

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до проведення практичних занять

із навчальної дисципліни

**«ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

Методичні рекомендації до проведення практичних занять із навчальної дисципліни «Ідентифікація та паспортизація об'єктів підвищеної небезпеки» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Е. Абракітов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 41 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. В. Е. Абракітов

Рецензент

М. О. Мороз, доцент, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності, протокол № 1 від 16.08.2024.

ЗМІСТ

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ.....	5
1.1 Уява про радіаційно-небезпечні об'єкти.....	5
1.2 Порядок розрахунків за оцінювання радіаційної обстановки під час аварії на АЕС	8
1.3 Приклад виконання розрахунків	11
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 РОЗРАХУНОК ВІДНОСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ІЗ ПОРШНЕВИМИ КОМПРЕСОРАМИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ГАЗАХ.....	13
2.1 Уява про оцінювання енергетичного рівня блоків технологічного обладнання	13
2.2 Завдання до практичного заняття 2	13
2.3 Порядок виконання завдання	14
2.4 Приклад виконання завдання	15
2.5 Таблиці, необхідні для проведення розрахунків	17
2.6 Варіанти завдань	18
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ У РАЗІ ВИБУХІВ ТВЕРДИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ	19
3.1 Види зон руйнувань у разі вибухів твердих вибухових речовин на потенційно небезпечних об'єктах	19
3.2 Завдання до практичного заняття 3	20
3.3 Порядок виконання завдання	20
3.4 Приклад виконання розрахунків	23
3.5 Таблиці, необхідні для проведення розрахунків	24
3.6 Варіанти завдань	26
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ ПІД ЧАС ДЕТОНАЦІЙНИХ ВИБУХІВ ГАЗОПАРОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ.....	27
4.1 Уява про безпеку газопароповітряної суміші	27
4.2 Оцінка безпеки детонаційного вибуху ГПС	27
4.2.1 Завдання.....	28
4.2.2 Порядок виконання завдання	28
4.2.3 Приклад виконання завдання	29
4.3 Оцінка безпеки дефлаграційного вибуху ГПС	30

4.3.1 Завдання.....	30
4.3.2 Порядок виконання завдання.....	30
4.3.3 Приклад виконання завдання.....	32
4.4 Таблиці та рисунки, необхідні для проведення розрахунків	33
4.5 Варіанти завдань	35
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ОБ'ЄКТАХ	37
5.1 Уява про оцінку пожежної обстановки	37
5.2 Приклад виконання розрахунків	37
5.2.1 Вихідні дані до практичного заняття	37
5.2.2 Порядок виконання завдання.....	38
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	40

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 ОЦІНКА РАДІАЦІЙНОЇ ОБСТАНОВКИ

1.1 Уява про радіаційно-небезпечні об'єкти

Серед потенційно небезпечних виробництв особливе місце займають радіаційно-небезпечні об'єкти (далі – РНО). До типових РНО належать атомні електростанції (АЕС), виробництво ядерного палива, переробка відпрацьованого ядерного палива, сховища радіоактивних відходів, науково-дослідні та проектні інститути, що працюють з ядерними реакторами та ядерними енергетичними установками на транспорті.

Радіаційна аварія – це аварія, за якої відбувається вихід радіоактивних матеріалів (радіонуклідів) або іонізуючого випромінювання в кількостях, що перевищують межі, встановлені для безпечної експлуатації радіаційно небезпечного об'єкта, за межі, не передбачені його проектом для нормальної експлуатації.

Існує два типи радіаційних аварій на РНО:

- коли радіонукліди потрапляють у навколишнє середовище в результаті аварії або теплового вибуху та руйнування сховища;
- коли аварія є наслідком вибухової ядерної реакції. У цьому випадку забруднення навколишнього середовища буде подібним до ядерного вибуху на землі.

Найнебезпечнішим типом аварій РНС є аварія на атомній електростанції. Якщо аварія відбувається на атомній електростанції, характер і ступінь радіоактивного забруднення місцевості залежить від типу вибуху (тепловий або ядерний), типу реактора, ступеня руйнувань, погодних умов і рельєфу місцевості. Теплові реактори використовують як паливо злегка збагачений природний уран-235. Їх можна розділити на водо-водяні реактори (ВВЕР-600 і ВВЕР-1000), де вода слугує і теплоносієм, і сповільнювачем, і потужні проточні реактори (РБМК-1000 і РБМК-1500), у яких як сповільнювач використовується графіт, а вода циркулює в каналах через активну зону реактора.

Для характеристики радіоактивного забруднення використовується ступінь забруднення (щільність). Ступінь забруднення характеризується поверхневою щільністю радіонуклідів, яка вимірюється радіоактивністю радіонуклідів на одиницю площі (об'єму). Основною дозиметричною величиною, що використовується для оцінки впливу радіації, є доза випромінювання – кількість енергії, поглинутої в одиниці маси опромінюваного середовища.

Доза визначається тільки для повітря для гамма- та рентгенівського випромінювання. Для речовин визначають поглинену дозу. Еквівалентна доза – це величина дози, яка використовується для оцінки шкоди, завданої організму людини іонізуючим випромінюванням будь-якого складу. Вона дорівнює добутку поглиненої дози на лінійний коефіцієнт якості. Для гамма- і бета-випромінювання він дорівнює 1, а для альфа-випромінювання – 20 (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Одиниці вимірювання радіоактивного забруднення

Дозиметричні величини	Одиниці вимірювання		Переведення одиниць
	СІ	несистемні	
Активність	Бекерель (Бк) (1 розпад ядра атома)	Кюрі (Ки)	1 Ки = $3,7 \times 10^{10}$ Бк
Ступінь забруднення	Бк/м ²	Ки/м ²	1 Ки/м ² = $3,7 \times 10^{10}$ Бк/м ²
Експозиційна доза	1 кулон електричних зарядів у 1 кг повітря Кл/кг	Рентген (Р) доза, що створює на 1 см ² повітря $2,1 \times 10^9$ пар іонів	1 Кл/кг = 3 876 Р 1 Р = $2,58 \times 10^{-4}$ Кл/кг
Поглинута доза	Грей (гр) 1 кг речовини поглинає енергію в 1 дж	Рад	1 Гр = дж/кг 1 Гр = 100 рад
Еквівалентна	Зіверт (Зв)	Бер	1 Зв = 100 бер
Потужність дози		Рентген на годину (Р/год)	

Території, що зазнали радіологічного забруднення внаслідок радіаційної аварії, залежно від щільності радіонуклідного забруднення умовно поділяються на зони відчуження, зони безумовного (обов'язкового) відселення, зони гарантованого (добровільного) відселення та зони посиленого радіаційно-екологічного контролю (табл. 1.2).

Зони забруднення за рівнями радіації поділяються на такі зони: надзвичайно небезпечного забруднення (зона Д), небезпечно забруднена (зона Б), сильно забруднена (зона В), помірно забруднена (зона А) та зони радіаційної небезпеки (зона М).

Під час ліквідації наслідків у зоні М та інших зонах необхідно здійснювати такі основні захисні заходи: радіаційний та дозиметричний контроль, захист органів дихання, профілактичне вживання препаратів йоду, гігієнічна обробка людей, дезактивація одягу та обладнання. У зоні А під час виконання рятувальних та інших робіт переміщення людей повинно здійснюватися на броньованій техніці. У зонах В, С і Д роботи в принципі не повинні проводитися в мирний час.

У разі ядерного вибуху або аварії із застосуванням ядерної зброї характеристики зон радіаційного забруднення місцевості наведені в таблиці 1.3.

Радіоактивні продукти, які визначають радіологічну обстановку в районі радіаційної аварії, мають значний вплив на діяльність формувань, умови життя і праці населення та проведення аварійно-рятувальних робіт.

Виявлення радіологічної обстановки полягає у визначенні масштабів і ступеня радіоактивного забруднення місцевості та атмосфери за допомогою методів прогнозування і фактичних даних (інформаційних даних) з метою визначення впливу на життєдіяльність населення і роботу об'єкта господарювання та обґрунтування найбільш доцільного режиму діяльності

робітників і службовців об'єкта господарювання.

Таблиця 1.2 – Характеристика зон радіоактивного забруднення місцевості під час аварій на РНО за щільністю забруднення радіонуклідами

Зона забруднення	Ступінь (щільність) забруднення ґрунту довгоживучими радіонуклідами (поверх доаварійного рівня)			Ефективна доза опромінення населення в рік із урахуванням коефіцієнта міграції радіонуклідів у рослині
	Цезію Cs	Стронцію Sr	Плутонію Рн	
Зона відчуження – це територія, з якої проводиться евакуація населення негайно після аварії і на ній не здійснюється господарська діяльність				
Зона безумовного відселення	> 15,0 Ки/км ²	> 3,0 Ки/км ²	> 0,1 Ки/км ²	> 5,0м Зв (0,5 Бер)
Зона гарантованого відселення	5,0–15,0 Ки/м ²	0,15–3,0 Ки/м ²	0,01–0,1 Ки/м ²	> 0,5 м Зв (0.05 Бер)
Зона підвищеного радіоекологічного контролю	1,0–5,0 Ки/м ²	0,02–0,15 Ки/м ²	0,005–0,01 Ки/м ²	< 0,5 м Зв (0,05 Бер)

Таблиця 1.3 – Характеристика зон радіоактивного забруднення місцевості при ядерних вибухах

Найменування зон	Індекс зон	Доза опромінення за час опромінення до повного розпаду РР (Рад)		Потужність зони опромінення на зовнішній границі зони, Рад/год.	
		На зовнішній границі зони	На внутрішній границі зони	через 1 годину після вибуху	через 10 годин після вибуху
Помірного забруднення	А	40	400	8	0,5
Сильного забруднення	Б	400	1 200	80	5
Небезпечного забруднення	В	1 200	4 000	240	15
Надзвичайно небезпечного забруднення	Г	4 000	–	800	50

Попереднє прогнозування радіаційної обстановки здійснюється шляхом вирішення формалізованих завдань з метою передбачення можливих наслідків аварії для населення, можливої поведінки працівників та оптимізації режиму роботи працівників і підприємств на забрудненій території.

При прогнозуванні очікуваної радіаційної обстановки вирішується кілька завдань, серед яких:

- визначення зон радіаційного забруднення та нанесення їх на карту

(схему); визначення часу початку випадіння радіаційних опадів на території об'єкта;

– визначення доз опромінення, що може одержати людина на зараженій території;

– визначення тривалості перебування на забрудненій території;

– визначення можливих санітарних втрат при радіаційній аварії.

Вихідними даними для проведення такого прогнозу є:

– тип і потужність ядерного реактора (РБМК-1000, ВВЕР-1000);

– кількість аварійних ядерних реакторів – n ;

– частка викинутих радіоактивних речовин (РР) – h (%);

– координати РНО;

– астрономічний час аварії – $T_{ав}$;

– метеоумови;

– відстань від об'єкта до аварійного реактора – R_k (км);

– час початку роботи робітників і службовців об'єкта – $T_{поч}$ (ГОД);

– тривалість дій (роботи) – $T_{роб}$ (ГОД);

– коефіцієнт послаблення потужності дози випромінювання – $K_{послб}$.

1.2 Порядок розрахунків за оцінювання радіаційної обстановки під час аварії на АЕС

1. Визначення розмірів зон радіоактивного зараження. Для цього:

– визначаємо категорію стійкості атмосфери за таблицею 1.4;

– визначаємо швидкість переносу хмари за таблицею 1.5.

Таблиця 1.4 – Категорія стійкості атмосфери

Швидкість (V_{10}) вітру на висоті 10 м, м/с	Час доби				
	день			ніч	
	наявність хмарності				
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	суцільна
$V_{10} < 2$	Конвекція	Конвекція	Конвекція	Конвекція	Конвекція
$2 < V_{10} < 3$	Конвекція	Конвекція	Ізотермія	Інверсія	Інверсія
$3 < V_{10} < 5$	Конвекція	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Інверсія
$5 < V_{10} < 6$	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія
$V_{10} >$	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія	Ізотермія

Таблиця 1.5 – Швидкість (м/с) переносу переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Стан атмосфери	Швидкість вітру на висоті 10 м, м/с					
	< 2	2	3	4	5	> 6
Конвекція	2	2	5	–	–	–
Ізотермія	–	–	5	5	5	10
Інверсія	–	5	10	10	–	–

– визначаємо розміри прогнозованих зон забруднення і наносимо їх в масштабі карти (схеми) у вигляді правильних еліпсів.

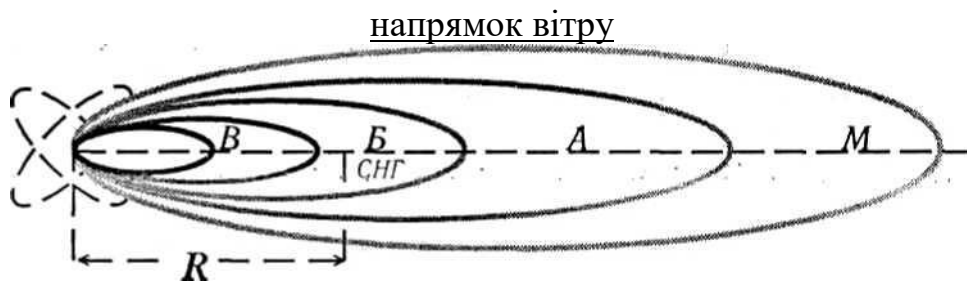


Рисунок 1.1 – Вигляд прогнозованих зон забруднення місцевості

– виходячи із заданої відстані об'єкта від аварійного реактора і враховуючи утворені зони забруднення, визначаємо зону забруднення, у яку потрапив об'єкт.

2. Визначення часу початку формування сліду радіоактивного забруднення після аварії на АЕС (час початку випадання радіоактивних опадів на території об'єкта) здійснюємо за таблицею 1.6.

3. Визначаємо дозу опромінення, яку отримають робітники і службовці об'єкта (особовий склад формувань). Для цього користуємося таблицями.

Дози опромінення, які отримають робітники і службовці об'єкта, визначаємо за формулою:

$$D_{опр} = \frac{D_{відкр}}{K_{посл} \cdot K_3}, \text{ бер}, \quad (1.1)$$

де $D_{відкр}$ – доза при відкритому розташуванні; $K_{посл}$ – коефіцієнт послаблення радіації; K_3 – коефіцієнт, що враховує відхилення місця розташування від середини зони (див. нижче).

4. Визначення тривалості роботи робітників в умовах радіаційного забруднення робимо за таблицею 1.6, знаючи час початку опромінення та задану дозу опромінення.

5. Знаючи дозу та необхідну тривалість проведення робіт, визначаємо початок роботи формувань на забрудненій території.

Таблиця 1.6 – Час початку формування сліду після аварії на РНО, год

Відстань від АЕС, км	Категорія стійкості атмосфери				
	Конвекція	Ізотермія		Інверсія	
	середня швидкість переносу хмари, м/с				
	2	5	10	5	10
1	2	3	4	5	6
5	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1
10	1,0	0,5	0,3	0,5	0,3
20	2,0	1,0	0,5	1,0	0,5
30	3,0	1,5	0,8	1,5	0,3
40	4,0	2	1	2	1
50	6,0	2,5	1,2	2,5	1,3
60	6,5	3	1,5	3	1,5
70	7,5	4	2	4	2
80	8,0	4	2	4	2
90	8,5	4,5	2,2	4,5	2,5
100	9,5	5	2,5	5	3
150	14	7,5	3,5	8	4
200	19	10	5	10	5
250	23	12	6	13	6,5
300	28	15	6,5	16	8
350	32	17	9	18	9
400	37	19	10	21	11
450	41	22	11	23	12
500	46	24	12	28	13
600	53	29	15	31	16
700	61	34	17	36	18
800	72	38	20	41	20
900	82	43	22	46	23
1 000	89	48	24	50	26

1.3 Приклад виконання розрахунків

Вихідні дані:

- тип і потужність ядерного реактора – ВВЕР-1000;
- кількість аварійних реакторів $n = 1$;
- частка викинутих РР із реактора $h = 50 \%$;
- відстань від об'єкта до аварійного реактора $R = 24$ км;
- час аварії реактора $T_{ав} = 10.00$;
- безперервність роботи на об'єкті $T_{раб} = 12$ год;
- допустима доза опромінення $D_{ест} = 5$ бер;
- коефіцієнт послаблення радіації виробничих приміщень $K_{посл} = 6$;
- швидкість вітру на висоті 10 м $V_{10} = 4$ м/с;
- напрямок вітру – в напрямку об'єкта;
- хмарність – середня.

Необхідно: Оцінити обстановку, що може скластися на об'єкті та можливості проведення аварійних робіт тривалістю 1 година.

Розв'язання

1. За таблицею 1.4 визначаємо категорію стійкості атмосфери, що відповідає погоднім умовам та часу доби. За умовою: хмарність середня, день, швидкість приземного вітру $V_{10} = 4$ м/с. Згідно з таблицею категорія стійкості – ізотермія.

2. За таблицею 1.5 визначаємо середню швидкість переносу ($V_{ср}$) радіоактивної хмари. Згідно з таблицею для ізотермії і швидкості вітру на висоті 10 м ($V_{10} = 4$ м/с) середня швидкість переносу хмари становить $V_{ср} = 5$ м/с.

3. Для ізотермії та швидкості переносу хмари 5 м/с, а також заданого типу ядерного реактора (РБМК-1000) і частці викинутих РР ($h = 50 \%$) визначаємо розміри прогнозованих зон забруднення місцевості, потім наносимо їх у масштабі на карту (схему). Враховуючи відстань об'єкта ($R_x = 24$ км) до аварійного реактора, розміри утворених зон, визначаємо, що об'єкт знаходиться на внутрішній межі зони «Б».

4. За таблицею 1.6 визначаємо час початку випадання радіоактивних опадів на території об'єкта, Для $R_x = 24$ км, ізотермія, середня швидкість переносу хмари $V_{ср} = 5$ м/с, знайдемо $t = 1,2$ год.

Отже, об'єкт за 1,2 год після аварії опиниться в зоні радіоактивного забруднення:

– знаходимо дозу, яку може отримати людина у середині зони Б на відкритій місцевості за зміну (12 год) – $D_{ср} = 18,1$ рен.

Оскільки ми знаходимося на внутрішній межі зони ($K_s = 3,2$) і роботи ведуться у приміщенні з $K_{посл} = 6$, то

$$D_{opr} = D_{\phi} \cdot \frac{K_3}{K_{посл}} = \frac{18,1 \cdot 3,2}{6} = 9,6 \text{ бер.}$$

Залишаючись на об'єкті, робітники через 12 год отримають дозу опромінення 9,6 бер, що перевищує норму;

– для визначення допустимої тривалості перебування людей у цехах, необхідно провести підрахунок допустимої середньої дози за формулою:

$$D_{доп} = D_{сер.доп} \cdot \frac{K_3}{K_{посл}} \quad (1.2)$$

Звідки вираховуємо:

$$D_{доп} = D_{сер.доп} \cdot \frac{K_3}{K_{посл}} = \frac{5 \cdot 6}{3,2} = 9,4 \text{ бер.}$$

Знаходимо, що час перебування в цеху не повинен перевищувати 5 годин (опромінення почалося через 1,2 години після аварії); для визначення часу введення формувань для ведення робіт знову визначаємо $D_{сер.доп}$, аналогічно попередньому випадку:

$$D_{сер.доп} = D_{доп} \cdot \frac{K_{посл}}{K_3} = \frac{5 \cdot 1}{3,2} = 1,56 \text{ бер.}$$

Звідки випливає, що за умови проведення робіт тривалістю 1 годину на відкритій місцевості формування може почати роботу через 5 годин.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 РОЗРАХУНОК ВІДНОСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК ІЗ ПОРШНЕВИМИ КОМПРЕСОРАМИ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ НА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ І ШКІДЛИВИХ ГАЗАХ

2.1 Уява про оцінювання енергетичного рівня блоків технологічного обладнання

Проектна організація проводить оцінку енергетичного рівня кожного технологічного блока та визначає його категорію вибухонебезпеки. Також надаються висновки щодо ефективності й надійності засобів захисту та їхньої відповідності стандартам, оцінюється здатність забезпечити вибухобезпеку блока та всієї технологічної системи.

Якщо в технологічному блоці використовуються речовини I або II класу небезпеки, категорію вибухонебезпеки блока доцільно підвищити на один рівень.

Головні спеціалісти (технологи, механіки, електрики тощо) відповідних підрозділів організації, яка розробляє проєкт (для нових або реконструйованих об'єктів), або працівники підприємства (для діючих виробництв) визначають максимально допустимі рівні вибухонебезпеки технологічних блоків, враховуючи відносні значення енергетичних потенціалів, маси парогазових середовищ та, за потреби, часткові коефіцієнти небезпеки.

Компресорна установка включає сам компресор, головний і допоміжні приводи, обладнання, апаратуру, трубопроводи, систему контролю та автоматизації, що забезпечують стабільну роботу з визначеними параметрами.

Якщо в машинному залі є декілька компресорів, під час розрахунку враховується можливість аварії в трубопроводі одного з них.

Під час розрахунку енергетичного потенціалу враховується найбільша можлива витікання газу з пошкодженого трубопроводу, наприклад, у разі розриву нагнітального трубопроводу.

Проникнення газів з сусідніх технологічних блоків (цехів), до яких компресорна установка подає газ, у разі аварії в нагнітальному трубопроводі компресора не враховується завдяки встановленню зворотного клапана на трубопроводі.

2.2 Завдання до практичного заняття 2

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом (табл. 2.5) у вигляді таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Форма таблиці для запису вихідних даних

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Продуктивність компресора, $V_k, м^3 \cdot хв^{-1}$	
Абсолютний робочий тиск $P_{абс}, МПа$	
Нормальний тиск $P_0, МПа$	
Час закриття замкового органа $t, хв$	
Діаметр трубопроводу $d, м$	
Довжина ділянки від апарата або компресора до замкового органа $e, м$	
Об'єм апаратів між компресором і замковим органом, $V_a, м^3$	
Вміст компонента «водень» у газовій суміші $D(H_2), \%$	
Вміст компонента «метан» у газовій суміші $D(CH_4), \%$	
Вміст компонента «етилен» у газовій суміші $D(C_2H_4), \%$	
Вміст компонента «етан» у газовій суміші $D(C_2H_6), \%$	
Вміст компонента «пропилен» у газовій суміші $D(C_3H_6), \%$	
Вміст компонента «пропан» у газовій суміші $D(C_3H_8), \%$	
Вміст компонента «циклобутан» у газовій суміші $D(C_4H_8), \%$	
Вміст компонента «бутан» у газовій суміші $D(C_4H_{10}), \%$	
Вміст компонента «пентан» у газовій суміші $D(C_5H_{12}), \%$	
Частка приведеної маси газів, що бере участь у вибуху Z	
Температура газової суміші $T, К$	
Показник адиабати газової суміші k	
Щільність газової суміші $g, кг \cdot м^{-3}$	
Універсальна газова константа $R, кДж \cdot кг^{-1} \cdot К^{-1}$	

2. Розрахувати загальний та енергетичний потенціали вибухової небезпеки компресорної установки.

3. Визначити категорію вибухової небезпеки компресорної установки.

4. Визначити радіус зони руйнування кожного класу.

2.3 Порядок виконання завдання

1. Визначають об'єм газової суміші, що виділилася в результаті розриву технологічного трубопроводу:

$$V_z = V_k \cdot t + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot e + V_a, \text{ м}^3. \quad (2.1)$$

2. Визначають енергію адиабатичного розширення газової суміші:

$$A = \frac{1}{k-1} \cdot \left[1 - (9P_0 / P_{абс})^{(k-1)/k} \right] \cdot P_{абс} \cdot V_z, \text{ кДж}. \quad (2.2)$$

3. Визначають масу газової суміші, наявної безпосередньо в блоці:

$$G = \frac{P_{абс} \cdot V_z \cdot 293 \cdot g}{0,1 \cdot T}, \text{ кг}. \quad (2.3)$$

4. Визначають питому теплоту згоряння газової суміші:

$$q = [25,70 \cdot D(H_2) + 85,55 \cdot D(CH_4) + 141,07 \cdot D(C_2H_4) + 152,26 \cdot D(C_2H_6) + 205,41 \cdot D(C_3H_6) + 217,95 \cdot D(C_3H_8) + 271,95 \cdot D(C_4H_8) + 283,38 \cdot D(C_4H_{10}) + 348,9 \cdot D(C_5H_{12})] \cdot 4,1868 / g, \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}. \quad (2.4)$$

5. Визначають загальний енергетичний потенціал вибухової небезпеки:

$$E = A + G \cdot q, \text{ кДж}. \quad (2.5)$$

6. Визначають відносний енергетичний потенціал вибухової небезпеки:

$$Q_s = \frac{1}{16,534} \cdot E^{1/3}. \quad (2.6)$$

7. Визначають загальну масу вибухонебезпечної хмари горючої газової суміші, приведену до єдиної питомої енергії згоряння:

$$M = E / 46\,000, \text{ кг}. \quad (2.7)$$

8. За таблицею 2.3 визначають категорію вибухової небезпеки.

9. Визначають тротильовий еквівалент вибуху газової суміші:

$$W_T = 9,833 \cdot 10^{-5} \cdot q \cdot Z \cdot M, \text{ кг}. \quad (2.8)$$

10. Визначають радіус зони руйнування кожного з п'яти існуючих класів, беручи для розрахунків параметр b_i з таблиці 2.4, центром якої є найбільш імовірне місце розгерметизації системи або цей блок.

$$R_i = \begin{cases} b \cdot \frac{W_T^{1/3}}{[1 + (3180 / W_T)^2]^{1/6}}, \text{ м} \rightarrow M \leq 5\,000 \text{ т}; \\ b \cdot W_T^{1/3}, \text{ м} \rightarrow M > 5\,000 \text{ т}. \end{cases} \quad (2.9)$$

2.4 Приклад виконання завдання

Для компресорної установки необхідно визначити:

– загальний та енергетичний потенціали вибухової небезпеки компресорної установки;

– категорію вибухової небезпеки компресорної установки»;

– радіус зони руйнування 5 класу.

Вихідні дані задані таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Продуктивність компресора, $V_k, \text{м}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$	10,8
Абсолютний робочий тиск $P_{абс}, \text{МПа}$	2,6
Нормальний тиск $P_0, \text{МПа}$	0,1
Час закриття замкового органа $t, \text{хв}$	5
Діаметр трубопроводу $d, \text{м}$	0,15
Довжина ділянки від апарата або компресора до замкового органа $e, \text{м}$	15
Об'єм апаратів між компресором і замковим органом, $V_a, \text{м}^3$	0,5
Вміст компонента «водень» у газовій суміші $D(\text{H}_2), \%$	51,5
Вміст компонента «метан» у газовій суміші $D(\text{CH}_4), \%$	10
Вміст компонента «етилен» у газовій суміші $D(\text{C}_2\text{H}_4), \%$	0
Вміст компонента «етан» у газовій суміші $D(\text{C}_2\text{H}_6), \%$	13,5
Вміст компонента «пропилен» у газовій суміші $D(\text{C}_3\text{H}_6), \%$	0
Вміст компонента «пропан» у газовій суміші $D(\text{C}_3\text{H}_8), \%$	13
Вміст компонента «циклобутан» у газовій суміші $D(\text{C}_4\text{H}_8), \%$	0
Вміст компонента «бутан» у газовій суміші $D(\text{C}_4\text{H}_{10}), \%$	12
Вміст компонента «пентан» у газовій суміші $D(\text{C}_5\text{H}_{12}), \%$	0
Частка приведеної маси газів, що бере участь у вибуху Z	0,5
Температура газової суміші $T, \text{К}$	373
Показник адіабати газової суміші k	1,18
Щільність газової суміші $g, \text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$	0,86
Універсальна газова константа $R, \text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$	8,31

1. Визначаємо об'єм газової суміші, що виділилася в результаті розриву технологічного трубопроводу:

$$V_z = V_k \cdot t + \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot e + V_a = V_z = 10,8 \cdot 5 + \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} \cdot 15 + 0,5 = 54,8 \text{ м}^3.$$

2. Визначаємо енергію адіабатичного розширення газової суміші:

$$A = \frac{1}{k-1} \cdot \left[1 - (9P_0 / P_{абс})^{(k-1)/k} \right] \cdot P_{абс} \cdot V_z = \frac{1}{1,18-1} \cdot \left[1 - (1/2,6)^{(1,18-1)/1,18} \right] \cdot 2,6 \cdot 54,8 = 310 \text{ кДж}.$$

3. Визначаємо масу газової суміші, наявної безпосередньо в блоці:

$$G = \frac{P_{абс} \cdot V_z \cdot 293 \cdot g}{0,1 \cdot T} = \frac{2,6 \cdot 54,8 \cdot 293 \cdot 0,86}{0,1 \cdot 373} = 962,5 \text{ кг}.$$

4. Визначаємо питому теплоту згорання газової суміші:

$$q = [25,70 \cdot D(\text{H}_2) + 85,55 \cdot D(\text{CH}_4) + 141,07 \cdot D(\text{C}_2\text{H}_4) + 152,26 \cdot D(\text{C}_2\text{H}_6) + 205,41 \cdot D(\text{C}_3\text{H}_6) + 217,95 \cdot D(\text{C}_3\text{H}_8) + 271,95 \cdot D(\text{C}_4\text{H}_8) + 283,38 \cdot D(\text{C}_4\text{H}_{10}) + 348,9 \cdot D(\text{C}_5\text{H}_{12})] \cdot 4,1868 / g =$$

$$[25,70 \times 51,5 + 85,55 \times 10 + 141,07 \times 0 + 152,26 \times 13,5 + 205,41 \times 0 + 217,95 \times 13 + 271,95 \times 0 + 283,38 \times 12 + 348,9 \times 0] \times 4,1868 / 0,86 = 50\,978 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1}.$$

5. Визначаємо загальний енергетичний потенціал вибухової небезпеки:

$$E = A + G \cdot q = 310 + 962,5 \times 50\,987 = 49\,075\,298 \text{ кДж}.$$

6. Визначаємо відносний енергетичний потенціал вибухової небезпеки:

$$Q_s = \frac{1}{16,534} \cdot E^{1/3} = \frac{1}{16,534} \cdot 49075298^{1/3} = 22.$$

7. Визначаємо загальну масу вибухонебезпечної хмари горючої газової суміші, приведену до єдиної питомої енергії згорання:

$$M = E / 46\,000 = 49\,075\,298 / 46\,000 = 1\,066,9 \text{ кг}.$$

8. За таблицею 2.3 визначаємо, що наша компресорна установка належить до III категорії вибухової небезпеки

9. Визначаємо тротиловий еквівалент вибуху газової суміші:

$$W_T = 9,833 \cdot 10^{-5} \cdot q \cdot Z \cdot M = 9,833 \cdot 10^{-5} \cdot 50987 \cdot 0,5 \cdot 1066,9 = 2674,5 \text{ кг}.$$

10. Визначаємо радіус зони руйнування п'ятого класу, беручи для розрахунків параметр b_5 з таблиці 1.4:

$$R_5 = b \cdot \frac{W_T^{1/3}}{[1 + (3180 / W_T)^2]^{1/6}} = 56 \cdot \frac{2\,674,5^{1/3}}{[1 + (3180 / 2\,674,5)^2]^{1/6}} = 669,4 \text{ м}.$$

2.5 Таблиці, необхідні для проведення розрахунків

Таблиця 2.3 – Категорії вибухової небезпеки компресорних установок

Категорія вибухової небезпеки	Q_s	M , кг
I	> 37	> 5 000
II	27–37	2 000–5 000
III	< 27	< 2 000

Таблиця 2.4 – Класи зон руйнувань

Клас зони	b_i	P_i , кПа	Можливі пошкодження
1	3,8	> 100	Сильне пошкодження всіх будівель
2	5,6	70	Середнє пошкодження будівель з масовим обрушенням
3	9,6	28	Середнє пошкодження промислових будівель
4	28	14	Легке пошкодження фабричних труб
5	56	< 2,0	Часткове руйнування застакнення

2.6 Варіанти завдань

Під час проведення розрахунків однаковими для всіх варіантів є такі параметри $P_0 = 0,1 \text{ МПа}$; $T = 373 \text{ К}$; $k = 1,18$; $R = 8,31 \text{ кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; $Z = 0,5$; $g = 0,86 \text{ кг} \cdot \text{нм}^{-3}$.

До складу газової суміші належать лише ті компоненти, які задані у таблиці 2.5, для решти їхній вміст складає 0 %.

Таблиця 2.5 – Варіанти завдань

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$V_k, \text{ м}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$	10,8	10,7	10,6	10,5	10,4	10,8	10,7	10,6	10,5	10,4
$P_{абс}, \text{ МПа}$	2,6	2,5	2,55	2,65	2,6	2,5	2,55	2,65	2,55	2,65
$t, \text{ хв}$	5	2	1	5	2	1	5	2	1	5
$d, \text{ м}$	0,12	0,13	0,15	0,12	0,13	0,15	0,12	0,13	0,15	0,15
$e, \text{ м}$	12	13	14	15	16	17	14	15	16	17
$V_a, \text{ м}^3$	0,51	0,52	0,53	0,51	0,52	0,53	0,51	0,52	0,53	0,53
$D(\text{H}_2), \%$	51,5	49,5	49,5	49,5	49,5	50	50,5	49	49,5	51
$D(\text{CH}_4), \%$	10	11	13	11,5	11,5	12,5	11,5	11,5	12,5	11,5
$D(\text{C}_2\text{H}_6), \%$	13,5	12,5	11	11	13	13,5	13	13,5	12,5	12,5
$D(\text{C}_3\text{H}_8), \%$	13	14	13	14,5	14,5	12	14,5	14,5	14	13,5
$D(\text{C}_4\text{H}_{10}), \%$	12	13	13,5	13,5	11,5	12	10,5	11,5	11,5	11,5
Параметри	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$V_k, \text{ м}^3 \cdot \text{хв}^{-1}$	10,7	10,6	10,5	10,4	10,8	10,7	10,6	10,5	10,6	10,7
$P_{абс}, \text{ МПа}$	2,5	2,6	2,65	2,55	2,6	2,5	2,65	2,65	2,55	2,5
$t, \text{ хв}$	2	5	1	5	2	1	2	2	5	5
$d, \text{ м}$	0,13	0,15	0,12	0,13	0,15	0,15	0,12	0,13	0,15	0,12
$e, \text{ м}$	12	12	13	13	14	14	15	16	17	16
$V_a, \text{ м}^3$	0,52	0,53	0,51	0,51	0,53	0,54	0,55	0,51	0,52	0,53
$D(\text{H}_2), \%$	49,5	51,5	49,5	49,5	50	49,5	49	50,5	51	49,5
$D(\text{CH}_4), \%$	11	10	11,5	13	12,5	11,5	11,5	11,5	11,5	12,5
$D(\text{C}_2\text{H}_6), \%$	12,5	13,5	11	11	13,5	13	13,5	13	12,5	12,5
$D(\text{C}_3\text{H}_8), \%$	14	13	14,5	13	12	14,5	14,5	14,5	13,5	14
$D(\text{C}_4\text{H}_{10}), \%$	13	12	13,5	13,5	12	11,5	11,5	10,5	11,5	11,5

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ У РАЗІ ВИБУХІВ ТВЕРДИХ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

3.1 Види зон руйнувань у разі вибухів твердих вибухових речовин на потенційно небезпечних об'єктах

У осередку вибуху по дії повітряної ударної хвилі прийнято виділяти чотири кругові зони руйнувань (рис. 3.1):

– зону повних руйнувань радіусом L_{100} , м і надлишковим тиском у фронті ударної хвилі $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа;

– зону сильних руйнувань радіусом L_{70} , м і надлишковим тиском у фронті ударної хвилі $\Delta P_{\phi} = 70$ кПа;

– зону середніх руйнувань радіусом L_{30} , м і надлишковим тиском у фронті ударної хвилі $\Delta P_{\phi} = 30$ кПа;

– зону слабких руйнувань радіусом L_{15} , м і надлишковим тиском у фронті ударної хвилі $\Delta P_{\phi} = 15$ кПа.

Крім того, для захисту людей, будівель, споруд від ураження або руйнуючої дії повітряної ударної хвилі (ПУХ) встановлюється безпечна відстань $L_{ПУХ}$ (рис. 3.1).

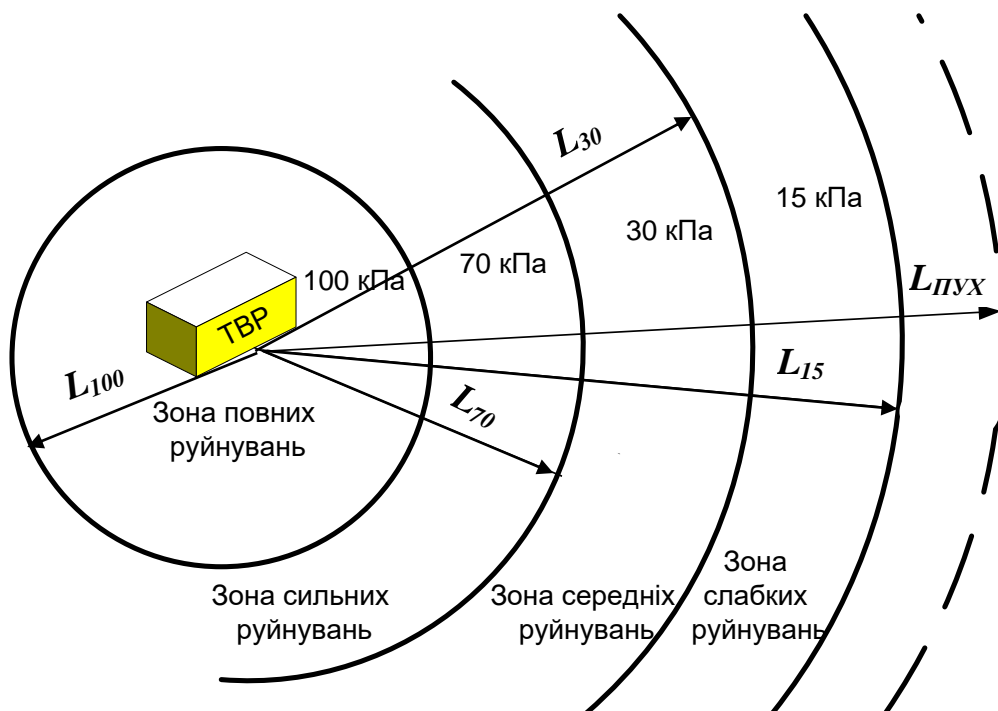


Рисунок 3.1 – Осередок вибуху твердих вибухових речовин (ТВР)

3.2 Завдання до практичного заняття 3

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом (таблиця 3.7) у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Форма таблиці для запису вихідних даних

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Назва ТВР		
Кількість ВР G , кг		
Теплота вибуху ВР $C_{ТВР}$, $кДж \cdot кг^{-1}$ (п. 3.5, таблиця 3.3)		
Наявність обвалування		
Кількість людей у зоні слабких руйнувань	незахищених $N_{н\ слаб}$, ос.	
	у сховищах $N_{сх\ слаб}$, ос.	
	у будівлях $N_{б\ слаб}$, ос.	
Кількість людей у зоні середніх руйнувань	незахищених $N_{н\ сер}$, ос.	
	у сховищах $N_{сх\ сер}$, ос.	
	у будівлях $N_{б\ сер}$, ос.	
Кількість людей у зоні сильних руйнувань	незахищених $N_{н\ сил}$, ос.	
	у сховищах $N_{сх\ сил}$, ос.	
	у будівлях $N_{б\ сил}$, ос.	
Кількість людей у зоні повних руйнувань	незахищених $N_{н\ пов}$, ос.	
	у сховищах $N_{сх\ пов}$, ос.	
	у будівлях $N_{б\ пов}$, ос.	

2. Розрахувати радіуси зон L_i з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ кПа, $\Delta P_\phi = 70$ кПа, $\Delta P_\phi = 30$ кПа, $\Delta P_\phi = 15$ кПа (індекс i дорівнює значенню надмірного тиску ΔP_ϕ).

3. Визначити безпечну відстань для захисту людей, будівель, споруд від ураження або руйнуючої дії ПУХ для третього ступеня пошкоджень.

4. Побудувати межі зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ кПа, $\Delta P_\phi = 70$ кПа, $\Delta P_\phi = 30$ кПа, $\Delta P_\phi = 15$ кПа (рис. 3.1) та показати безпечну відстань від місця зберігання ТВР для третього ступеня пошкоджень.

5. Визначити очікувані втрати в осередку вибуху.

3.3 Порядок виконання завдання

1. Визначають коефіцієнт еквівалентності заданої вибухової речовини тринітротолуолу (результати розрахунків за цим пунктом округляють до сотих):

$$K_e = \frac{C_{ТВР}}{C_{ТНТ}} = \frac{C_{ТВР}}{4240}. \quad (3.1)$$

2. Визначають еквівалентну тринітротолуолу кількість ТВР:

$$G_e = K_e \cdot G, \text{ кг.} \quad (3.2)$$

3. Визначають розрахунковий параметр L_0 (результати розрахунків за цим пунктом округляють до десятих):

$$L_0 = \sqrt[3]{G_e}, \text{ м.} \quad (3.3)$$

4. За таблицею 3.4 визначають k_i для заданого значення ΔP_ϕ .

5. Визначають радіус зони, що відповідає заданому значенню ΔP_ϕ (результати розрахунків за цим пунктом округляють до десятих):

$$L_i = k_i \cdot L_0, \text{ м.} \quad (3.4)$$

6. Визначають безпечну відстань для захисту людей, будівель, споруд від ураження або руйнуючої дії ПУХ (результати розрахунків за цим пунктом округляють до десятих):

$$L_{ПУХ} = \begin{cases} 40\sqrt[3]{G_e}, & \text{якщо не передбачуване обвалування;} \\ 3\sqrt[3]{G_e}, & \text{якщо передбачуване обвалування.} \end{cases} \quad (3.5)$$

Коефіцієнти 40 та 3 у формулі (3.5) взяті з таблиці 3.5 для третього ступеня пошкоджень.

7. Будують межі зон із надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 70 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 30 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 15 \text{ кПа}$ (рис. 3.1) та позначають безпечну відстань від місця зберігання ТВР для третього ступеня пошкоджень.

8. Визначають очікувані санітарні втрати в осередку вибуху (результати розрахунків за всіма підпунктами цього пункту округляють до найбільшого цілого числа).

8.1. Визначають очікувані санітарні втрати у зоні слабких руйнувань:

$$M_{сан\ слаб} = N_{н\ слаб} \cdot C_{н\ сан\ слаб} + N_{сх\ слаб} \cdot C_{сх\ сан\ слаб} + N_{б\ слаб} \cdot C_{б\ сан\ слаб}, \text{ ос.}, \quad (3.6)$$

де $C_{н\ сан\ слаб}$, $C_{сх\ сан\ слаб}$, $C_{б\ сан\ слаб}$ – частка санітарних втрат у зоні слабких руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

8.2. Визначають очікувані санітарні втрати у зоні середніх руйнувань:

$$M_{сан\ сер} = N_{н\ сер} \cdot C_{н\ сан\ сер} + N_{сх\ сер} \cdot C_{сх\ сан\ сер} + N_{б\ сер} \cdot C_{б\ сан\ сер}, \text{ ос.}, \quad (3.7)$$

де $C_{н\ сан\ сер}$, $C_{сх\ сан\ сер}$, $C_{б\ сан\ сер}$ – частка санітарних втрат у зоні середніх руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

8.3. Визначають очікувані санітарні втрати у зоні сильних руйнувань:

$$M_{сан\ сил} = N_{н\ сил} \cdot C_{н\ сан\ сил} + N_{сх\ сил} \cdot C_{сх\ сил} + N_{б\ сил} \cdot C_{б\ сан\ сил}, \text{ ос.}, \quad (3.8)$$

де $C_{н\ сан\ сил}$, $C_{сх\ сан\ сил}$, $C_{б\ сан\ сил}$ – частка санітарних втрат у зоні сильних руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

8.4. Визначають очікувані санітарні втрати у зоні повних руйнувань:

$$M_{сан\ пов} = N_{н\ пов} \cdot C_{н\ сан\ пов} + N_{сх\ пов} \cdot C_{сх\ пов} + N_{б\ пов} \cdot C_{б\ сан\ пов}, \text{ ос.}, \quad (3.9)$$

де $C_{н\ сан\ пов}$, $C_{сх\ сан\ пов}$, $C_{б\ сан\ пов}$ – частка санітарних втрат у зоні середніх руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

8.5. Визначають очікувані санітарні втрати в осередку вибуху:

$$M_{сан} = M_{сан\ слаб} + M_{сан\ сер} + M_{сан\ сил} + M_{сан\ пов}, \text{ ос.} \quad (3.10)$$

9. Визначають очікувані загальні втрати в осередку вибуху (результати розрахунків за всіма підпунктами цього пункту округляють до найбільшого цілого числа).

9.1 Визначають очікувані загальні втрати у зоні слабких руйнувань:

$$M_{заг\ слаб} = N_{н\ слаб} \cdot C_{н\ заг\ слаб} + N_{сх\ слаб} \cdot C_{сх\ заг\ слаб} + N_{б\ слаб} \cdot C_{б\ заг\ слаб}, \text{ ос.}, \quad (3.11)$$

де $C_{н\ заг\ слаб}$, $C_{сх\ заг\ слаб}$, $C_{б\ заг\ слаб}$ – частка загальних втрат у зоні повних руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

9.2. Визначають очікувані загальні втрати у зоні середніх руйнувань:

$$M_{заг\ сер} = N_{н\ сер} \cdot C_{н\ заг\ сер} + N_{сх\ сер} \cdot C_{сх\ заг\ сер} + N_{б\ сер} \cdot C_{б\ заг\ сер}, \text{ ос.}, \quad (3.12)$$

де $C_{н\ заг\ сер}$, $C_{сх\ заг\ сер}$, $C_{б\ заг\ сер}$ – частка загальних втрат у зоні середніх руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

9.3. Визначають очікувані загальні втрати у зоні сильних руйнувань:

$$M_{заг\ сил} = N_{н\ сил} \cdot C_{н\ заг\ сил} + N_{сх\ сил} \cdot C_{сх\ заг\ сил} + N_{б\ сил} \cdot C_{б\ заг\ сил}, \text{ ос.}, \quad (3.13)$$

де $C_{н\ заг\ сил}$, $C_{сх\ заг\ сил}$, $C_{б\ заг\ сил}$ – частка загальних втрат у зоні сильних руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

9.4. Визначають очікувані загальні втрати у зоні повних руйнувань:

$$M_{заг\ пов} = N_{н\ пов} \cdot C_{н\ заг\ пов} + N_{сх\ пов} \cdot C_{сх\ заг\ пов} + N_{б\ пов} \cdot C_{б\ сан\ пов}, \text{ ос.}, \quad (3.14)$$

де C_n заг пов, $C_{сх}$ заг повл, C_b заг пов – частка загальних втрат у зоні повних руйнувань серед незахищених людей, людей у сховищах та людей у будівлях відповідно, яка визначається за таблицею 3.6.

9.5. Визначають очікувані загальні втрати в осередку вибуху:

$$M_{заг} = M_{заг\ слаб} + M_{заг\ сер} + M_{заг\ сил} + M_{заг\ пов, ос}. \quad (3.15)$$

3.4 Приклад виконання розрахунків

Маємо склад зберігання ТВР. Обвалування не передбачене. Необхідно:

- визначити радіус зони L_{100} з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ кПа;
- визначити безпечну відстань $L_{ПУХ}$ для захисту людей, будівель, споруд від ураження або руйнуючої дії ПУХ для третього ступеня пошкоджень;
- побудувати межу зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ та показати безпечну відстань $L_{ПУХ}$ від місця зберігання ТВР для третього ступеня пошкоджень;
- визначити очікувані втрати в зоні повних руйнувань.

Вихідні дані задані таблицею 3.2.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність		Значення параметра
Назва ТВР		октоген
Кількість ВР G , кг		8 500
Теплота вибуху ВР $C_{ТВР}$, кДж · кг ⁻¹		5 420
Наявність обвалування		не передбачене
Кількість людей у зоні повних руйнувань	незахищених N_n пов, чол	330
	у сховищах $N_{сх}$ пов, чол	350
	у будівлях N_b пов, чол	370

Розрахунок

1. Визначаємо коефіцієнт еквівалентності даної вибухової речовини тринітротолуолу (ТНТ):

$$K_e = \frac{C_{ТВР}}{C_{ТНТ}} = \frac{C_{ТВР}}{4240} = \frac{5420}{4240} = 1,28.$$

2. Визначаємо еквівалентну тринітротолуолу кількість ТВР:

$$G_e = K_e \cdot G = 1,28 \times 8\,500 = 10\,880, \text{ кг.}$$

3. Визначаємо розрахунковий параметр L_0 :

$$L_0 = \sqrt[3]{G_e} = \sqrt[3]{10\,880} = 22,1 \text{ м.}$$

4. За таблицею 3.4 визначаємо $k_{100} = 3,43$, що відповідає заданому значенню $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа.

5. Визначаємо радіус зони, що відповідає заданому значенню $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа:

$$L_i = k_i \cdot L_0 = k_{100} \cdot L_0 = 3,43 \times 22,1 = 75,8 \text{ м.}$$

6. Визначаємо безпечну відстань для захисту людей, будівель, споруд від ураження або руйнуючої дії ПУХ:

$$L_{ПУХ} = 40 \sqrt[3]{G_e} = 40 \sqrt[3]{10880} = 883,6 \text{ м}$$

7. Будуємо межу зони з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа, та показуємо безпечну відстань від місця зберігання ТВР для третього ступеня пошкоджень (рис. 3.2):

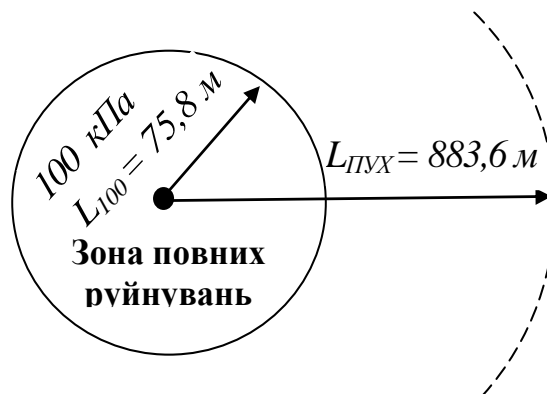


Рисунок 3.2 – Межа зони з $\Delta P_{\phi} = 100$ кПа та безпечна відстань $L_{ПУХ} = 883,6$ м.

8. Визначаємо очікувані санітарні втрати у зоні повних руйнувань:

$$\begin{aligned} M_{сан пов} &= N_{н пов} \cdot C_{н сан пов} + N_{сх пов} \cdot C_{сх пов} + N_{б пов} \cdot C_{б сан пов} = \\ &= 330 \times 0,3 + 350 \times 0,025 + 370 \times 0,15 \approx 164 \text{ ос.} \end{aligned}$$

9. Визначаємо очікувані загальні втрати у зоні повних руйнувань:

$$\begin{aligned} M_{заг пов} &= N_{н пов} \cdot C_{н заг пов} + N_{сх пов} \cdot C_{сх заг пов} + N_{б пов} \cdot C_{б сан пов} = \\ &= 330 \times 1 + 350 \times 0,07 + 370 \times 0,5 \approx 540 \text{ ос.} \end{aligned}$$

Примітка. Загальні втрати складаються з санітарних втрат і загиблих.

3.5 Таблиці, необхідні для проведення розрахунків

Таблиця 3.3 – Теплота вибуху промислових ТВР

Вибухова речовина	C , кДж · кг	Вибухова речовина	C , кДж · кг
Тринітротолуол (тротил)	4 240	Гексоген	5 540
Тетранітропентаетрит	5 880	Динітробензол	3 650
Тринітробензол	4 520	Тринітроанілін	4 161
Пікрат амонію	3 360	Октоген	5 420
Глікольдінітрат	6 640	Тринітрохлорбензол	4 240
Нітрогуанідін	3 020	Димний порох	2 790
Піроксилін (13)	4 370	Амонійна селітра	1 440
Амотол 80/20	4 200	Детоніт «М»	5 780
Тетрил	4 600	Пікринова кислота	4 400
Динаміт	5 300	Амоніт	3 980
Дінамон	4 200		

Таблиця 3.4 – Параметр k_i залежно від значення ΔP_ϕ

k_i	337,1	203,6	146,6	103,8	53,96	37,33	23,96
ΔP_ϕ , кПа	0,3	0,5	0,7	1,0	2,0	3,0	5,0
k_i	13,8	10,41	8,48	7,97	7,2	6,85	6,57
ΔP_ϕ , кПа	10	15	20	22	26	28	30
k_i	6,1	5,72	5,55	5,14	4,9	4,1	3,62
ΔP_ϕ , кПа	34	38	40	46	50	70	90
k_i	3,43	2,49	2,09	1,85	1,69	1,44	1,28
ΔP_ϕ , кПа	100	200	300	400	500	750	1 000

Таблиця 3.5 – Припустимі ступені пошкоджень будівель або споруд

Ступінь пошкодження	Можливі пошкодження	Зберігання ТВР					
		без обвалування			з обвалуванням		
		G, т	K _б	K' _б	G, т	K _б	K' _б
1	Відсутність пошкоджень	>10	400	-	>20	200	-
		<10	-	100	<20	-	35
2	Випадкові пошкодження засклення	>10	100	-	>20	50	-
		<10	-	20	<20	-	10
3	Повне руйнування засклення; часткові пошкодження рам, дверей, порушення штукатурки і внутрішніх легких перегородок	>10	40	-	>10	-	3
		<10	-	6	-	-	-
4	Руйнування внутрішніх перегородок, рам, дверей, бараків, сараїв і тому подібне	>10	-	3	>10	-	1-2
		<10			<10		
5	Руйнування малостійких кам'яних і дерев'яних будівель	>10	-	1,5 -	>10	-	0,5-
		<10		2,0	<10		1,0

Таблиця 3.6 – Частка втрат серед людей з різним ступенем захисту

Зона руйнувань	Частка втрат C_i , серед людей					
	незахищених		у сховищах		у будівлях	
	загальні втрати	санітарні втрати	загальні втрати	санітарні втрати	загальні втрати	санітарні втрати
Слабких	0,08	0,03	0,003	0,001	0,012	0,004
Середніх	0,12	0,09	0,01	0,003	0,035	0,01
Сильних	0,8	0,25	0,025	0,008	0,3	0,1
Повних	1,0	0,30	0,07	0,025	0,5	0,15

3.6 Варіанти завдань

Для всіх варіантів приймається відсутність обвалування.

Таблиця 3.7 – Варіанти завдань

Варіант	Речовина	$G \cdot 10^4$, кг	Кількість людей в зонах руйнувань											
			Слабких			Середніх			Сильних			Повних		
			н	сх	б	н	сх	б	н	сх	б	н	сх	б
1	Тринітробензол	9,5	100	300	400	120	320	420	90	200	350	80	250	70
2	Пікрат амонія	7,2	150	400	300	320	120	300	80	220	200	60	200	50
3	Глікольдінітрат	6,4	140	200	100	220	200	100	75	100	90	70	220	65
4	Нітрогуанідін	5,8	200	215	380	380	200	215	345	300	280	380	155	215
5	Піроксилін (13)	6,3	210	235	360	360	210	235	365	280	260	360	126	235
6	Амотол 80/20	11,2	300	245	340	340	300	245	385	260	240	340	192	245
7	Тетрил	7,8	275	265	320	320	275	265	405	240	220	320	305	265
8	Динаміт	4,5	260	275	300	300	260	275	425	220	200	300	96	275
9	Дінамон	4,9	190	295	280	280	190	295	190	200	180	280	57	345
10	Гексоген	10,4	185	305	260	260	185	305	215	180	160	260	226	365
11	Динітробензол	11,3	155	315	240	240	155	315	235	160	150	240	272	385
12	Тринітроанілін	5,1	126	325	220	220	126	325	245	150	130	220	360	405
13	Октоген	1,7	192	345	200	200	192	345	265	130	110	200	340	425
14	Тринітрохлорбензол	2,2	305	365	180	180	305	365	275	110	190	275	320	190
15	Димний порох	2,5	96	385	160	160	96	385	295	300	185	260	300	185
16	Амонійна селітра	3,6	57	405	150	150	57	405	320	400	155	190	280	155
17	Детоніт «М»	4,9	226	425	130	130	226	425	120	200	126	185	240	126
18	Пікринова кислота	5,5	272	190	110	110	272	190	200	215	192	155	220	192
19	Амоніт	5,9	385	295	300	240	240	155	160	160	96	405	320	400
20	Динаміт	7,3	365	275	110	200	215	192	260	275	300	300	192	155

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ ПІД ЧАС ДЕТОНАЦІЙНИХ ВИБУХІВ ГАЗОПАРОВОПОВІТРЯНИХ СУМІШЕЙ НА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТАХ

4.1 Уява про небезпеку газопароповітряної суміші

Однією з найсерйозніших небезпек пожежовибухонебезпечних виробництв є газопарова хмара, що утворюється при раптовому руйнуванні резервуарів для зберігання або випаровуванні розлитих рідин. Утворення такої хмари може призвести до трьох видів небезпек:

- вибуху газопарової суміші;
- великої пожежі;
- токсичної дії.

Суміш вуглеводнів (метану, етилену, пропану, бензинових парів, циклогексану тощо) з киснем повітря називається газопаровою сумішшю (далі – ГПС). Така суміш може або вибухати, або горіти. Горючість і вибухонебезпечність пов'язані між собою, тому важко передбачити, що саме відбудеться під час займання ГПС – вибух чи пожежа, оскільки це залежить від концентрації вуглеводнів у повітрі. Властивість ГПС визначається концентраційними межами займання і характеризується кількістю газу в 1 м³ повітря, за якої можливе займання. Наприклад, спалах суміші пропану з повітрям відбувається за наявності в 1 м³ повітря не менше 95 л газу, а вибух – за концентрації не більше 21 л пропану на 1 м³ повітря.

При аварійних вибухах ГПС розміри зон руйнувань і параметри надмірного тиску повітряної ударної хвилі залежать від кількості вибухонебезпечної речовини та її фізико-хімічних властивостей.

Фізико-хімічні характеристики найпоширеніших газових і парових сумішей, що утворюються під час аварій у хімічній і нафтохімічній промисловості, наведені у таблиці 4.5.

Під час вибуху газо- або пароповітряної суміші утворюється повітряна ударна хвиля (далі – ПУХ).

Територію, що піддалася дії ударної хвилі, називають осередком вибуху. Його зовнішня межа проходить через точки на місцевості з надмірним тиском у фронті ПУХ $\Delta P_{\phi} = 3 \text{ кПа}$.

Характер дії ПУХ на людину, будівлі і споруди залежить від типу вибуху. Розрізняють два основні типи – детонаційний та дефлаграційний вибухи. Тому під час прогнозування наслідків аварій на пожежовибухонебезпечних об'єктах необхідно заздалегідь ідентифікувати найбільш вірогідний режим вибухового перетворення ГПС.

4.2 Оцінка небезпеки детонаційного вибуху ГПС

Детонаційний вибух характерний насамперед для твердих вибухових речовин (ВР) (тротилу, динаміту і т. д.) і ГПС газоподібних вуглеводнів в замкнутому або сильно «захаращеному» просторі (промзабудова з високою

щільністю розміщення технологічного устаткування, чагарниковий ліс тощо). Під час детонації процес горіння розповсюджується речовиною з надзвуковою швидкістю і після закінчення детонації від межі хмари вибуху також з надзвуковою швидкістю починає рухатися ПУХ і формується осередок вибуху з характерними зонами руйнувань. В осередку вибуху у відкритій атмосфері можна виокремити дві зони: детонація (детонаційної хвилі) і розповсюдження (дії) ударної хвилі.

4.2.1 Завдання

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом (табл. 4.8) у вигляді таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Форма таблиці для запису вихідних даних

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Речовина	
Кількість речовини, що розливається або витікає з розгерметизованої ємності (сховища) Q_n , кг	
Коефіцієнт, що характеризує об'єм газів або парів речовини, що переходить у стехіометричну суміш δ (за даними різних джерел, він може змінюватися для зріджених під тиском газів від 0,4 до 0,6)	

2. Розрахувати радіуси зон r_i з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ кПа, $\Delta P_\phi = 50$ кПа, $\Delta P_\phi = 10$ кПа, $\Delta P_\phi = 3$ кПа (індекс i дорівнює значенню надмірного тиску ΔP_ϕ).

3. Побудувати межі зон із надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 100$ кПа, $\Delta P_\phi = 50$ кПа, $\Delta P_\phi = 10$ кПа, $\Delta P_\phi = 3$ кПа (рис. 4.1).

4.2.2 Порядок виконання завдання

1. Вираховують радіус зони детонації:

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot Q_n}, \text{ м.} \quad (4.1)$$

2. За таблицею 4.5 визначають максимальний тиск у зоні детонації P_{max} .

3. Позначають $r^*_i = r_i/r_0$ та за таблицею 4.6 визначають r^*_i для заданого значення ΔP_ϕ з урахуванням значення P_{max} . Якщо значення P_{max} відсутнє у таблиці 2.6, то параметр r^*_i визначають шляхом інтерполяції:

$$r^*_i = r^*_i(P_{max(M)}) + \frac{r^*_i(P_{max(\delta)}) - r^*_i(P_{max(M)})}{P_{max(\delta)} - P_{max(M)}} \cdot (P_{max} - P_{max(M)}), \quad (4.2)$$

де $P_{max(\bar{\sigma})}$ і $P_{max(M)}$ – відповідно найближче більше та найближче менше до P_{max} значення, що є у таблиці 4.6; $r^*_i(P_{max(\bar{\sigma})})$ і $r^*_i(P_{max(M)})$ значення r^*_i , що відповідають відповідно $P_{max(\bar{\sigma})}$ і $P_{max(M)}$.

4. Визначають радіус зони, що відповідає заданому значенню ΔP_ϕ :

$$r_i = r^*_i \cdot r_0, \text{ м.} \quad (4.3)$$

5. Будують межі зон із надлишковим тиском у фронті ПУХ для детонаційного вибуху (рис. 4.1).

4.2.3 Приклад виконання завдання

Розрахувати радіус зони, що відповідає величині надлишкового тиску $\Delta P_\phi = 100 \text{ кПа}$ для пропано-повітряної суміші у разі детонаційного вибуху для вихідних даних, наведених у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Речовина	пропан
Кількість речовини, що розливається або що витікає з розгерметизованої ємності (сховища) $Q_n, \text{ т}$	10
Коефіцієнт, що характеризує об'єм газів або парів речовини, що переходить у стехіометричну суміш δ	0,41

Розрахунок

1. Розраховуємо радіус зони детонації:

$$r_0 = 18,5 \cdot \sqrt[3]{\delta \cdot Q_n} = 18,5 \cdot \sqrt[3]{0,41 \cdot 10} = 29,6 \text{ м.}$$

2. За таблицею 4.5 визначаємо максимальний тиск у зоні детонації $P_{max} = 860 \text{ кПа}$.

3. За таблицею 4.6 визначаємо шляхом інтерполяції значення r^*_{100} , яке відповідає $\Delta P_\phi = 100 \text{ Па}$:

$$\begin{aligned} r^*_i &= r^*_i(P_{max(M)}) + \frac{r^*_i(P_{max(\bar{\sigma})}) - r^*_i(P_{max(M)})}{P_{max(\bar{\sigma})} - P_{max(M)}} \cdot (P_{max} - P_{max(M)}) \\ &= 1,32 + \frac{1,8 - 1,32}{900 - 500} \cdot (860 - 500) = 1,752. \end{aligned}$$

4. Визначаємо радіус зони, що відповідає $\Delta P_\phi = 100 \text{ кПа}$:

$$r_{100} = r^*_{100} \cdot r_0 = 1,752 \times 29,6 = 51,9 \text{ м.}$$

4.3 Оцінка небезпеки дефлаграційного вибуху ГПС

У хмарах ГРС, що утворюються в «відкритому» або злегка «захарашеному» просторі, найбільш вірогідним режимом є дефлаграційне горіння вуглеводневих газів без ефекту вибуху.

Під час дефлаграційного вибуху швидкість поширення полум'я по матеріалу менше швидкості звуку і може сильно варіюватися. Характер таких змін надлишкового тиску під час вибуху відрізняється від природи самого вибуху: його накопичення відбувається повільніше, максимальний тиск менше, але тривалість дії більше. Такі навантаження близькі до статичних і можуть бути більш небезпечними для будівельних конструкцій, ніж більш інтенсивні, але короткочасні навантаження під час детонаційного вибуху.

4.3.1 Завдання

1. Навести вихідні дані згідно зі своїм варіантом (табл. 4.9) у вигляді таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Форма таблиці для запису вихідних даних

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення параметра
Речовина	
Маса речовини, що бере участь у вибуху $G, \text{ т}$	
Швидкість розповсюдження полум'я $\omega, \text{ м/с}$	
Швидкість звуку в повітрі $a_0, \text{ м/с}$	340
Коефіцієнт, що залежить від виду і способу зберігання речовин χ	

2. Визначити радіуси зон L_i з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 40 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 10 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 3 \text{ кПа}$ (індекс i дорівнює значенню надмірного тиску ΔP_ϕ).

3. Побудувати межі зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ $\Delta P_\phi = 40 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 10 \text{ кПа}$, $\Delta P_\phi = 3 \text{ кПа}$ (рисунок 4.2).

4.3.2 Порядок виконання завдання

1. Визначають відносну швидкість розповсюдження полум'я:

$$\alpha = \omega/a_0. \quad (4.4)$$

2. Визначають максимальний надлишковий тиск:

$$P_{\max} = 212,73 \cdot \frac{\alpha^2}{1+\alpha}, \text{ кПа.} \quad (4.5)$$

3. За таблицею 4.5 визначають нижню концентраційну межу займання суміші $C_{НПВ}$, %.

4. За таблицею 4.5 визначають питому концентрацію стехіометричної суміші $C_{СТХ}$, %.

5. Визначають ступінь розширення згорілих газів:

$$\sigma = 4 + 4 \cdot \frac{C_{НПВ}}{C_{СТХ}}. \quad (4.6)$$

6. За таблицею 4.5 визначають молекулярну масу речовини μ .

7. Визначають радіус хмари згорілих газів під час дефлаграційного вибуху:

$$L_H = 101,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{\chi \cdot \sigma \cdot G}{\mu \cdot C_{НПВ}}}, \text{ м.} \quad (4.7)$$

8. За таблицею 4.7 залежно від значення параметра α визначають коефіцієнти B і C .

Якщо необхідне значення α відсутнє у таблиці, то коефіцієнти B і C розраховуються шляхом інтерполяції:

$$B = B(\alpha_{(м)}) + \frac{B(\alpha_{(б)}) - B(\alpha_{(м)})}{\alpha_{(б)} - \alpha_{(м)}} \cdot (\alpha - \alpha_{(м)}), \quad (4.8)$$

де $\alpha_{(б)}$ і $\alpha_{(м)}$ – відповідно найближче більше та найближче менше до α значення, що є у таблиці 4.7;

$B(\alpha_{(б)})$ і $B(\alpha_{(м)})$ значення B , що відповідають відповідно $\alpha_{(б)}$ і $\alpha_{(м)}$.

$$C = C(\alpha_{(м)}) + \frac{C(\alpha_{(б)}) - C(\alpha_{(м)})}{\alpha_{(б)} - \alpha_{(м)}} \cdot (\alpha - \alpha_{(м)}), \quad (4.9)$$

$C(\alpha_{(б)})$ і $C(\alpha_{(м)})$ значення C , що відповідають відповідно $\alpha_{(б)}$ і $\alpha_{(м)}$.

9. Визначають відстань від центра вибуху до точки з заданим надлишковим тиском ΔP_ϕ (радіус зони):

$$L_i = \left[1 + \left(\frac{P_{\max}}{\Delta P_\phi} - 1 \right)^{\frac{1}{C}} \cdot B^{-\frac{1}{C}} \right] \cdot L_H, \text{ м.,} \quad (4.10)$$

де індекс i дорівнює значенню надлишкового тиску ΔP_{ϕ} .

10. Будують межі зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ під час дефлаграційного вибуху (рис. 4.2).

4.3.3 Приклад виконання завдання

Необхідно розрахувати радіус зони, що відповідає величині надмірного тиску $\Delta P_{\phi} = 100 \text{ кПа}$ для пропано-повітряної суміші під час дефлаграційного вибуху для вихідних даних, наведених у таблиці 4.4:

Таблиця 4.4 – Вихідні дані

Назва параметра, його позначення та розмірність	Значення
Речовина	пропан
Маса речовини, що бере участь у вибуху $G, \text{ т}$	2
Швидкість розповсюдження полум'я $\omega, \text{ м/с}$	240
Швидкість звуку в повітрі $a_0, \text{ м/с}$	340
Коефіцієнт, що залежить від виду і способу зберігання речовин χ	0,42

Розрахунок

1. Визначаємо відносну швидкість розповсюдження полум'я:

$$\alpha = \omega/a_0 = 240/340 = 0,71 .$$

2. Визначаємо максимальний надлишковий тиск:

$$P_{\max} = 212,73 \cdot \frac{\alpha^2}{1+\alpha} = 212,73 \cdot \frac{0,71^2}{1+0,71} = 62,7, \text{ кПа.}$$

3. За таблицею 4.5 визначаємо нижню концентраційну межу займання суміші $C_{НПВ} = 2,1 \%$.

4. За таблицею 4.5 визначаємо питому концентрацію стехіометричної суміші $C_{СТХ} = 4,03 \%$.

5. Визначаємо ступень розширення згорілих газів:

$$\sigma = 4 + 4 \cdot \frac{C_{НПВ}}{C_{СТХ}} = 4 + 4 \cdot \frac{2,1}{4,03} = 6,08.$$

6. За таблицею 4.5 визначаємо молекулярну масу речовини $\mu = 44 \text{ а. о. м.}$

7. Визначаємо радіус хмари згорілих газів під час дефлаграційного вибуху:

$$L_H = 101,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{\chi \cdot \sigma \cdot G}{\mu \cdot C_{НПВ}}} = 101,73 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,42 \cdot 6,08 \cdot 2}{44 \cdot 2,1}} = 38,8 \text{ м.}$$

8. За таблицею 4.7 шляхом інтерполяції визначаємо коефіцієнти B і C :

$$B = B(\alpha_{(m)}) + \frac{B(\alpha_{(\bar{o})}) - B(\alpha_{(m)})}{\alpha_{(\bar{o})} - \alpha_{(m)}} \cdot (\alpha - \alpha_{(m)}) = 0,595 + \frac{0,497 - 0,595}{0,8 - 0,7} \cdot (0,71 - 0,7) = 0,585.$$

$$C = C(\alpha_{(m)}) + \frac{C(\alpha_{(\bar{o})}) - C(\alpha_{(m)})}{\alpha_{(\bar{o})} - \alpha_{(m)}} \cdot (\alpha - \alpha_{(m)}) = 1,115 + \frac{1,002 - 1,115}{0,8 - 0,7} \cdot (0,71 - 0,7) = 1,104.$$

9. Визначаємо відстань від центру вибуху до точки з заданим надлишковим тиском ΔP_ϕ (радіус зони):

$$L_{100} = \left[1 + \left(\frac{P_{\max}}{\Delta P_\phi} - 1 \right)^{\frac{1}{c}} \cdot B^{\frac{1}{c}} \right] \cdot L_H = \left[1 + \left(\frac{62,7}{100} - 1 \right)^{\frac{1}{1,104}} \cdot 0,585^{\frac{1}{1,104}} \right] \cdot 38,8 = 76,5 \text{ м.}$$

4.4 Таблиці та рисунки, необхідні для проведення розрахунків

Таблиця 4.5 – Фізико-хімічні характеристики найбільш поширених газо- і пароповітряних сумішей

Горючий компонент ГППС	Тип суміші	μ , а. о. и.	$\rho_{стх}$, кг/м ³	$C_{стх}$, %	Об'ємні концентраційні межі займання суміші, %		P_{max} , кПа
					$C_{НПВ}$	$C_{ВПВ}$	
Водень	ГППС	2	0,933	29,59	4	75	739
Метан	ГППС	16	1,232	9,45	5	15	720
Етан	ГППС	30	1,250	5,66	2,9	15	675
Пропан	ГППС	44	1,315	4,03	2,1	9,5	860
Бутан	ГППС	58	1,328	3,13	1,8	9,1	860
Гексан	ППС	86	1,340	2,16	1,2	7,5	865
Ацетилен	ГППС	26	1,278	7,75	2,5	81	1 030
Етилен	ГППС	28	1,285	6,54	3,0	32	886
Пропилен	ГППС	42	1,314	4,46	2,2	10,3	648
Бензол	ППС	78	1,350	2,84	1,4	7,1	900
Толуол	ППС	92	1,350	2,23	1,3	6,7	634
Циклогексан	ППС	84	1,340	2,28	1,2	10,6	858
Ацетон	ППС	42	1,210	4,99	2,2	13,0	893
Аміак	ГППС	17	1,180	19,72	15	28	600
Окисел вуглецю	ГППС	28	1,280	29,59	12,5	74	730
Бензин (авіаційний)	ППС	93,6	1,35	2,1	1,2	7,5	–

Таблиця 4.6 – Параметр r^*_i залежно від значення ΔP_ϕ

$P_{max},$ кПа	Параметр $r^*_i, м$ залежно від значення $\Delta P_\phi, кПа$			
	100	50	10	3
500	1,32	1,94	5,43	12
900	1,8	2,88	7,6	19,17
1 000	1,94	3	8	20

Таблиця 4.7 – Коефіцієнти B і C для обчислення надмірного тиску у фронті ударної хвилі у разі дефлаграційного вибуху

α	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2
B	0,588	0,567	0,687	0,546	0,467	0,595	0,497	0,362	0,476	0,432	0,257
C	1,146	1,146	1,0	1,048	1,14	1,115	1,002	1,061	1,149	1,09	1,004

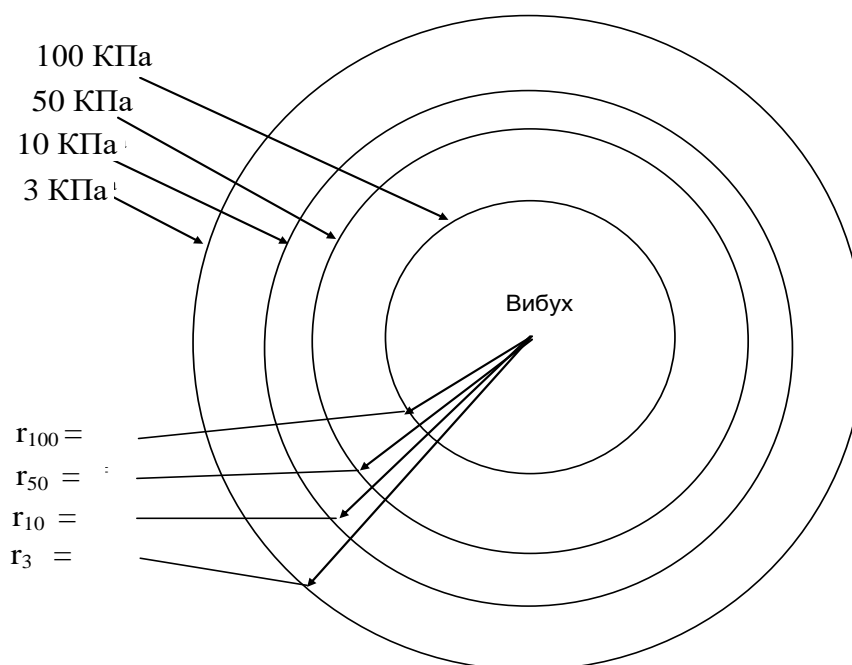


Рисунок 4.1 – Межі зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ під час детонаційного вибуху ГППС

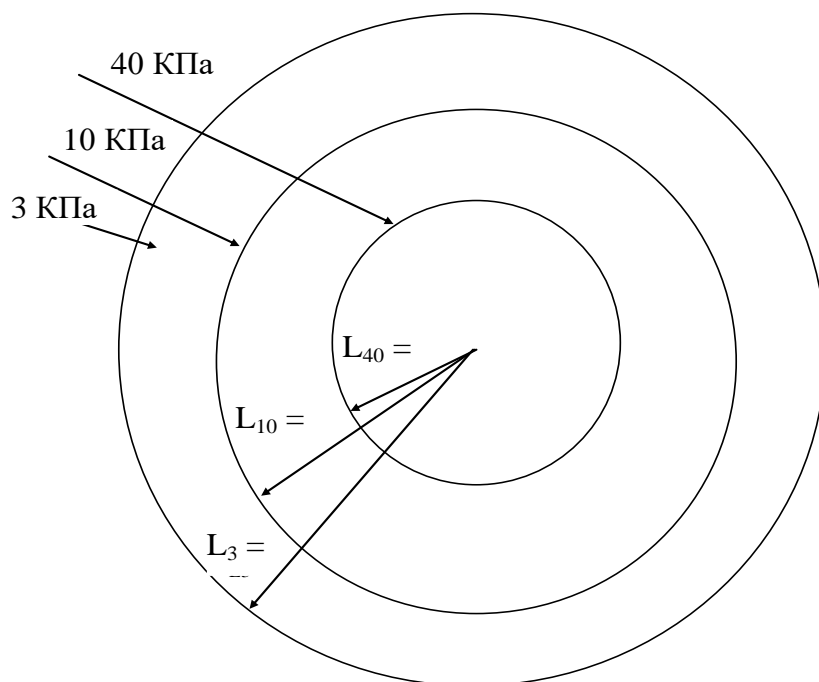


Рисунок 4.2 – Межі зон з надлишковим тиском у фронті ПУХ під час дефлаграційного вибуху ГППС

4.5 Варіанти завдань

Таблиця 4.8 – Варіанти завдань оцінки небезпеки детонаційного вибуху ГППС

Варіант	Речовина	δ	Q_n, m
1	Метан	0,4	2,4
2	Етан	0,51	1,51
3	Бутан	0,44	2,44
4	Пропан	0,42	1,42
5	Гексан	0,58	3,58
6	Етилен	0,43	2,43
7	Бензол	0,54	1,54
8	Ацетон	0,45	2,45
9	Пропилен	0,47	2,47
10	Водень	0,5	1,5
11	Гексан	0,48	3,25
12	Етилен	0,47	2,59
13	Бензол	0,46	2,25
14	Ацетон	0,41	2,66
15	Пропилен	0,52	2,13
16	Метан	0,51	2,65
17	Етан	0,48	2,22
18	Бутан	0,49	2,15
19	Пропан	0,47	2,26
20	Бензол	0,51	2,36

Таблиця 4.9 – Варіанти завдань для оцінки небезпеки дефлаграційного вибуху ГППС

Варіант	Речовина	ω , м/с	G , т	χ	a_0 , м/с
1	Метан	200	2,4	0,4	340
2	Етан	250	1,51	0,45	340
3	Бутан	220	2,44	0,5	340
4	Пропан	240	1,42	0,55	340
5	Етилен	180	2,43	0,42	340
6	Бензол	205	1,54	0,52	340
7	Ацетон	210	2,45	0,44	340
8	Пропилен	246	2,47	0,54	340
9	Водень	257	1,5	0,46	340
10	Бутан	230	1,44	0,53	340
11	Пропан	240	1,45	0,57	340
12	Етилен	280	2,53	0,47	340
13	Метан	225	2,49	0,42	340
14	Етан	230	2,51	0,41	340
15	Бутан	228	2,2	0,53	340
16	Пропан	247	2,12	0,51	340
17	Ацетон	215	1,45	0,44	340
18	Пропилен	236	1,47	0,54	340
19	Водень	217	1,8	0,46	340
20	Бутан	224	1,8	0,53	340

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5 ПРОГНОЗУВАННЯ ТА ОЦІНКА ПОЖЕЖНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ОБ'ЄКТАХ

5.1 Уява про оцінку пожежної обстановки

Пожежі на об'єктах господарської діяльності виникають і розповсюджуються під впливом низки факторів, серед яких основними є вогнестійкість будівель та споруд, пожежна небезпека виробничих процесів, щільність забудови та погодні умови.

Вогнестійкість будівель і споруд визначається здатністю їхньої конструкції протистояти вогню та залежить від горючості матеріалів, з яких вони збудовані, а також від межі вогнестійкості основних конструктивних елементів. Межа вогнестійкості визначається як час, протягом якого конструкція здатна витримувати вплив вогню, не руйнуючись або не даючи наскрізних тріщин, а також не перевищуючи температуру 200 °С на поверхні, яка не піддається дії вогню. Детальну характеристику ступенів вогнестійкості можна знайти в таблиці 5.1.

Пожежна небезпека виробничих процесів залежить від технології виробництва та матеріалів, що використовуються. Згідно з рівнем пожежної небезпеки, всі об'єкти поділяються на п'ять категорій: А, Б, В, Г, Д. Докладну інформацію щодо цих категорій можна отримати з відповідних довідників. Найбільшу небезпеку для пожежної безпеки становлять виробництва категорій А і Б. Для об'єктів категорій В, Г та Д ймовірність виникнення пожеж залежить переважно від вогнестійкості будівель.

Розглянемо методику оцінки пожежної обстановки на конкретному прикладі.

5.2 Приклад виконання розрахунків

5.2.1 Вихідні дані до практичного заняття

Завдання: Оцініть пожежну ситуацію поблизу механічного цеху на машинобудівному заводі.

Вихідні дані: на відстані $r = 250$ м від заводу розташований склад, на якому зберігається $Q = 100$ т = 100 000 кг вибухових речовин. Будівля заводу одноповерхова, цегляна, безкаркасна, з м'яким дахом (руберойд на дерев'яних латах), дерев'яними дверима та віконними рамами, пофарбована в темні кольори. Загальна площа фабрики становить 50 га, з них 15 га під будівлею. Ступінь вогнестійкості будівель – I і II, а ступінь пожежної небезпеки виробництва – В і Д.

5.2.2 Порядок виконання завдання

1. Визначаємо за (5.1) максимально можливий надлишковий тиск ударної хвилі в районі цеху в разі спалаху вибухових речовин:

$$\Delta P = 390 \cdot \sqrt{\frac{Q}{r^3}}, \text{ кПа}, \quad (5.1)$$

де Q – маса вибухових речовин, кг, (потребується перевести масу вибухівки із тон в кг); r – радіус, м.

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

2. Визначаємо ступінь вогнестійкості будинків (за ДБН-В.1.17-2002).

3. Визначимо категорію пожежної небезпеки виробництва.

У механічному цеху виробництво пов'язане з обробкою металів у холодному стані. Горючі матеріали не використовуються. Згідно з класифікацією виробництв з пожежної небезпеки механічний цех належить до категорії Д.

4. Визначимо ступені руйнування будинків, споруд і комунікацій від величини надлишкового тиску у фронті ударної хвилі повітря в разі вибуху. При $\Delta P = 31$ кПа будинок механічного цеху одержить середні руйнування.

5. Визначимо за (5.2) щільність забудови (%):

$$П = S_o/S_n \cdot 100 \%, \quad (5.2)$$

де S_o – площа під будівлями, га; S_n – загальна площа об'єкта, га.

$$П = 15/50 \cdot 100 \% = 30\%.$$

6. Визначимо зону пожежі, у якій опиниться цех. Для будинків ступені вогнестійкості I і II, категорії пожежної небезпеки В, Г, Д та надлишкового тиску 30 кПа за таблицею 5.1. визначаємо, що механічний цех може опинитися в зоні масових пожеж. За щільності забудови 30 % виникнення вогневого шторму немає.

Отримані дані вносимо в таблицю 5.2, проаналізуємо, зробимо висновки і розробимо пропозиції щодо підвищення стійкості.

Висновки:

1. У разі вибуху в районі цеху, де зберігається зазначена вибухова речовина, може виникнути складна пожежна ситуація.

2. Пожежну небезпеку для цеху створюють дерев'яні двері та віконні рами, а також толева покрівля.

Пропозиції: Для підвищення стійкості цеху до пожежі рекомендується: замінити двері та віконні рами на металеві; покрівлю замінити на неспалиму матерію; перенести склад вибухової речовини за межі об'єкта.

Таблиця 5.1 – Можлива пожежна обстановка у районах міської та виробничої забудови

Ступінь вогне-стійкості будинків	Категорія пожежної небезпеки об'єкта	Надлишковий тиск ударної хвилі, кПа	Пожежна обстановка після 30 хв вибуху	Можлива пожежна обстановка після 1–2 год, як стався вибух	
				Райони, небезпечні щодо швидкого розповсюдження пожежі	Райони, небезпечні у відношенні виникнення вогневих штормів
IV-V	В, Г, Д	10–20	Зона окремих пожеж	Суцільні пожежі за щільності забудови >10 %	Вогневі шторми за щільності забудови <20 %
		<20			
III	В, Г, Д	10–20	Зони окремих пожеж	Суцільні пожежі за щільності забудови >20 %	1–2-поверхові споруди за щільності забудови <30%
		20–50	Зони суцільних пожеж	Найбільш небезпечні райони з щільністю забудови 30 %	3–5-поверхові споруди за щільності забудови < 20 %
I-II	В, Г, Д	10–20	Зони окремих пожеж	Суцільні пожежі за щільності забудови >20 %	Вогневі шторми не виникають за щільності забудови <30 %
		20–50	Зони суцільних пожеж		
I-II	A і Б	10–50	Зони суцільних пожеж	Зони суцільних пожеж	Можливе швидке розповсюдження вогню, вибухи виробничої апаратури та ємностей

Таблиця 5.2 – Результати оцінки пожежної обстановки

Об'єкт, його елементи	Ступінь вогне-стійкості будинків	Категорія пожежної небезпеки	Спалахуючі елементи будинку та їхні характеристики	Руйнування будинків при ΔP	Зона пожежі, у якій, можливо, опиниться цех
Механічний цех, одноповерховий, цегляний. Покрівля м'яка	I-II	Д	Двері, віконні рами дерев'яні, пофарбовані у темний колір. Толь	31 кПа	Зона суцільних пожеж

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації для проведення атестації робочих місць за умовами праці [Електрон. ресурс] : Постанова Міністерства праці України від 01.09.1992 № 41. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0041205-92#Text>, вільний (дата звернення: 26.09.2024). – Назва з екрана.
2. Про затвердження Порядку видачі дозволів на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 26.10.2011 № 1107. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1107-2011-п>, вільний (дата звернення: 26.09.2024). – Назва з екрана.
3. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. Основні положення. – Чинний від 2012–04–01. – Київ : Мінрегіон, 2012. – 116 с.
4. Порядок ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки та ведення їх обліку [Електрон. ресурс] : Постанова Кабінету Міністрів України від 13 вересня 2022 р. № 1030. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1030-2022-%D0%BF#Text>, вільний (дата звернення: 26.09.2024). – Назва з екрана.
5. Методичні рекомендації щодо розроблення планів цивільного захисту. – Київ : ДСНС України, УНДЦЗ, 2015. – 149 с.
6. Про затвердження Правил техногенної безпеки [Електрон. ресурс] : Наказ МНС України від 05.11.2018 № 879. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1346-18#Text>, вільний (дата звернення: 26.09.2024). – Назва з екрана.
7. ДБН В.2.5-76:2014. Автоматизовані системи раннього виявлення загрози виникнення надзвичайних ситуацій та оповіщення населення [Електрон. ресурс]. – Чинний від 2014–06–01. – Електрон. текст. дані. – Київ : Мінрегіон України, 2016. – 38 с. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0029858-14#Text>, вільний (дата звернення: 26.09.2024). – Назва з екрана.

Електронне навчальне видання

Методичні рекомендації
до проведення практичних занять із навчальної дисципліни

**«ІДЕНТИФІКАЦІЯ ТА ПАСПОРТИЗАЦІЯ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм
навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека)*

Укладач **АБРАКІТОВ** Володимир Едуардович

Відповідальна за випуск *Ю. С. Левашова*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *В. Е. Абракітов*

План 2022, поз. 69М

Підп. до друку 19.11.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 2,4.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Чорноглазівська (Маршала Бажанова), 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.