϕ} max. %	Примітка
	0	10	20	30	40	50	60	70	80			
Будівля: 1-поверхова, цегляна										20	5	Межа стійкості цеху $\Delta P_{\phi} \text{lim}=20$ кПа
Технологічне обладнання: Верстати важкі										40	0	
КЕС: Повітропроводи на металевій естакаді										30	0	
Електромережа кабельна наземна										30	5	



Висновки:

1. Межі стійкості об'єкта.
2. Найуразливіші елементи об'єкта.
3. Характер та ступінь руйнувань, що очікується на об'єкті від ударної хвилі $\Delta P_{\phi \text{ max}}$ та можливий збиток.
4. Межа підвищення стійкості найбільш вразливих елементів об'єкта.

Заходи щодо підвищення стійкості:

1. Підвищення стійкості несучих конструкцій і перекриттів будівель шляхом установки додаткових колон, ферм, контрфорсів або підкосів.
2. Розміщення обладнання на нижчих поверхах будівель, в підвалах і підземних спорудах, надійне закріплення його на підмурівку, встановлення спеціальних кожухів або ковпаків.
3. Прокладання комунально-енергетичних і технологічних мереж під землею.
4. Створення резервних запасів палива, сировини, обладнання, контрольно-вимірювальної апаратури.
5. Збільшення відстані до безпечної, між промисловим і вибухонебезпечним об'єктами;

6. Зменшення кількості вибухонебезпечних речовин в сховищах.

Слід мати на увазі, що доцільність і черговість здійснення цих заходів повинна відповідати принципу: максимальна ефективність при мінімальних затратах спеціальних засобів.

Додаток 1

**НАДЛИШКОВИЙ ТИСК УДАРНОЇ ХВИЛІ ПРИ РІЗНИХ
ПОТУЖНОСТЯХ ЯДЕРНОГО БОЄЗАПАСУ
І ВІДСТАНІ ДО ЦЕНТРУ ВИБУХУ**

Надлишковий тиск ΔP , кПа	Потужність боєзапасу, кт							
	1	2	3	5	10	20	30	50
	Відстань від центру (епіцентру) вибуху, км,							
2000	0,05	0,07	0,08	0,09	0,11	0,15	0,17	0,20
	0,07	0,10	0,11	0,13	0,17	0,21	0,24	0,28
1000	0,07	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,21	0,25
	0,10	0,13	0,14	0,17	0,22	0,27	0,31	0,37
500	0,09	0,11	0,13	0,15	0,18	0,24	0,27	0,32
	0,13	0,17	0,19	0,23	0,29	0,37	0,42	0,50
250	0,13	0,16	0,18	0,22	0,27	0,35	0,40	0,47
	0,18	0,23	0,26	0,31	0,39	0,49	0,56	0,65
200	0,15	0,18	0,21	0,28	0,32	0,40	0,46	0,54
	0,20	0,25	0,29	0,34	0,43	0,54	0,62	0,75
150	0,17	0,21	0,24	0,28	0,36	0,45	0,52	0,61
	0,23	0,29	0,33	0,29	0,49	0,62	0,70	0,84
100	0,21	0,27	0,31	0,37	0,46	0,60	0,70	0,80
	0,27	0,35	0,40	0,47	0,59	0,70	0,80	1,00
90	0,23	0,28	0,32	0,41	0,50	0,70	0,80	0,90
	0,28	0,36	0,42	0,50	0,64	0,80	0,90	1,10
80	0,26	0,31	0,36	0,45	0,55	0,80	0,90	1,00
	0,30	0,40	0,44	0,54	0,69	0,90	1,00	1,20
70	0,29	0,34	0,41	0,50	0,61	0,85	0,93	1,10
	0,33	0,44	0,48	0,58	0,74	0,97	1,05	1,25
60	0,32	0,38	0,47	0,55	0,67	0,90	1,00	1,20
	0,36	0,49	0,52	0,63	0,80	1,00	1,10	1,30
50	0,36	0,45	0,52	0,61	0,77	1,00	1,10	1,30
	0,40	0,50	0,57	0,68	0,85	1,10	1,20	1,40
40	0,46	0,57	0,65	0,77	0,96	1,10	1,20	1,40
	0,47	0,59	0,68	0,80	1,00	1,20	1,30	1,50
30	0,54	0,68	0,78	0,92	1,15	1,50	1,35	2,00
	0,54	0,68	0,78	0,92	1,15	1,50	1,35	2,00
20	0,75	0,95	1,10	1,30	1,60	2,00	2,23	2,70
	0,69	0,87	1,00	1,20	1,50	1,90	2,13	2,60
15	0,95	1,20	1,35	1,60	2,00	2,60	3,00	3,50
	0,84	1,05	1,20	1,45	1,80	2,30	2,60	3,10
10	1,40	1,74	2,00	2,40	3,00	3,20	3,65	4,50
	1,10	1,40	1,60	1,90	2,40	3,00	3,30	4,20

Додаток 1 (закінчення)

Надлишковий тиск ΔP , кПа	Потужність боєзапасу, кт							
	50	100	200	300	500	1000	2000	5000
	Відстань від центру (епіцентру) вибуху, км							
2000	0,20	0,23	0,32	0,36	0,43	0,50	0,65	0,85
	0,28	0,36	0,45	0,52	0,61	0,77	1,00	1,30
1000	0,25	0,32	0,40	0,46	0,54	0,70	0,90	1,30
	0,37	0,46	0,58	0,67	0,79	1,00	1,30	1,80
500	0,32	0,40	0,51	0,58	0,69	0,90	1,20	2,00
	0,50	0,62	0,79	0,90	1,05	1,35	1,70	2,90
250	0,47	0,59	0,74	0,85	1,00	1,30	1,50	2,50
	0,65	0,83	1,05	1,20	1,45	1,80	2,10	3,40
200	0,54	0,68	0,86	0,98	1,15	1,50	1,80	3,10
	0,75	0,92	1,15	1,35	1,60	2,00	2,50	4,00
150	0,61	0,77	0,97	1,10	1,30	1,70	2,20	3,70
	0,84	1,05	1,35	1,50	1,80	2,30	2,90	4,70
100	0,80	1,00	1,20	1,37	1,70	2,40	2,70	4,20
	1,00	1,20	1,50	1,70	2,10	3,00	3,40	5,00
90	0,90	1,20	1,40	1,57	1,90	2,70	3,00	4,40
	1,00	1,30	1,60	1,83	2,30	3,40	3,70	5,40
80	1,00	1,30	1,50	1,67	2,00	3,00	3,30	5,00
	1,20	1,40	1,70	1,93	2,40	3,50	3,90	5,70
70	1,10	1,40	1,60	1,85	2,30	3,30	3,60	5,60
	1,25	1,50	1,80	2,10	2,60	3,60	4,20	6,20
60	1,20	1,62	1,80	2,07	2,60	3,60	4,20	6,60
	1,30	1,70	2,00	2,30	2,80	4,00	4,60	6,80
50	1,30	1,76	1,90	2,27	3,00	4,30	4,60	7,60
	1,40	1,90	2,20	2,55	3,20	4,50	5,10	7,80
40	1,40	2,25	2,50	2,80	3,40	5,00	6,80	9,20
	1,50	2,47	2,60	2,93	3,60	5,50	7,00	9,30
30	2,00	2,44	2,90	3,35	4,20	7,50	9,50	13,0
	2,30	2,54	3,00	3,60	4,40	7,00	8,80	12,0
20	2,70	3,75	4,40	4,95	6,00	9,50	13,0	14,6
	2,60	3,69	3,80	4,40	5,50	8,40	10,7	14,3
15	3,50	3,95	5,50	6,35	7,55	14,3	18,0	24,0
	3,10	3,84	4,90	5,65	6,70	11,2	14,2	19,5
10	4,50	5,40	7,90	9,10	11,5	13,2	23,2	26,0
	4,20	5,10	6,40	7,30	9,00	10,4	13,0	13,3

Примітка: чисельник – для повітряного вибуху; знаменник – для наземного вибуху

**СТУПЕНІ РУЙНУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТА В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД НАДЛИШКОВОГО
ТИСКУ УДАРНОЇ ХВИЛІ ΔP_{Φ} , кПа**

№ П/П	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
1. Виробничі, адміністративні будівлі та споруди					
1.	Масивні промислові споруди з металевим каркасом і крановим обладнанням вантажопідйомністю 25...50 т	20...30	30...40	40...50	50...70
2.	Теж саме, з крановим обладнанням вантажопідйомністю 60...100т	20...40	40...50	50...60	60...80
3.	Бетонні та залізобетонні будинки та споруди антисейсмічної конструкції	25...35	80...120	150...200	200
4.	Споруди з легким металевим каркасом і без каркасні конструкції	10...20	20...30	30...50	50...70
5.	Промислові будівлі з металевим каркасом і бетонним заповненням з площею засклення біля 30%	10...20	20...30	30...40	40...50
6.	Промислові будівлі з металевим каркасом і суцільним крихким заповненням стін та даху	10...20	20...30	30...40	40...50
7.	Багато поверхові і залізобетонні споруди з великою площею засклення	8...20	20...40	40...90	90...100
8.	Споруди зі збірного залізобетону	10...20	20...30	-	30...60
9.	Одноповерхові споруди з металевим каркасом і стіновим заповненням з хвилевої сталі	5...7	7...10	10...15	15
10.	Теж саме, з дахом і стіновим заповненням з хвилевої сталі	7...10	10...15	15...25	25...30

Додаток 2 (продовження)

№ П/П	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
11.	Цегляні безкаркасні виробничо-допоміжні споруди з перекриттям (покриттям) з залізобетонних збірних елементів одно- і багатоповерхові	10...20	20...35	35...45	45...60
12.	Теж саме, з перекриттям (покриттям) з дерев'яних елементів одно- і багатоповерхові	8...15	15...25	25...35	35
13.	Споруди фідерної або трансформаторної підстанції з цегли або блоків	10...20	20...40	40...60	60...80
14.	Складські цегляні будівлі	10...20	20...30	30...40	40...50
15.	Легкі склади-намети з металевим каркасом і шиферною покрівлею	10...25	25...35	35...50	50
16.	Склади-намети з залізобетонних елементів	20...35	35...70	80...100	100
17.	Адміністративні багатоповерхові будівлі з металевим або залізобетонним каркасом	20...30	30...40	40...50	50...60
18.	Цегляні малоповерхові будівлі (один- два поверхи)	8...15	15...25	25...35	35...45
19.	Цегляні багатоповерхові будівлі (три поверхи та більше)	8...12	12...20	20...30	30...40
20.	Дерев'яні будівлі	6...8	8...12	12...30	20...30
21.	Доменні печі	20	40	80	100
22.	Споруди ГЕС	50...100	100...2000	200...300	300
23.	Затвори гребель	20...70	70...100	100	-
24.	Звичайні засклені будівлі	0,5...1	1...1,5	1,5...3	-
25.	Засклені будівлі з армованого скла	1...1,5	1,5...2	2...5	-

Додаток 2 (продовження)

№ П/П	1. Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
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...12	-	15...25	-
4.	Крани та кранове обладнання	20...30	30...50	50...70	70
5.	Підйомно-транспортне обладнання	20	50...60	60...80	80
6.	Ковальсько-пресове обладнання	50	100...110	150...200	-
7.	Стрічкові конвеєри в галереї на залізобетонні естакаді	5...6	6...10	10...20	20...40
8.	Ковшові потоки в галереї на залізобетонні естакаді	8...10	10...20	20...30	30...50
9.	Гнучкі шланги для транспортування сипучих матеріалів	7...15	15...25	25...35	35...45
10.	Електродвигуни потужністю 2 кВт, відкриті	20...40	40...50	-	50...80
11.	Теж саме, герметичні	30...50	50...70	-	80-100
12.	Електродвигуни потужністю від 2 до 10 кВт, відкриті	30...50	50...70	-	80...90
13.	Теж саме, герметичні	40...60	60...75	-	75...100
14.	Електродвигуни потужністю 10 кВт і більше, відкриті	50...60	60...80	-	80...120
15.	Теж саме, герметичні	60...70	70...80	-	80...120
16.	Трансформатори від 100 до 1000 кВ	20...30	30...50	50...60	69
17.	Трансформатори блочні	30...40	50...60	-	-
18.	Генератори на 100-300 кВт	30...40	50...60	-	-
19.	Відкриті розподільні пристрої	15...25	25...35	-	-
20.	Масляні вимикачі	10...20	20...30	-	-

Додаток 2 (продовження)

№ П/П	1. Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
21.	Контрольно-вимірювальна апаратура	5...10	10...20	20...30	30
22.	Магнітні пускачі	20...30	30...40	40...60	-
23.	Електролампи в плафони	-	-	-	10...20
24.	Електролампи відкриті	-	-	-	5...7
25.	Стелажі	10...25	25...35	35...50	50...70
3. Комунально-енергетичні мережі та споруди					
1.	Газгольдери та наземні резервуари для ГЗМ та хімічних речовин	15...20	20...30	30...40	40
2.	Підземні металеві та залізобетонні резервуари	20...50	50...100	100...200	200
3.	Частково заглиблені резервуари	40...50	50...80	80...100	100
4.	Наземні металеві резервуари та ємності	30...50	40...70	70...90	90
5.	Дерев'яні заглиблені сховища стійчатої конструкції	20...40	40...60	60...100	100
6.	Відкрито розташоване обладнання артезіанських свердловин	70...110	110...130	130...170	170
7.	Водонапірні башти	10...20	20...40	40...60	60
8.	Котельні, регуляторні станції та інші споруди в цегляних будівлях	7...13	13...25	25...35	35...45
9.	Металеві вишки суцільної конструкції	20...30	30...50	50...70	70
10.	Трансформаторні підстанції закритого типу	30...40	40...60	60...70	70...80
11.	Теплові електростанції	10...15	15...20	20...25	25...40

Додаток 2 (продовження)

№ П/П	1. Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
12.	Розподільні пристрої та допоміжні споруди електростанцій	30...40	40...60	69...80	120
13.	Кабельні підземні мережі	200...300	300...600	600...1000	1500
14.	Кабельні наземні мережі	10...30	30...50	50...60	60
15.	Повітряні мережі високої напруги	25...30	30...50	50...70	70
16.	Повітряні мережі низької напруги	20...60	60...100	100...160	160
17.	Повітряні мережі низької напруги на дерев'яних опорах	20...40	40...60	60...100	100
18.	Силові мережі електрифікованих залізничних шляхів	30...50	50...70	70...120	120
19.	Підземні сталеві зварні трубопроводи діаметром до 350 мм	600...1000	1000...1500	1500...2000	2000
20.	Таж саме, діаметром більше 350 мм	200...350	350...600	600...1000	1000
21.	Підземні чавунні та керамічні трубопроводи на розтрубах, азбестоцементні на муфтах	200...600	600...1000	1000...2000	2000
22.	Трубопроводи, що заглиблені на 20 см	150...200	250...350	500	-
23.	Трубопроводи наземні	20	50	130	-
24.	Трубопроводи на металевих або залізобетонних естакадах	20...30	30...40	40...50	-
25.	Оглядові колодязі та засувки на мережах комунального господарства	200...400	400...600	600...1000	1000
26.	Мережі комунального господарства (водопровід, каналізація, газопровід) заглиблені	100...200	400...1000	1000...1500	1500
27.	Споруди комунального господарства без огорожуючих конструкцій	50...150	150...250	250...350	300

Додаток 2 (продовження)

№ П/П	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
4. Засоби зв'язку					
1.	Радіорелейні лінії та стаціонарні повітряні лінії зв'язку	30...50	50...70	70...120	120
2.	Повітряні лінії телефонно-телеграфного зв'язку	20...40	40...60	60...100	100
3.	Повітряні лінії зв'язку на жердинах	20...30	30...60	60...100	100
4.	Кабельні наземні лінії зв'язку	10...30	30...50	50...60	60
5.	Кабельні підземні лінії зв'язку	20...30	-	50...100	>100
6.	Телефонно-телеграфна апаратура поза укриттями	10...30	30...50	50...60	60
7.	Антенне обладнання	10...30	20...30	30...40	40
8.	Переносні радіостанції	-	60...70	70...110	110
5. Захисні споруди					
1.	Окремі стоячі сховища, які розраховані на надлишковий тиск ударної хвилі 500 кПа	500...600	600...700	700...900	900
2.	Окремо стоячі та вбудовані сховища, які розраховані на 300 кПа	300...400	400...550	550...650	650
3.	Теж саме, 200 кПа	200...300	300...370	370...450	450
4.	Теж саме, 100 кПа	100...140	140...180	180...220	220
5.	Теж саме, 50 кПа	50...70	70...90	90...110	110
6.	Протирадіаційне укриття, яке розраховане на 30 кПа	30...40	40...60	60...90	90
7.	Підвали без підсилення несучих конструкцій	20...30	30...60	60...80	80
8.	Входи в укриття з одежею крутості	30...40	40...80	80...120	120
9.	Входи в укриття без одежі крутості	30...40	40...60	60...80	80

№ П/П	Елементи об'єкту	Ступінь руйнувань			
		Слабкі	Середні	Сильні	Повні
6. Транспортні засоби, будівельна техніка, мости, греблі, аеродроми					
1.	Вантажні автомобілі та автоцистерни	20...30	30...55	55...65	90...130
2.	Легкові автомобілі	10...20	20...30	30...50	50
3.	Автобуси та спеціальні автомашини з кузовами автобусного типу	15...20	20...45	45...55	60...80
4.	Гусеничні тягачі та трактори	30...40	40...80	80...100	110...130
5.	Шосейні дороги з асфальтованим і бетонним покриттям	120...300	300...1000	1000...2000	2000...4000
6.	Залізничні шляхи	100...150	150...200	200...300	300...500
7.	Рухомий залізничний состав	30...40	40...80	80...100	100...200
8.	Землеріючі дорожньо-будівельні машини	50...110	110...140	170...250	-
9.	Металеві мости з довжиною прольоту 30-40 м	50...100	100...150	150...200	200...300
10.	Теж саме, з прольотом 100 м і більше	40...80	80...100	100...150	150...200
11.	Мости залізні з прольотами 20 м	50...60	60...110	110...130	200...300
12.	Теж саме, з прольотами до 10 м	50...100	100...350	350...380	380...400
13.	Дерев'яні мости	40...60	60...110	110...130	200...250
14.	Бетонні греблі	1000...2000	2000...5000	5000	10000
15.	Земляні греблі шириною 80-100 м	150...700	700...1000	1000	>1000
16.	Злітно-посадочні смуги	300...400	400...1500	1500...2000	2000...4000
17.	Транспортні літаки на стоянці	7...8	8...10	10...15	15
18.	Вертольоти на стоянці	3...5	8...10	10...20	-
19.	Торгівельні судна	80...100	100...130	130...180	-

