

4 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ ОБ'ЄКТА І ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ДО ВПЛИВУ УДАРНОЇ ХВИЛІ

За критерій стійкості об'єктів до впливу ударної хвилі, беруть максимальне значення надлишкового тиску, при якому будинки, споруди й устаткування зберігаються, або одержують слабкі руйнування (ушкодження).

При оцінці стійкості визначають наступне:

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

Дані записують у табл. 4.1, аналізують, роблять висновки і пропозиції щодо підвищення стійкості.

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

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

- а) При можливому вибуху газоповітряної суміші вуглеводневих сполук.

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

Таблиця 4.1

Результати оцінки стійкості цеху до впливу ударної хвилі

Елементи цеху і їхні короткі характеристики	Ступінь руйнування при ΔP_{ϕ} , кПа										Межа стійкості			
											Еле-мента кПа	Цеху кПа		
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50			
Будинок цеху: одноповерховий, цегляний, без-каркасний				слаб-кі		серед-ні		сильні					20	
Технологічне устаткування: крани і кранове устаткування, верстати важкі							слабкі			се-редні			30	20
									слабкі	середні			40	
КЕС: повітроводи на металевих еста-кадах					слабкі				се-редні	сильні			30	
Електромережа: кабельна, на-земна					слабкі				середні				30	

Рішення. Визначаємо радіус (м) зони детонаційної хвилі (зони 1) за допомогою формули 4.1:

$$r_1 = 17,3 \cdot \sqrt[3]{Q}, \quad (4.1)$$

де Q — кількість зрідженого вуглеводневого газу, т.

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

Розрахуємо радіус зони дії продуктів вибуху (зони 2) за формулою 4.2:

$$\begin{aligned} r_2 &= 1,7 \cdot r_1, \\ r_2 &= 1,7 \cdot 65 = 110 \text{ м.} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Визначимо відносну величину ψ за формулою 4.3:

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{r_3}{r_1}, \quad (4.3)$$

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

$$\psi = 0,24 \cdot \frac{200}{65} = 0,73$$

Розрахуємо максимальний можливий надлишковий тиск (кПа) у районі об'єкта (його елементів) за формулами 4.4; 4.5:

При $\psi \leq 2$:

$$\Delta P_a = \frac{700}{3(\sqrt{1 + 29,8 \cdot \psi^3} - 1)}, \quad (4.4)$$

При $\psi > 2$:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{22}{\psi (\sqrt{\lg \psi + 0,158})}. \quad (4.5)$$

Так, як для даного прикладу $\psi < 2$, то ΔP_{ϕ} розраховуємо за формулою 4.4.

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

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

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

Приклад 2. Визначити максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху, якщо на відстані 200 м знаходиться резервуар об'ємом 1000 м³, заповнений бензином на 30%. Концентрація бензину в паровій фазі по ємності 2%, щільність бензину 0,75 т/м³.

Рішення. Визначимо об'єм парів бензину (м³) у резервуарі за формулою 4.6:

$$V_{\text{пар}} = V_{\text{ємн}} = V_{\text{бенз}}, \quad (4.6)$$

де $V_{\text{ємн}}$ — об'єм ємності, м³;

$V_{\text{бенз}}$ — об'єм бензину в ємності, рівний ємності, помноженій на відсоток її заповнення, м³

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

Визначимо об'єм бензину, що знаходиться в пароподібному стані за формулою (4.7):

$$V_{\text{бенз}} = \frac{V_{\text{пар}} \cdot \Delta m}{100}, \quad (4.7)$$

де Δm — процентний вміст бензину, що знаходиться в пароподібному стані:

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

Розрахуємо масу бензину (т), що знаходиться в пароподібному стані за формулою 4.8:

$$Q_{\text{бенз}} = V_{\text{бенз}} \cdot \rho, \quad (4.8)$$

де ρ — щільність бензину, т/м³

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

По рисунку (4.1) визначимо максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху на перетині ординат — відстань 200 м і маса бензину 10,5 т.

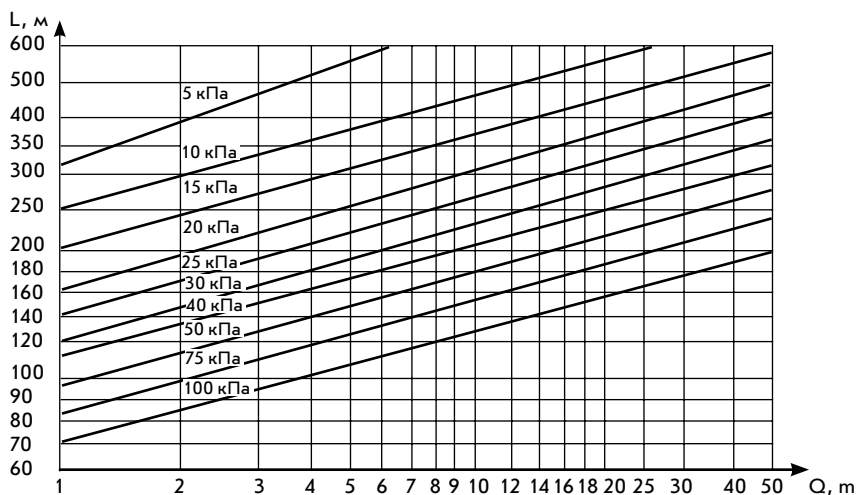


Рис. 4.1. Графік залежності радіуса зовнішньої границі зони дії надлишкового тиску від маси зрідженого вуглеводного газу при вибуху газоповітряної суміші

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

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

- в) При можливому вибуху звичайних вибухових речовин максимальний можливий надлишковий тиск (кПа) у районі об'єкта (його елементів) визначається за формулою 4.9:

$$\Delta P_{\Phi} = 390 \sqrt{\frac{Q}{R^3}}, \quad (4.9)$$

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

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

Рішення. Розрахуємо можливий надлишковий тиск у районі цеху при вибуху 100 т вибухових речовин за формулою 4.9:

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

- г) При ядерному вибуху максимальний можливий надлишковий тиск у фронті ударної хвилі в районі об'єкта і його елементів визначають для мінімальної можливої відстані за таблицею 4.2.

Таблиця 4.2

Надлишковий тиск ударної хвилі при різних потужностях ядерних боєприпасів і відстанях до центру вибуху

Потужність боєприпасів, кт	Надлишковий тиск ΔP_{ϕ} , кПа									
	1000	200	100	70	50	40	30	20	15	10
	Відстань, км									
10	0,15 22	0,32 0,43	0,46 0,59	0,61 0,74	0,77 0,85	0,96 1	1,15 1,15	1,6 1,5	2 1,8	3 2,4
50	0,25 0,37	0,54 0,75	0,8 1	1,1 1,25	1,3 1,4	1,4 1,5	2 2	2,7 2,6	3,5 3,1	4,5 4,2
100	0,32 0,46	0,68 0,92	1 1,2	1,4 1,6	1,7 1,9	2,1 2,2	2,6 2,5	3,8 3,2	4,4 3,9	6,5 5,2
200	0,4 0,58	0,86 1,15	1,2 1,5	1,6 1,8	1,9 2,2	2,5 2,6	2,9 3,0	4,4 3,8	5,5 4,9	7,9 6,4
300	0,46 0,67	0,98 1,35	1,37 1,7	1,85 2,1	2,27 2,55	2,8 2,93	3,35 3,6	4,95 4,4	6,35 5,65	9,1 7,3
500	0,54 0,79	1,015 1,6	1,7 2,1	2,3 2,6	3 3,2	3,4 3,6	4,2 4,4	6 5,5	7,55 6,7	11,5 9
1000	0,7 1	1,05 2	2,2 2,9	3 3,5	3,6 4	4,3 4,5	5 5,4	7,5 7	9,5 8,4	14,3 11,2
2000	0,9 1,3	1,8 2,5	2,7 3,4	3,6 4,2	4,6 5,1	5,6 5,7	6,8 7	9,5 8,8	13 10,7	18 14,2

Вихідними даними для оцінки є: віддалення об'єкта від можливого центру вибуху R_r , км; очікувана потужність ядерних боєприпасів q , кт; вид вибуху, ймовірне відхилення боєприпасів від центру прицілювання E , км.

Максимальний можливий надлишковий тиск (кПа) у фронті ударної хвилі при наземному вибуху можна розрахувати і за формулою 4.10:

$$\Delta P_{\max} = 8,5 \frac{\sqrt[3]{q}}{R_{\min}} + 2,65 \frac{\sqrt[3]{q^2}}{R_{\min}^2} + 0,7 \frac{q}{R_{\min}^3} \quad (4.10)$$

де q — тротилловий еквівалент ядерного вибуху, кт; R_r — горизонтальна відстань від центру прицілювання до об'єкта, км.

Мінімальна відстань від центру вибуху до об'єкту з урахуванням ймовірного відхилення E , км, визначається за формулою 4.11:

$$R_{\min} = R_r - 3,2E, \quad (4.11)$$

Приклад 4. Визначити максимальний можливий надлишковий тиск ударної хвилі, очікуваний на об'єкті при ядерному вибуху, якщо об'єкт розташований від центру прицілювання на відстані $R = 7,0$ км, по місту очікується ядерний вибух боєприпасами потужністю 1000 кт, ймовірне відхилення боєприпасів від центру прицілювання $E = 0,5$ км, вид вибуху — наземний.

Рішення. Знайдемо ймовірну мінімальну відстань від центру вибуху за формулою 4.11:

$$R_{\min} = 7 - 3,2 \cdot 0,5 = 5,4 \text{ км.}$$

За формулою 4.10 знайдемо максимальний можливий надлишковий тиск у фронті ударної хвилі.

$$\Delta P_{\text{ф max}} = 8,5 \frac{\sqrt[3]{10^3}}{5,4} + 2,65 \frac{\sqrt[3]{10^6}}{5,4^2} + 0,7 \frac{10^3}{5,4^3} = 29 \text{ кПа}$$

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

Приклад 5. Максимальний можливий надлишковий тиск у районі цеху 30 кПа. Характеристика цеху: будинок одноповерховий, цегляний, безкаркасний. Технологічне устаткування включає: крани і кранове устаткування, важкі верстати, трубопроводи (повітропроводи) на металевих естакадах і кабельні наземні мережі.

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

Виділимо основні елементи цеху (мостові крани і верстати, система повітря подачі й електромережа.) Їх характеристики запишемо до зведеної таблиці результатів оцінки (табл. 4.1).

За таблицею 4.3 знайдемо для кожного елементу цеху надлишковий тиск, що викликає слабкі, середні, сильні і повні руйнування. Так, будинок цеху з зазначеними характеристиками одержить слабкі руйнування при надлишковому тиску 10...20 кПа, середні — при 20...35 кПа, сильні — при 35...40 кПа, повні — при 45 кПа і більше. Ці дані відбиваються в таблиці за шкалою надлишкових тисків умовними знаками.

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

Знайдемо межу стійкості кожного елементу цеху: максимальне значення надлишкового тиску, що викликає слабкі руйнування. Будинок цеху має межу стійкості до ударної хвилі — 20 кПа, крани і кранове устаткування — 30 кПа, верстати — 40 кПа, і т.д. Отримані дані записують у таблицю 4.1.

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

Таблиця 4.3

Ступені руйнування елементів об'єкта при різних надлишкових тисках ударної хвилі, кПа.

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

Висновки:

6. При заданих вихідних даних цех нестійкий до ударної хвилі, так як $\Delta P_{\text{фmin}} > \Delta P_{\text{фlim}}$ (30 кПа > 20 кПа).
7. Доцільна межа стійкості за економічними розуміннями приймається 30 кПа.
8. При 30 кПа, максимальному можливому надлишковому тиску, цех нестійкий у роботі.

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

ЗАДАЧА. Провести оцінку стійкості цеху (лабораторії) до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з _____ відповідно до даних таблиць 4.4, 4.5, 4.6, 4.7, 4.8.

Таблиця 4.4

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

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса вибухових речовин, т	4,5	4	3,5	3	2,5	2	1,5	5	5,5	6
Відстань від будинку цеху, м	100	100	95	90	85	80	70	100	110	110
Будинок цеху	Безкаркасна конструкція						З легким металевим каркасом			
Устаткування цеху	Верстати важкі і середні						Верстати середні і легкі			
	Кранове устаткування, контрольно-вимірювальні прилади (незахищені)									
	Лінія електропостачання кабельна наземна									
Найменування	Варіанти									
Маса вибухових речовин, т	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Відстань від будинку цеху, м	6,5	7	8	10	12	15	17,5	20	25	7,5
Відстань від будинку цеху, м	115	120	125	135	145	135	145	150	160	120
Будинок цеху	З легким металевим каркасом						Зі збірного залізобетону			
Устаткування цеху	Верстати середні і легкі						Верстати важкі і легкі			
	Кранове устаткування, контрольно-вимірювальні прилади (незахищені)									
	Лінія електропостачання кабельна наземна									

Таблиця 4.5
Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з метаном

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса ємності з метаном, т	100	750	50	40	30	15	20	150	200	5
Відстань до споруди цеху, м	500	400	200	400	350	250	300	500	600	100
Споруда цеху	З легким металевим каркасом						Зі збірнього залізобетону			
Устаткування цеху	Контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	Трубопроводи на металевих естакадах. Трубопроводи наземні									
	Верстати середні і легкі						Верстати середні і важкі			
Найменування	Наземна кабельна лінія									
	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	10	15	200	300	400	500	250	350	450	500
	200	100	700	500	600	800	650	400	500	900
	Зі збірнього залізобетону				Промисловий з металевим каркасом					
	Контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
Устаткування цеху	Трубопроводи на металевих естакадах. Трубопроводи наземні									
	Верстати середні і важкі						Верстати важкі і легкі			

Таблиця 4.6

Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при ядерному вибуху

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Вид вибуху	Наземний									
Потужність вибуху, кт	50	100	200	300	500	1000	2000	50	100	200
Відстань, км	2,4	2,9	3,4	4,0	4,8	5,8	7,4	3,1	3,6	4,2
Ймовірне відхилення, км.	0,125						0,25			
Споруда ТЕС	Масивне промислове з металевим каркасом									
Допоміжні споруди	Цегляні безкаркасні									
Обладнання	Блокові трансформатори, відкриті розподільні пристрої									
	Генератори 300 кВт, електродвигуни, масляні вимикачі									
	Повітряні лінії високої напруги									
Найменування	Варіанти									
Вид вибуху	Наземний									
Потужність вибуху, кт	300	500	1000	2000	100	200	300	500	1000	2000
Відстань, км	4,8	5,7	7,0	8,7	4,2	4,8	5,2	5,6	7,2	8,0
Ймовірне відхилення, км	0,25				0,5					
Споруда ТЕС	Масивне промислове з металевим каркасом									
Допоміжні споруди	Цегляні безкаркасні									
Обладнання	Блокові трансформатори, відкриті розподільні пристрої									
	Генератори 300 кВт, електродвигуни, масляні вимикачі									
	Повітряні лінії високої напруги									

Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з пропаном

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Маса ємності з пропаном, т	150	200	250	300	350	400	450	500	20	15
Відстань до РПП, м	500	500	600	700	700	800	800	900	300	250
Спорууда ЗРУ	Зі збірного залізобетону							Цегляне		
Устаткування	Осередка КРУ (по стійкості відповідають середнім верстатам) Трансформатори, масляні вимикачі, повітряна лінія високої напруги									
Найменування	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Маса ємності з пропаном, т	30	40	50	100	5	10	15	25	30	50
Відстань до РПП, м	350	400	400	500	200	250	300	350	300	450
Спорууда ЗРУ	Цегляне									
Устаткування	Осередка КРУ (по стійкості відповідають середнім верстатам) Трансформатори, масляні вимикачі, повітряна лінія високої напруги									

Таблиця 4.8

Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу ударної хвилі при вибуху ємності з бензином

Найменування	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єм резервуара з бензином, м ³	2000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Заповнення ємності бензином, %	60	46,5	52	57	62,5	70	73	64	69	75
Масова частка бензину в паровій фазі, %	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	3	3	3
Відстань, м	200	200	200	200	200	200	180	200	200	200
Споруда цеху	Промисловий з металевим каркасом									
	Контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	Верстати важкі і середні									
	Трубопроводи на залізобетонних естакадах. Трубопроводи наземні									
Устаткування цеху	Наземні, кабельні лінії.									
	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1000	2000	2000	2000	2000	2000	2000	1000	1000	2000
Об'єм резервуара з бензином, м ³	79	45	45	60	54	54	70	54	60	70
Заповнення ємності бензином, %	3	2,5	2,5	2,5	3	3	3	3	3	3
Масова частка бензину в паровій фазі, %	180	350	300	250	350	300	250	200	200	200
Відстань, м	Зі збірною залізобетону									
Споруда цеху	З легким металевим каркасом									
	Контрольно-вимірювальні прилади (не захищені)									
	Середні і легкі									
	Верстати легкі і важкі									
Устаткування цеху	Трубопроводи на залізобетонних естакадах. Трубопроводи наземні									
	Наземні, кабельні лінії.									

5 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РОБОТИ ОБ'ЄКТА І ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ДО ПОРАЖАЮЧОГО ВПЛИВУ ПРОНИКАЮЧОЇ РАДІАЦІЇ

Проникаюча радіація — це потік гамма-випромінювання і нейтронів, які утворюються внаслідок ядерної реакції й радіоактивного розпаду продуктів поділу. На проникаючу радіацію витрачається 3,5–4 % енергії вибуху, тривалість дії не більше 10–15 секунд.

Потік гамма-променів і нейтронів починається у зоні ядерного вибуху, який миттєво поширюється від центру вибуху в усі боки і проходить відстань у сотні і тисячі метрів. На відміну від ударної хвилі і світлового випромінювання проникаюча радіація є невидимим і безпосередньо невідчутним вражаючим фактором.

Проте, при проходженні крізь щільну перепону, це випромінювання послаблюється. Від властивостей матеріалів і товщини захисного шару залежить ступінь послаблення проникаючої радіації, зниження інтенсивності що характеризується шаром половинного ослаблення.

Шар половинного ослаблення — це товщина речовини, при проходженні крізь який інтенсивність гамма-променів або нейтронів зменшується вдвічі. Його значення розраховується за формулою 5.1:

$$d_{\text{пол}} = \frac{23}{\rho}, \quad (5.1)$$

де $d_{\text{пол}}$ — шар половинного послаблення, см;

ρ — густина матеріалу, г/см³;

23 — шар половинного послаблення води, см.

Другою складовою частиною проникаючої радіації є потік нейтронів. Під впливом нейтронів утворюється штучна або наведена радіоактивність хімічних елементів, які до цього не були радіоактивними.

У результаті радіоактивного розпаду цих елементів будуть випускатися в навколишнє середовище бета — і гамма-промені.

Вражаюча дія проникаючої радіації визначається властивістю гамма-променів і нейтронів сильно іонізувати атоми середовища, в якому вони поширюються. Іонізуючи атоми і молекули, які входять до складу клітин, проникаюча радіація порушує функції окремих життєво важливих органів і систем.

Через те, що іонізацію безпосередньо в тканинах виміряти неможливо, вимірюють іонізацію в повітрі і роблять перерахунки на тканини.

Іонізуючу властивість проникаючої радіації у повітрі характеризують дозою випромінювання.

Доза випромінювання — це кількість енергії радіоактивних випромінювань, поглинутих одиницею об'єму середовища, яке опромінюється.

Розрізняють експозиційну, поглинуту і еквівалентну дозу.

Експозиційну дозу гамма-променів вимірюють несистемною одиницею — рентген (Р). Один рентген — це така доза рентгєнівського або гамма-випромінювання, яка в 1 см^3 сухого повітря при температурі 0°C і тиску 760 мм рт. ст. створює $2,08 \cdot 10^9$ пар іонів ($1\text{ мілірентген} = 10^{-3}\text{ Р}$, $1\text{ мікро рентген} = 10^{-6}\text{ Р}$). В системі СІ експозиційна доза вимірюється в кулонах на кілограм ($1\text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4}\text{ Кл/кг}$, $1\text{ мР} = 2,58 \cdot 10^{-7}\text{ Кл/кг}$).

Поглинута доза радіації — це величина, яка характеризує енергію іонізуючого випромінювання, поглинуту одиницею маси речовини, що опромінюється. В системі СІ поглинута доза вимірюється в джоулях на кілограм (Дж/кг). Крім цього, одиницею поглинутої дози є грей (Гр). $1\text{ Гр} = 1\text{ Дж/кг} = 100\text{ рад}$. $1\text{ рад} = 0,01\text{ Дж/кг} = 100\text{ ерг}$ поглинутої енергії в тканинах.

Поглинута доза точніше визначає вплив іонізуючих випромінювань на біологічні тканини організму з різним атомним складом і щільністю.

Рентген і рад визначають кількість енергії (дозу), яку одержує об'єкт, а не характеризує час, за який вона одержана. Для оцінки дії іонізуючого випромінювання за одиницю часу застосовується поняття — «потужність дози».

Потужність дози (або рівень радіації) — це доза, одержана за одиницю часу (Р/год, мР/хв, мкР/хв, мкР/год). Відповідно прийнятим одиницям потужність поглинутої дози вимірюють радами за секунду або хвилину (рад/с, рад/хв).

Різні види іонізуючого випромінювання при опроміненні організму однаковими дозами приводять до різного біологічного ефекту, що пов'язано з неоднаковою питомою щільністю іонізації, викликану ними. Тому введено поняття «відносна біологічна еквівалентність», яка показує співвідношення поглинутих доз різних видів випромінювання, що викликають однаковий біологічний ефект.

Для оцінки біологічної ефективності випромінювань введена одиниця поглинутої дози — біологічний еквівалент рентгена (бер).

Один бер — це доза будь-якого виду випромінювання, яка створює в організмі такий біологічний ефект, як 1 Р рентгенівського або гамма-випромінювання.

Бер є несистемною одиницею еквівалентної дози опромінення, в системі СІ такою одиницею є зіверт (Зв). $1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер}$.

Характерною особливістю проникаючої радіації є її властивість, подібно рентгенівським променям, проникати через різні матеріали. Під її впливом темніє скло оптичних приладів, засвічуються фотоматеріали, виходять із ладу і дають нереальні показники електронні прилади. При дії на електрообладнання виникають тимчасові (зворотні) і залишкові (незворотні) зміни електричних параметрів, погіршуються діелектричні властивості ізоляційних матеріалів, виникають струми витоку. Деякі полімери, залежно від характеру радіації, твердіють або стають надто м'якими.

Критерієм стійкості роботи електронних, електронно-оптичних систем і приладів до впливу проникаючої радіації є максимально припустимий потік нейтронів Φ_n , експозиційна доза D_γ і потужність експозиційної дози P_γ гамма-випромінювання, при яких починаються зміни параметрів елементів, але робота систем (приладів) ще не порушується (табл.5.1).

Таблиця 5.1

Величини параметрів проникаючої радіації, при яких елементи радіоелектронної апаратури починають змінювати свої характеристики.

Елементи радіоапаратури	Потік нейтронів, н/м ²	Доза гамма-випромінювання Р	Потужність дози гамма-випромінювання Р/с
Транзистори загального призначення	$10^{15} \dots 10^{18}$	$10^4 \dots 10^6$	10^5
Мікросхеми	$5 \cdot 10^{15}$	10^5	10^4
Інтегральні схеми	$10^{17} \dots 10^{21}$	$5 \cdot 10^5$	10^5
Радіолампи	$9 \cdot 10^{19}$		$5 \cdot 10^6$
Конденсатори	$10^{18} \dots 10^{21}$	$10^7 \dots 10^9$	10^5
Резистори	$2 \cdot 10^{19}$	$10^7 \dots 10^9$	10^6
Транзистори	—	—	10^7
Іскрові розрядники	—	10^6	10^5
Випрямлячі	$5 \cdot 10^{16}$	10^6	$5 \cdot 10^5$
Фотоелементи, сонячні батареї	10^{17}	$10^5 \dots 10^6$	10^3
Електричні батареї	—	—	$5 \cdot 10^6$
Магнітні матеріали	10^{19}	—	10^7
Напівпровідники	$10^{16} \dots 10^{17}$	$10^5 \dots 10^6$	—

Задача. Вхідні данні: Оцінити стійкість роботи об'єкта і його елементів до поражаючого впливу проникаючої радіації ядерного вибуху. Можлива потужність ядерного вибуху q ; вид і висота вибуху H ; відстань від передбачуваного центру (епіцентру) ядерного вибуху R_r ; ймовірне відхилення боеприпасів E ; радіоелементи, що входять до складу радіоелектронної апаратури і їхня радіаційна стійкість; коефіцієнт послаблення радіації будівлею, у якій розташована радіоелектронна апаратура.

Рішення. Розраховують мінімальну можливу відстань (м) від передбачуваного центру (епіцентру) ядерного вибуху за формулою 5.2:

$$R_{\min} = R_r - 3,2E \quad (5.2)$$

Розраховують максимальні можливі величини.

а) **Потік нейтронів** (n/m^2) кількісно визначають за формулою

5.3:

$$\Phi_n = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\min}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\min} \cdot \rho_v}{170\rho_{v_0}}\right), \quad (5.3)$$

де q — тротиловий еквівалент, кт; ρ_v/ρ_{v_0} — відношення щільності повітря на висоті вибуху до щільності повітря біля поверхні землі (табл. 5.2); $K_{\text{посл}}$ — коефіцієнт послаблення (табл. 5.3).

Таблиця 5.2

Відношення густини повітря на різних висотах до густини біля землі

Висота, км	ρ_v / ρ_{v_0}	Висота, км	ρ_v / ρ_{v_0}
0	1	5	0,601
1	0,907	8	0,428
2	0,822	10	0,337
3	0,742	15	0,156
4	0,669		

Таблиця 5.3

Значення коефіцієнта послаблення проникаючої радіації будівлями і спорудами

Будівлі, споруди	$K_{\text{посл}}$
Виробничі одноповерхові будівлі	5
Виробничі й адміністративні триповерхові будівлі	4
Підвал (кам'яне житло триповерхове)	300
Кам'яні двоповерхові будівлі	7
Підвал (кам'яне житло двохповерхове)	55

б) Потужність дози гамма-випромінювання (Р/с) обчислюється за формулою 5.4:

$$P_{\gamma} = \frac{1 \cdot 10^{15}}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{мін}}^3} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{мін}} \cdot \rho_{\text{в}}}{250 \rho_{\text{в}_0}}\right), \quad (5.4)$$

в) Дозу гамма-випромінювання, що є сумою відповідно миттєвого, осколкового і захватного випромінювання визначають за формулою 5.5:

$$D_{\gamma} = D_{\text{мит}} + D_{\text{оск}} + D_{\text{захв}}, \quad (5.5)$$

Миттєве гамма-випромінювання виділяється за десятки мікросекунд у момент ядерного вибуху, тобто поділу ядер урану або плутонію. Ця величина розраховується за формулою 5.6. Її роль у поражаючій дії проникаючої радіації незначна.

$$D_{\text{мит}} = \frac{1 \cdot 10^8}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{мін}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{мін}} \cdot \rho_{\text{в}}}{250 \rho_{\text{в}_0}}\right). \quad (5.6)$$

Осколкове гамма-випромінювання створюється осколками ядерного пального і визначається за формулою 5.7. Час його дії складає 10—25 с.

$$D_{\text{оск}} = \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2q^{0,65})}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{мін}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{мін}} \cdot \rho_{\text{в}}}{300 \rho_{\text{в}_0}}\right). \quad (5.7)$$

Захватне гамма-випромінювання утворюється в результаті захоплення нейтронів продуктами ядерного вибуху і повітрям і є основним джерелом гамма-випромінювання і визначається за формулою 5.8:

$$D_{\text{захв}} = \frac{5 \cdot 10^8}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{мін}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{мін}} \cdot \rho_{\text{в}}}{410 \rho_{\text{в}_0}}\right). \quad (5.8)$$

Визначають радіоеlementи, що входять до складу радіоелектронної апаратури, і їхню радіаційну стійкість (див. табл. 5.1).

Визначають можливість виходу з ладу елементів радіоелектронної апаратури за умовами:

$$\Phi_{\text{п}} \geq \Phi_{\text{п доп}}; \quad D_{\gamma} \geq D_{\gamma \text{ доп}}; \quad P_{\gamma} \geq P_{\gamma \text{ доп}};$$

Визначають, у скільки разів можливі величини параметрів проникаючої радіації перевищують допустимі за формулами 5.9, 5.10, 5.11.

$$K_{\gamma D} = \frac{D_{\gamma}}{D_{\gamma \text{ доп}}} \quad (5.9)$$

$$K_n = \frac{\Phi_n}{\Phi_{\text{п доп}}} \quad (5.10)$$

$$K_{\gamma P} = \frac{P_{\gamma}}{P_{\gamma \text{ доп}}} \quad (5.11)$$

За графіком (рис.5.1) визначають товщину шару матеріалу, необхідного для послаблення поражаючої дії проникаючої радіації.

Отримані дані записують у табл. (5.4), аналізують, роблять висновки і розробляють пропозиції щодо підвищення стійкості роботи до впливу проникаючої радіації.

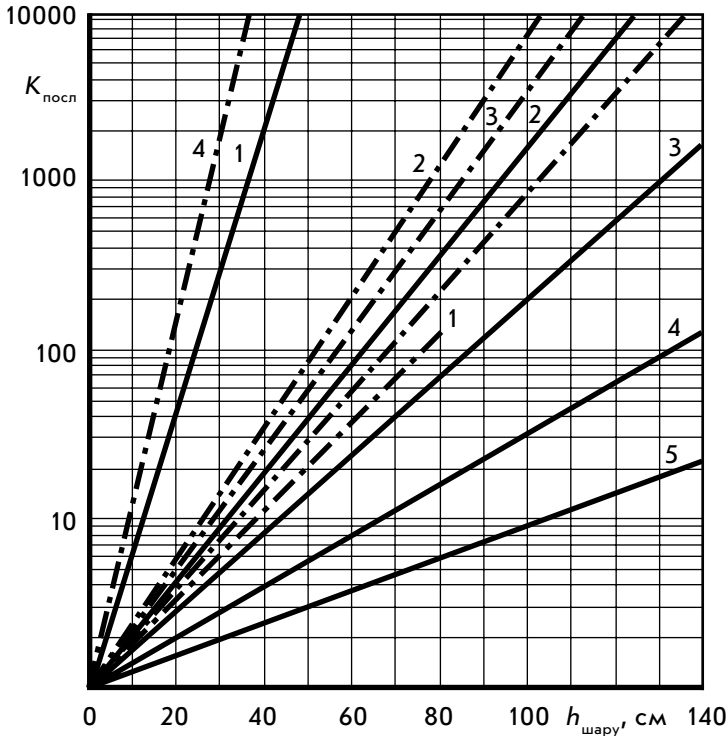


Рис. 5.1. Графік залежності коефіцієнта послаблення проникаючої радіації від товщини шару матеріалу

1 — залізо; 2 — залізобетон; 3 — ґрунт; 4 — поліетілен; 5 — деревина.

Позначення: ————— доза гамма-випромінювання

..... доза нейтронів

Таблиця 5.4

Результати оцінки стійкості радіоелектронної апаратури
об'єкта до впливу проникаючої радіації

Параметри	Розрахункові Π_p , (з урахуванням $K_{\text{посл}}=5$)	Допустимі $\Pi_{\text{доп}}$		$\Pi_p/\Pi_{\text{доп}}$
		$K_{\text{посл}}=5$	$K_{\text{посл}}=1$	
Інтегральні схеми				
Φ_n , н/м ²	6·10 ¹⁵	1·10 ¹⁷	5·10 ¹⁷	1,2·10 ⁻²
P_γ , Р/с	3,7·10 ⁷	1·10 ⁵	5·10 ⁵	74
D_γ , Р	213,7	5·10 ⁵	2,5·10 ⁶	8,5·10 ⁻⁵
Мікросхеми				
Φ_n , н/м ²	6·10 ¹⁵	5·10 ¹⁵	2,5·10 ¹⁶	2,4·10 ⁻¹
P_γ , Р/с	3,7·10 ⁷	1·10 ⁴	5·10 ⁴	740
D_γ , Р	213,7	1·10 ⁵	5·10 ⁵	4,3·10 ⁻⁴
Випрямлячі				
Φ_n , н/м ²	6·10 ¹⁵	5·10 ¹⁶	2,5·10 ¹⁷	2,4·10 ⁻²
P_γ , Р/с	3,7·10 ⁷	5·10 ⁵	2,5·10 ⁶	14,8
D_γ , Р	213,7	1·10 ⁶	5·10 ⁶	4,3·10 ⁻⁵

Приклад 1. Оцінити стійкість електронного устаткування автоматичної системи управління (АСУ) складального цеху заводу при впливі проникаючої радіації від вибуху нейтронного боеприпасу.

Вихідні дані. Віддалення цеху від ймовірної точки прицілювання $R_r = 1,1$ км; потужність боеприпасу $q = 5$ кт, ймовірне відхилення боеприпасу від точки прицілювання $E = 31$ м, вид вибуху — повітряний на висоті 2 км. АСУ встановлена в одноповерховій виробничій споруді. До складу електронної системи входять інтегральні схеми, мікросхеми, випрямлячі.

Рішення. Визначимо мінімальну відстань до ймовірного центру вибуху за формулою 5.2:

$$R_{\min} = R_r - 3,2E = 1100 - 3,2 \cdot 31 \approx 1000 \text{ м.}$$

Розрахуємо максимальні параметри проникаючої радіації, очікувані на об'єкті при ядерному вибуху з урахуванням коефіцієнта послаблення споруди цеху ($K_{\text{посл}}=5$)

а) Потік нейтронів розраховується за формулою 5.3:

$$\Phi_n = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{min}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{min}} \cdot \rho_{\text{в}}}{170 \rho_{\text{в}_0}}\right) = \frac{7,5 \cdot 10^{22}}{5 \cdot 1000^2} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{170}\right) \approx \\ \approx 6 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2$$

З урахуванням вибуху нейтронних боєприпасів потік нейтронів буде в 10 разів більшим і складе $6 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2$.

б) Потужність дози гамма-випромінювання розраховується за формулою 5.4:

$$P_{\gamma} = \frac{1 \cdot 10^{15}}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{min}}^3} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{min}} \cdot \rho_{\text{в}}}{250 \rho_{\text{в}_0}}\right) = \frac{1 \cdot 10^{15}}{5 \cdot 1000^3} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{250}\right) \approx \\ \approx 3,7 \cdot 10^7 \text{ Р/с}$$

в) Дозу гамма-випромінювання

для миттєвого випромінювання розраховують за формулою 5.6:

$$D_{\text{мит}} = \frac{1 \cdot 10^8}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{min}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{min}} \cdot \rho_{\text{в}}}{250 \rho_{\text{в}_0}}\right) = \frac{1 \cdot 10^8}{5 \cdot 1000^2} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{250}\right) \approx \\ \approx 3,7 \text{ Р}$$

для осколкового гамма-випромінювання розраховується за формулою 5.7:

$$D_{\text{оск}} = \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2q^{0,65})}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{min}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{min}} \cdot \rho_{\text{в}}}{300 \rho_{\text{в}_0}}\right) = \\ = \frac{1,4 \cdot 10^9 (1 + 0,2 \cdot 5^{0,65})}{5 \cdot 1000^2} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{300}\right) \approx 1,4 \cdot 10^2 \text{ Р}$$

для захватного гамма-випромінювання використовуємо формулу 5.8:

$$D_{\text{захв}} = \frac{5 \cdot 10^8}{K_{\text{посл}} \cdot R_{\text{min}}^2} \cdot q \cdot \exp\left(-\frac{R_{\text{min}} \cdot \rho_{\text{в}}}{410 \rho_{\text{в}_0}}\right) = \frac{5 \cdot 10^8}{5 \cdot 1000^2} \cdot 5 \cdot \exp\left(-\frac{1000 \cdot 0,822}{410}\right) \approx \\ \approx 0,7 \cdot 10^2 \text{ Р}$$

Повну дозу гамма-випромінювання розраховують за формулою 5.5:

$$D_{\gamma} = 3,7 + 140 + 70 = 213,7 \text{ Р.}$$

За табл. 5.1 визначимо граничні параметри проникаючої радіації, при яких радіоеlementи, що входять у блоки системи АСУ, починають змінювати свої параметри.

Інтегральні схеми:

за потоком нейтронів 10^{17} н/м^2 ;

за дозою гамма-випромінювання $5 \cdot 10^5 \text{ Р}$;

за потужністю дози гамма-випромінювання 10^5 Р/с

Мікросхеми:

- за потоком нейтронів $5 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2$;
- за дозою гамма-випромінювання 10^5 Р ;
- за потужністю дози гамма-випромінювання 10^4 Р/с .

Випрямлячі:

- за потоком нейтронів $5 \cdot 10^{16} \text{ н/м}^2$;
- за дозою гамма-випромінювання 10^6 Р ;
- за потужністю дози гамма-випромінювання $5 \cdot 10^5 \text{ Р/с}$.

Отже, граничними параметрами проникаючої радіації (з урахуванням коефіцієнта послаблення споруди $K_{\text{посл}} = 5$) для системи АСУ є:

- за потоком нейтронів $2,5 \cdot 10^{16} \text{ н/м}^2$;
- за дозою гамма-випромінювання $5 \cdot 10^5 \text{ Р}$;
- за потужністю дози гамма-випромінювання $5 \cdot 10^4 \text{ Р/с}$.

Визначимо можливість виходу системи з ладу.

- за потоком нейтронів $\Phi_n = 6 \cdot 10^{15} \text{ н/м}^2 < \Phi_{n \text{ доп}} = 2,5 \cdot 10^{16} \text{ н/м}^2$
- за дозою гамма-випромінювання $D_\gamma = 213,7 \text{ Р} < D_{\gamma \text{ доп}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Р}$
- за потужністю дози гамма-випромінювання $P_\gamma = 3,7 \cdot 10^7 \text{ Р/с}$
 $> P_{\gamma \text{ доп}} = 5 \cdot 10^4 \text{ Р/с}$

Отже, система АСУ нестійка в роботі до впливу потужності дози гамма-випромінювання.

Визначимо, у скільки разів можливі величини параметрів перевищують допустимі, за формулами (5.9) — (5.11):

$$\begin{aligned} K_{\gamma D} &= D_\gamma / D_{\gamma \text{ доп}} = 213,7 / 5 \cdot 10^5 = 4,3 \cdot 10^{-4} \\ K_n &= \Phi_n / \Phi_{n \text{ доп}} = 6 \cdot 10^{15} / 2,5 \cdot 10^{16} = 2,4 \cdot 10^{-1} \\ K_{\gamma P} &= P_\gamma / P_{\gamma \text{ доп}} = 3,7 \cdot 10^7 / 10^4 = 740 \end{aligned}$$

Визначимо параметри екрана для захисту АСУ від гамма-випромінювання за рис 1:

$$h_\gamma = 90 \text{ см залізобетону.}$$

Отримані дані запишемо в табл. 5.4.

Висновки:

- АСУ цеху нестійка до впливу проникаючої радіації від вибуху нейтронного боеприпасу.
- Для забезпечення стійкості роботи АСУ необхідно захистити її залізобетонним екраном товщиною 90 см.

ЗАДАЧА. Оцінити стійкість електронного устаткування автоматичної системи управління (АСУ) складального цеху заводу від проникаючої радіації при вибуху нейтронного боеприпасу.

Вихідні дані: потужність боеприпасу $q = \text{_____ кт}$, відстань об'єкту від точки вибуху $R_r = \text{_____ км}$; ймовірне відхилення боеприпасу від точки прицілювання $E = \text{_____ м}$, вид вибуху — повітряний на висоті $H = \text{_____ км}$. АСУ встановлена в од-

ноповерховій виробничій будівлі з коефіцієнтом послаблення $K_{\text{посл}} = 5$. До складу АСУ входять інтегральні схеми, мікросхеми, випрямлячі, фотоелементи.

Вихідні дані для рішення задачі наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5

Вихідні дані для оцінки стійкості до впливу проникаючої радіації

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потужність нейтронного боєприпаси, кт	6	7	8	5	10	5	5	6	5	10
Відстань, км	1,5	1,7	1,8	1,4	2,6	1,8	1,1	1,4	1,8	2,2
Ймовірне відхилення, м	100	250	250	125	500	250	125	125	250	250
Висота вибуху, км	3	4	4	2	2	2	2	4	4	2
Склад електронного обладнання	Інтегральні схеми, мікросхеми, випрямлячі, фотоелементи									
Параметри	Варіанти									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Потужність нейтронного боєприпаси, кт	5	8	4	3	6	7	8	9	8	5
Відстань, км	1,2	1,8	1,1	1,2	1,2	1,5	1,6	1,8	2,0	1,1
Ймовірне відхилення, м	31,25	250	31,25	125	125	250	125	250	500	31,25
Висота вибуху, км	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2
Склад електронного обладнання	Інтегральні схеми, мікросхеми, випрямлячі, фотоелементи									

6 ОЦІНКА СТІЙКОСТІ РОБОТИ ОБ'ЄКТА І ЙОГО ЕЛЕМЕНТІВ ДО ВПЛИВУ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ІМПУЛЬСУ

Ядерні вибухи в атмосфері і в більш високих шарах призводять до виникнення потужних електромагнітних полів з довжиною хвилі від 1 до 1000 м і більше. Ці поля через їх короткочасне існування називають електромагнітним імпульсом (ЕМІ). Вражаюча дія ЕМІ обумовлена виникненням напруги і струмів у провідниках різної довжини, розміщених у повітрі і на землі.

Основною причиною генерації ЕМІ тривалістю 1 с вважають взаємодію гамма — променів і нейтронів з газом у фронті ударної хвилі і навколо неї. Важливе значення має також виникнення асиметрії в розподілі просторових електричних зарядів, пов'язаних з особливостями поширення гамма-променів і утворення електронів.

При низькому або наземному вибуху гамма-промені із зони ядерних реакцій вибивають із атомів повітря швидкі електрони, які летять у напрямку руху гамма-променів зі швидкістю, близькою до швидкості світла, а позитивні іони (залишки атомів) залишаються на місці. В результаті такого розподілу зарядів у просторі утворюються елементарні й результуючі електричні та магнітні поля ЕМІ.

При наземному і низькому повітряному вибухах вражаюча дія спостерігається на відстані кількох кілометрів від центру вибуху. При висотному ядерному вибуху ($H=10$ км) можуть виникати поля ЕМІ в зоні вибуху і на висотах 20—40 км від поверхні землі.

Гамма-промені, які випускаються із зони вибуху у напрямі поверхні землі, поглинаються в більш щільних шарах атмосфери на висоті 20—40 км, вибиваючи з атомів повітря швидкі електрони. В результаті поділу і переміщення позитивних і негативних зарядів у цій зоні і в зоні вибуху, а також при взаємодії зарядів з геомагнітним полем землі, виникають електромагнітні випромінювання, які досягають поверхні землі в зоні з радіусом кілька сот кілометрів.

Напруженість електромагнітного поля, створеного ЕМІ, досягає 50000 В/м, в той час як у радіолокації вона не перевищує 200 В/м, а в зв'язку — 10 В/м.

Час наростання ЕМІ до максимального становить кілька міліардних частинок секунди, що значно менше часу спрацювання відомих електронних систем захисту. Це значить, що в момент

приходу ЕМІ чутливе електронне обладнання одержить дуже велике перевантаження, протистояти якому воно не зможе.

Параметри ЕМІ залежать від потужності і висоти вибуху, а також відстані від епіцентру вибуху.

Магнітні і електричні поля характеризуються напруженістю поля. В динаміці імпульс ЕМІ — це швидко затухаючий коливний процес з кількома квазі-півперіодами.

ЕМІ уражає радіоелектронну і радіотехнічну апаратуру. В провідниках індукуються високі напруги і струми, які можуть призвести до постійних або тимчасових пошкоджень ізоляції кабелів, відключення реле і переривників, пошкодження елементів зв'язку, магнітних запам'ятовуючих пристроїв у ЕОМ і системи передачі даних. Найбільш уразливими елементами обладнання є напівпровідникові прилади — транзистори, діоди, кременеві випрямлячі, інтегруючи ланцюги, цифрові процесори, управляючі і контролюючі прилади. Чутливі до пошкодження ЕМІ транзистори звукової частоти, перемикачі транзистори, та інші.

Найбільш стійкі до ЕМІ вакуумні електронні прилади, які виходять із ладу при енергії 1 Дж. Величина енергії ЕМІ залежить від ширини періоду частот антенних систем.

Більшість систем зв'язку працюють у діапазоні частоти від середніх до ультрависоких і можуть бути пошкодженими залежно від робочого періоду частот. Радіолокаційні системи менше пошкоджуються від ЕМІ, тому що вони працюють у період частот, де щільність енергії ЕМІ невелика. Іскріння, яке виникає під впливом високого електричного поля ЕМІ, може спричинити спалахування парів бензину та інших палив у сховищах.

Якщо ядерний вибух стався поблизу лінії електропостачання або зв'язку великої довжини, то наведені в них напруги можуть поширюватися крізь провідники на багато кілометрів, пошкоджувати апаратуру і вражати людей, які знаходяться на безпечній відстані відносно інших вражаючих факторів ядерного вибуху.

Критерієм стійкості роботи електричних систем при дії ЕМІ є максимальна напруга, яка наводиться в кабельних, провідних лініях і струмопровідних елементах, при яких не виходять з ладу системи.

Критерієм стійкості роботи електричних систем при дії ЕМІ є максимальна величина енергії, поглинута функціональними елементами системи, при якій не виникає збій у роботі.

Для оцінки стійкості об'єкту від ЕМІ необхідні дані: тротиловий еквівалент ядерного вибуху, вид ядерного вибуху, ймовірне відхилення боєприпасу від точки прицілювання (ці дані посту-

пають з вищестоящого штабу ЦО), координати об'єкту та його елементів, характеристика електричних та електронних систем об'єкту та його елементів (довжина провідних та кабельних ліній, розміри струмопровідних елементів, робоча напруга, електронні системи та їх елементи).

Визначають мінімально можливу відстань від центра (епіцентра) ядерного вибуху (км) за формулою 6.1:

$$R_{\min} = R - 3,2 \cdot E. \quad (6.1)$$

Розраховують максимально можливу напруженість електричного поля:

вертикальні складові за формулою 6.2:

$$E_{\text{в}} = 5 \times 10^3 \times K \frac{(1 + 2 \cdot R_{\min})}{R_{\min}^3} \times \lg(14,5 \times q), \quad (6.2)$$

горизонтальні складові — за формулою 6.3:

$$E_{\text{г}} = 10 \times K \times \frac{(1 + 2 \cdot R_{\min})}{R_{\min}^3} \times \lg(14,5 \times q), \quad (6.3)$$

де $E_{\text{в}}$, $E_{\text{г}}$ — напруженість електричного поля, В/м; $R_{\min}$ — відстань від центра (епіцентру) ядерного вибуху, км; q — потужність ядерних боєприпасів, кт; K — коефіцієнт асиметрії, який визначається за графіком залежності від висоти вибуху (рис. 6.1)

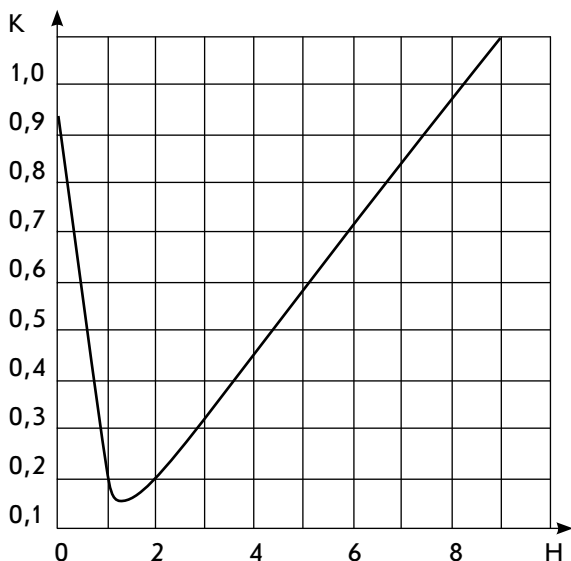


Рис. 6.1. Приближені значення коефіцієнту асиметрії щодо наземного вибуху, як функція висоти.

K — коефіцієнт асиметрії щодо наземного вибуху,
 H — висота вибуху.

Визначають напругу за формулами 6.4, 6.5:

$$U_{\text{в}} = E_{\text{в}} \cdot h, \quad (6.4)$$

$$U_{\text{г}} = E_{\text{г}} \cdot I, \quad (6.5)$$

де $U_{\text{в}}, (U_{\text{г}})$ — напруга, що може виникнути у вертикальних (горизонтальних) незахищених провідниках і кабелях, В; $h, (\lambda)$ — висота (довжина) провідника або кабелю, м.

Визначають допустиме напруження наводок (В) за формулою 6.6:

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{р}} + \Delta U = U_{\text{р}} + \frac{U_{\text{р}} \%}{100}, \quad (6.6)$$

де $U_{\text{р}}$ — робоча напруга, В;

$U_{\text{р}} \%$ — припустиме коливання напруги в мережі, %.

Порівнюють розрахункове допустиме напруження $U_{\text{пр}} \sim$ з імпульсним $U_{\text{в}}, U_{\text{г}}$, при якому випробувався кабель.

Якщо $U_{\text{пр}} \leq U_{\text{в}} (U_{\text{г}})$ то кабель зберігається, у противному випадку необхідно прийняти міри захисту від впливу ЕМІ.

Розраховують ефективність захисту. Оскільки наводиться напруга у кабельних лініях прямо пропорційно напрузі електричного поля ЕМІ, то ефективність екрану кабелю знайдемо за формулами 6.7 і 6.8:

$$E_{\text{каб}} = \frac{U_{\text{в}}}{U_{\text{пр}}}, \quad (6.7)$$

$$E_{\text{каб}} = \frac{U_{\text{г}}}{U_{\text{пр}}}, \quad (6.8)$$

За напруженістю електричного поля $E_{\text{і}}$, мінімальній відстані від центру вибуху $R_{\text{мін}}$ та тривалості імпульсу τ визначають енергію імпульсу (Дж) за формулою 6.9:

$$W = E_{\text{в}}^2 \times E_{\text{мін}}^{-2} \cdot \frac{\tau}{30}, \quad (6.9)$$

де τ — тривалість імпульсу, беремо за 150—200 мкс.

Порівнюючи стійкість роботи схеми за табл. 6.1 з величиною енергії імпульсу, визначають можливість її виходу з ладу і величину, до якої доцільно підняти поріг стійкості шляхом установки екрану.

Таблиця 6.1

Максимальні енергії імпульсу, що не викликають збоїв у роботі радіоелектронної апаратури (W_{ex})

Енергії імпульсу, Дж	Найменування елементів, схем
10^{-3}	Могутні транзистори, тонкоплівкові резистори, діоди Вінера, конденсатори плівкові
10^{-4}	Транзистори середньої потужності, конденсатори, діоди
10^{-5}	Малопотужні транзистори, біполярні інтегральні схеми, мікросхеми
10^{-6}	Лінійні інтегральні схеми
10^{-7}	Надвисокочастотні діоди, пристрої оперативної пам'яті, плата з логічними елементами
10^{-8}	Підсилювачі

Тому енергія, що виділилась в елементах схеми при дії ЕМІ пропорційна квадрату напруженості поля ЕМІ, то ефективність екрану, що забезпечує збільшення порогу стійкості визначається за формулою 6.10:

$$E = \sqrt{\frac{W}{W_{\text{ex}}}}, \quad (6.10)$$

де W_{ex} — поріг стійкості схеми до впливу ЕМІ, Дж.

Товщину екрану визначають за формулою 6.11:

$$h = \sigma \left[\ln E - \ln \left(0,5 + \frac{D}{2,8 \times m \times \mu_r \times \sigma} \right) \right], \quad (6.11)$$

де σ — еквівалентна глибина проникнення для різних екрануючих матеріалів (табл. 6.2)

μ_r — відносна магнітна проникність, (табл. 6.3).

m — коефіцієнт форми екрану (для прямокутного $m=1$, для циліндричного $m=2$; для сферичного $m=3$);

D — діаметр екрану, мм.

Таблиця 6.2

Еквівалентна глибина проникнення σ для різних матеріалів,
що екранують

Частота	Мідь	Латунь	Алюмі- ній	Сталь		Перма- лой
				$\mu_r=100$	$\mu_r=200$	
10^2	6,700	12,400	8,800	1,590	1,100	0,370
5×10^2	4,300	8,150	5,800	1,045	0,775	0,225
10^3	2,100	3,900	2,800	0,500	0,350	0,120
5×10^3	1,385	2,570	1,840	0,330	0,230	0,079
10^4	0,670	1,240	0,880	0,159	0,110	0,037
2×10^4	0,578	1,070	0,760	0,137	0,095	0,032
4×10^4	0,486	0,900	0,640	0,115	0,080	0,027
6×10^4	0,394	0,730	0,520	0,093	0,065	0,022
8×10^4	0,302	0,560	0,400	0,071	0,050	0,017
10^5	0,210	0,390	0,280	0,050	0,035	0,012

Отримані дані записуються в табл. 6.4, їх аналізують, роблять висновки і розробляють пропозиції щодо підвищення стійкості.

Таблиця 6.3

Електрофізичні параметри деяких металів

Метал	Питомий опір ρ_1 (Ом $\cdot$ мм ²)/м	Питома провідність G, См/м	Відносна магнітна проник- ність μ_r	Коефіцієнт матеріалу екрана A, м Гц I/2
Мідь	0,0175	$5,7 \times 10^7$	1	$6,7 \times 10^{-2}$
Латунь	0,06	$16,6 \times 10^6$	1	$12,4 \times 10^{-2}$
Алюміній	0,03	33×10^6	1	$8,8 \times 10^{-2}$
Сталь	0,01	10×10^6	100 200	1059×10^{-2} $1,1 \times 10^{-2}$
Пермалой	0,065	$1,54 \times 10^6$	12000	$0,37 \times 10^{-2}$

Таблиця 6.4

Результати оцінки стійкості механічного цеху до впливу електромагнітного імпульсу ядерного вибуху

Елементи	Межа стійкості		Максимальна напруженість електричного поля, В/м	Максимальна напруга, що наводиться, В	Максимальна енергія наведення ЕМІ, Дж	Результати	
	Допустиме напруження наведень, В	Допустима енергія наведення, Дж				Необхідна ефективність екрану	Розрахункова товщина екрана, мм
Мережа електроживлення верстатів	437		1580	2370		5,4	0,17
Мережа харчування, системи керування	242		1580	3160		12,5	0,28
Пульти і блоки керування верстатами (мікросхеми)		10^{-5}	1580		482,6	6950	1,17

Приклад 1. Потрібно оцінити стійкість роботи механічного цеху до впливу ЕМІ ядерного вибуху.

Вихідні дані: завод розташований на відстані 7 км від ймовірної точки прицілювання $R = 7$ км; очікувана потужність боєприпасу $q = 1000$ кт; вибух наземний; ймовірне відхилення боєприпасу від точки прицілювання $E = 0,5$ км; у цеху установлені верстати програмного управління. Елементи піддаються впливу ЕМІ. Тривалість імпульсу $\tau = 200$ мкс.

Електроживлення верстатів здійснюється від підстанції по кабелю довжиною $l_1 = 100$ м. Кабель має вертикальні відгалуження до електродвигунів висотою $h = 5$ м. Робоча напруга $U_{p1} = 380$ В. Припустиме коливання напруги $\Delta U_{p1} = \pm 15\%$.

Система програмного управління верстатами складається з пульта управління, що розводить мережі і блоки управління. Пульти і блоки управління виконані на мікросхемах і мають сферичну форму діаметром 100 мм. Живлення від загальної мережі напругою $U_{p2} = 220$ В через трансформатор. Припустиме коливан-

ня напруги $\Delta U_{p2} = \pm 15\%$. Розводяща мережа має горизонтальні лінії довжиною $I_2 = 50$ м і вертикальні відгалуження висотою $h_2 = 2$ м.

Рішення. Визначити можливу мінімальну відстань від центру вибуху до механічного цеху можна за формулою 6.1:

$$R_{\min} = 7 - 3,2 \cdot 0,5 = 5,4 \text{ км}$$

Розрахувати очікувані на об'єкті максимальні значення вертикальної E_v і горизонтальної E_r складових напруження електричного поля при коефіцієнті асиметрії, рівним для наземного вибуху $K = 1$ (рис. 6.1), за формулами 6.2, 6.3.

$$E_v = 5 \cdot 10^3 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5,4)}{5,4^3} \cdot \lg(14,5 \cdot 100) = 1580 \text{ В/м}$$

$$E_r = 10 \cdot 1 \cdot \frac{(1 + 2 \cdot 5,4)}{5,4^3} \cdot \lg(14,5 \cdot 1000) = 3,2 \text{ В/м}$$

Визначити максимальну очікувану напругу наведень за формулами 6.4, 6.5

– у системі електроживлення верстатів:

$$U_v = 1580 \cdot 1,5 = 2370 \text{ В}, \quad U_r = 3,2 \cdot 100 = 320 \text{ В}$$

– у системі програмного управління:

$$U_v = 1580 \cdot 2 = 3160 \text{ В}, \quad U_r = 3,2 \cdot 50 = 160 \text{ В}$$

Визначити допустиме напруження наведень за формулою 6.6:

– у системі живлення верстатів:

$$U_{\text{пр}} = 380 + \frac{380}{100} \cdot 15 = 437 \text{ В},$$

– у системі програмного управління:

$$U_{\text{пр}} = 220 + \frac{220}{100} \cdot 15 = 253 \text{ В},$$

Порівняти розрахункове допустиме напруження $U_{\text{пр}}$ з імпульсним U_v, U_r :

– у системі живлення верстатів:

$$U_r = 320 \text{ В} < U_{\text{пр}} = 437 \text{ В};$$

$$U_v = 2370 \text{ В} > U_{\text{пр}} = 437 \text{ В};$$

– у системі програмного управління:

$$U_r = 160 \text{ В} < U_{\text{пр}} = 253 \text{ В};$$

$$U_v = 3160 \text{ В} > U_{\text{пр}} = 253 \text{ В}.$$

Отже, від напруження, що наводиться у вертикальних мережах, система електроживлення верстатів і система програмного управління верстатами можуть вийти з ладу. Необхідно прийняти заходи захисту від впливу ЕМІ.

Визначимо ефективність екрана за формулою 6.7:

- у системі живлення верстатів:

$$E_{\text{каб}} = \frac{2370}{437} = 5,4$$

- у системі управління верстатами:

$$E_{\text{каб}} = \frac{3160}{253} = 12,5$$

Розраховуємо енергію імпульсу W за формулою 6.9:

$$W = \frac{1580^2 \cdot 5,4^{-2} \cdot 210^{-4}}{30} = 485,3 \text{ Дж}$$

За таблицею 6.4 визначити можливість виходу з ладу блоків і пульта управління.

Максимальна енергія ЕМІ, що не викликає збоїв у роботі мікросхеми, $W_{\text{пр}} = 10^{-5}$ Дж, а енергія ЕМІ при ядерному вибуху в районі їх розташування $W = 485,3$ Дж. Отже, пульт управління і блоки управління верстатами можуть вийти з ладу. Потрібен захист.

Визначаємо ефективність екрана за формулою 6.10:

$$E = \sqrt{\frac{485,3}{10^{-5}}} = 6,95 \cdot 10^3$$

Визначаємо товщину екрана за формулою 6.11:

- для системи живлення верстатів екран зі сталі з відносною магнітною проникністю $\mu_r = 100$, циліндричної форми, діаметром 40 мм, для ЕМІ частотою 2×10^4 Гц:

$$h = 0,137 \cdot \left[1 \lg 5,4 - \lg \left(0,5 + \frac{40}{2,8 \cdot 2 \cdot 100 \cdot 0,137} \right) \right] = 0,22 \text{ мм}$$

- для системи управління екран зі сталі з відносною магнітною проникністю $\mu_r = 100$, циліндричної форми, діаметром 10 мм, для ЕМІ частотою 2×10^4 Гц:

$$h = 0,137 \cdot \left[1 \lg 12,5 - \lg \left(0,5 + \frac{40}{2,8 \cdot 3 \cdot 100 \cdot 0,137} \right) \right] = 0,34 \text{ мм}$$

– для пульта і блоків управління екран зі сталі з відносною магнітною проникністю $\mu_r = 100$, сферичної форми, діаметром 100 мм, для ЕМІ частотою 2×10^4 Гц:

$$h = 0,137 \cdot \left[1 \lg 6950 - \lg \left(0,5 + \frac{100}{2,8 \cdot 3 \cdot 100 \cdot 0,137} \right) \right] = 1,17 \text{ мм}$$

Отримані дані записують в таблицю (6.4).

Висновки: 1. Система живлення верстатів, пульта і блоків управління нестійкі в роботі до впливу ЕМІ ядерного вибуху.

2. Пульт і блоки управління верстатами нестійкі в роботі до впливу ЕМІ ядерного вибуху.

Для підвищення стійкості систем живлення, пульта і блоків управління необхідно захистити їх екраном, тобто системи живлення верстатів, пульта і блоків управління прокласти в сталевих трубах, які слід заземлити. Пульт і блоки управління захистити сталевим екраном товщиною 1,2 мм.

ЗАДАЧА. Оцінити стійкість роботи цеху від ЕМІ за даними табл. 6.5 за пропонованими варіантами. Зробити висновки (на прикладі табл.6.4), дати рекомендації щодо підвищення стійкості роботи обладнання та АСУ.

Таблиця 6.5

Вихідні дані для оцінки стійкості роботи цеху від ЕМІ

Параметри	Варіант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Потужність наземного вибуху, q, кт	2000	1000	500	300	200	100	50	2000	1000	500
Ймовірне відхилення, E, км	0,125							0,5		
Відстань R _r , км	6,7	5,4	4,4	3,9	3,4	2,9	3,4	8,6	7,1	6,6
Живлення обладнання	Від мережі перемінного струму напругою 380±15%									
Горизонтальні ділянки, м	75							150		
Вертикальні ділянки, м	0,8							1,5		
Система АСУ	Живлення мікросхем 12В ±10%									
	Блоки та пульт управління виконані на мікросхемах. Живлення від мережі перемінного струму напругою 220±10%									
Горизонтальні ділянки, м	50							75		
Вертикальні ділянки, м	1,4							1,2		
Струмopовідні елементи мікросхем, м	0,01							0,05		

Продовження табл. 6.5

Параметри	Варіант									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Потужність наземного вибуху, q , кт	300	200	100	50	2000	1000	500	300	200	100
Ймовірне відхилення, E , км	0,5				0,25					
Відстань R_r , км	6,1	5,6	4,6	3,8	7,8	6,3	5,3	4,8	4,3	3,8
Живлення обладнання	Від мережі перемінного струму напругою $380 \pm 15\%$									
Горизонтальні ділянки, м	150				100					
Вертикальні ділянки, м	1,5				2,0					
Система АСУ	Живлення мікросхем $12V \pm 10\%$				Блоки та пульт управління виконані на мікросхемах. Живлення від мережі перемінного струму напругою $220 \pm 10\%$					
Горизонтальні ділянки, м	75				100					
Вертикальні ділянки, м	1,2				0,8					
Струмopровідні елементи мікросхем, м	0,05				0,02					

7 ІНЖЕНЕРНИЙ ЗАХИСТ РОБІТНИКІВ І СЛУЖБОВЦІВ ОБ'ЄКТУ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Під поняттям «інженерна обстановка» розуміють сукупність наслідків від дій стихійних лих, аварій, катастроф, а також первинних та вторинних факторів ядерної зброї, інших сучасних засобів ураження, внаслідок яких спостерігаються руйнування будівель, споруд, обладнання, комунально-енергетичних мереж, засобів зв'язку і транспорту, мостів, загат, аеродромів тощо.

Такі наслідки негативно впливають на стійкість роботи об'єктів господарства країни та на життєдіяльність населення.

Оцінка інженерної обстановки проводиться на основі сумісного використання даних прогнозування та інженерної розвідки.

Вхідними даними для оцінки інженерної обстановки є дані про найбільш вірогідні стихійні лиха, аварії (катастрофи), про застосування зброї масового ураження, а також характеристика захисних споруд, інженерно-технічного комплексу об'єкта тощо.

Захист людей у різних надзвичайних ситуаціях як мирного, так і воєнного часу — одне з головних завдань цивільної оборони. Обсяг і характер захисних заходів визначається особливостями окремих районів і об'єктів, а також тією обстановкою, що може скластися в результаті тієї чи іншої НС.

Найбільш ефективним способом захисту робітників та службовців є укриття в захисних спорудах (ЗС). Захисні споруди — це інженерні споруди, призначені для захисту людей від наслідків великих виробничих аварій, катастроф, стихійних лих і застосування сучасних засобів ураження. Ці споруди, залежно від захисних властивостей, підрозділяються на:

- сховища (С);
- протирадіаційні укриття (ПРУ);
- найпростіші укриття (НПУ).

Захисні споруди призначені для захисту людей від наслідків аварій (катастроф), стихійних лих, а також від вражаючих факторів ЗМУ та звичайних засобів нападу, дій вторинних вражаючих факторів, отруйних та сильно ядучих речовин, високих температур горіння та бактеріальних засобів.

Захисні споруди поділяються:

за місткістю

- малої місткості (150—600 осіб);
- середньої місткості (600—2000 осіб);

- великої місткості (більше 2000 осіб).

за місцезташуванням

- вбудовані;
- окремо стоячі;
- метрополітени;
- у гірських виробках.

за захисними властивостями

- сховища
- протирадіаційні укриття (ПРУ)
- найпростіші укриття — щілини (відкриті та перекриті)

Надійність захисту робітників та службовців у захисних спорудах досягається за рахунок міцності конструкцій і перекриттів, розрахованих на витримування максимальних надлишкових тисків, а також наявності інженерно-технічного обладнання, що забезпечує умови життєдіяльності людей.

Основні вимоги, що пред'являються до захисних споруд:

- захисні властивості захисних споруд не повинні погіршуватися внаслідок виробничої діяльності об'єктів, а також при їх використанні для господарських потреб;
- захисні споруди мають забезпечити життєдіяльність людей, що вкриваються, на період не менш як 2 доби;
- входи до захисних споруд повинні бути розташовані на відстані не більше 200м від місця роботи людей;
- забороняється будувати захисні споруди під цехами с важким обладнанням, ближче 100м від вибухонебезпечних складів та сховищ;
- захисні споруди слід розташовувати в цокольних та підвальных поверхах будівель та споруд; окремо стоячі захисні споруди мають будуватися тільки за умови, коли неможливо влаштувати вбудовані.

7.1 Розрахунок захисних споруд та їх обладнання

Для розрахунку захисних споруд та їх обладнання необхідні наступні вихідні дані:

- $\Delta P_{\text{ф max}}$ — максимальний надлишковий тиск ударної хвилі, кПа;
- $V_{\text{с.в.}}$ — швидкість середнього вітру, що переважає в районі розташування об'єкту, км/год;
- $\beta_{\text{с.в.}}$ — азимут середнього вітру, град;
- $R_{\text{ч}}$ — віддалення об'єкту від центру вибуху, км;

- кліматичні умови району розташування об'єкта;
- загальна кількість робітників та службовців у найбільшій зміні, в тому числі жінок;
- схема розташування робочих ділянок на об'єкті та розподілення робочого персоналу по них;
- можлива пожежна обстановка на об'єкті;

Визначення захисних властивостей захисних споруд

На цьому етапі розраховується необхідна міцність та ступінь послаблення радіації захисними спорудами: Необхідна міцність захисної споруди $\Delta P_{\text{ф необх}}$ визначається максимальним надлишковим тиском, очікуваним на об'єкті:

$$\Delta P_{\text{ф необх}} = \Delta P_{\text{ф тах}} \quad (7.1)$$

Конструкції, що огорожують (стіни, перекриття) захисну споруду, мають забезпечувати послаблення радіоактивного впливу ($K_{\text{посл}}$) до допустимого рівня радіації, тобто такий рівень радіації (R) всередині захисної споруди, при якому доза опромінення (D) людей, що в ньому вкриваються, не перевищує гранично припустиму ($D_{\text{прип}}$).

Гранично припустима доза радіації ($D_{\text{прип}}$) однократного опромінення — 25Р для мирного часу та 50Р (за 4 доби) для воєнного часу.

Необхідний коефіцієнт послаблення радіації визначають за формулою 7.2:

$$K_{\text{посл}} = K_{\text{р}} \prod_{i=1}^n 2^{h_i/d_i} \quad (7.2)$$

де $K_{\text{р}}$ — коефіцієнт, що враховує умови розташування захисного споруди (для вбудованих захисних споруд $K_{\text{р}}=4$, для окремо стоячих $K_{\text{р}}=2$);

n — кількість захисних шарів матеріалів перекриттів захисної споруди;

h_i — товщина i -го захисного шару, см;

d_i — товщина шару половинного послаблення, см; (для бетону $d_6 = 5.7$, для гранта $d_{\text{гр}} = 8.1$)

Визначається можлива максимальна доза опромінювання на відкритій місцевості ($D_{\text{відкр}}$) території об'єкта при одноразовому опромінюванні за 4 доби за формулою 7.3:

$$D_{\text{відкр}} = 5 \times P_{1\text{max}} \times (t_{\text{п}}^{0,2} - t_{\text{к}}^{0,2}) \quad (7.3)$$

де $t_{\text{п}}$ — час початку опромінення від моменту вибуху (аварії), год;

$t_{\text{к}}$ — час закінчення опромінення від моменту вибуху, год.

Визначаємо необхідний коефіцієнт послаблення сховища ($K_{\text{посл. потр}}$) за формулою 7.4, за умови, що одноразова доза не повинна перевищувати 50 Р.

$$K_{\text{посл. потр}} = \frac{D_{\text{відкр}}}{50} \quad (7.4)$$

Коефіцієнт розрахунковий порівнюється з коефіцієнтом послаблення, що вимагається.

При $K_{\text{посл. розр}} \geq K_{\text{посл. вим}}$ — за захисними властивостями сховище забезпечує захист виробничого персоналу від впливу радіації, а якщо $K_{\text{посл. розр}} < K_{\text{посл. вим}}$ — не забезпечує.

Вибір типу захисних споруд по ступеню захисту

Тип захисної споруди має задовольняти вимогам забезпечення надійного захисту людей і економії засобів. Вибір типу захисної споруди зводиться до визначення зони можливих руйнувань, у якій може виявитися об'єкт. За знайденим значенням максимального надлишкового тиску, очікуваного на об'єкті, $\Delta P_{\text{ф max}}$ робимо вибір типу захисної споруди за захисними властивостями:

при $\Delta P_{\text{ф max}}$ від 20 до 30 кПа — ПРУ;

при $\Delta P_{\text{ф max}} \geq 30$ кПа — сховища.

Розрахунок місткості захисної споруди

Загальна місткість захисної споруди має відповідати кількості працюючих і визначатися загальною сумою місць для сидіння і для лежання (розрахунок зроблений для сховищ).

Місткість сховища визначається з урахуванням розташування робочих ділянок на території об'єкта і кількості людей, що вкриваються, в радіусі збору, але не менш 150 місць для одного сховища (будувати сховища місткістю менше, ніж 150 місць економічно недоцільно) розраховується за формулою 7.5:

$$P = \frac{M}{N} \quad (7.5)$$

де P — місткість,

M — кількість працюючих,

N — обрана кількість сховищ (для даного розрахунку $N=1$).

7.2 Визначення об'ємно-планувальних рішень захисної споруди

У сховищах передбачають основні і допоміжні приміщення. До основних належать:

- приміщення для людей, що вкриваються;

- пункти управління (ПК);
- медичні пункти;
- санітарні пости;
- тамбур — шлюзи.

До *допоміжних* належать:

- фільтровентиляційні приміщення;
- санітарні вузли;
- дизельні електростанції (ДЕС); входи, виходи та інші.

Розрахунок основних приміщень

Приміщення для тих, що вкриваються, будують з розрахунку $0,5 \text{ м}^2$ площі підлоги при двох ярусах і $0,4 \text{ м}^2$ при трьох ярусах розташування нар на одну людину, що вкривається.

Внутрішній об'єм приміщень має бути не менше $1,5 \text{ м}^3$ на людину, що вкривається.

При визначенні об'єму приміщень на одну людину, що укривається, враховується об'єм усіх приміщень, за винятком приміщень дизельних електростанцій, тамбурів, розширювальних камер.

У приміщеннях для вкривання має бути передбачена установка двох- чи триярусних лав-нар. Нижній ярус — для сидіння з розрахунку $0,45 \text{ м} \times 0,45 \text{ м}$ на людину і верхній — для лежання з розрахунку $0,55 \text{ м} \times 1,8 \text{ м}$ на людину. Висота лав: першого ярусу — $0,45 \text{ м}$, другого ярусу — $1,4 \text{ м}$, третього ярусу — $2,15 \text{ м}$ від підлоги.

Число місць для лежання складає 20 % місткості сховища при двоярусному розташуванні пар і 30 % — при триярусному.

Пункти управління передбачають тільки на підприємствах з числом працюючих 600 осіб і більше. Загальне число працюючих на пункті управління не повинно перевищувати 10 осіб. Норма площі на одного працюючого складає 2 м^2 .

Медичний пункт передбачається в захисній споруді при чисельності людей, що вкриваються, 900 — 1200 осіб. Площа — 9 м^2 (на кожні 100 осіб, що вкриваються, понад 1200 осіб, площа медичного пункту збільшується на 1 м^2). При чисельності менше, ніж 900 осіб передбачається санітарний пост площею 2 м^2 .

Тамбур-шлюз передбачається при одному з входів сховища місткістю 300 — 600 осіб — однокамерний, а в сховищі із місткістю більше 600 осіб — двокамерний. Площа кожної камери 8—10 м^2 .

Розрахунок допоміжних приміщень

Площа допоміжних приміщень розраховується залежно від числа людей, що вкриваються, і встановлюваного в сховище ін-

женерно-технічного обладнання відповідно до норм, приведених у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Норми площі, м²/людину допоміжних приміщень у сховищі.

Характеристики інженерного обладнання	Місткість сховища, людей.					
	150	300	450	600	900	1200 і більше
Без ДЕС, без установок регенерації повітря	0,12	0,12	0,12	—	—	—
Без ДЕС, але з установками регенерації повітря	0,15	0,15	0,15	—	—	—
При ДЕС, без установок регенерації повітря	—	—	0,13	0,13	0,12	0,11
З ДЕС і з установками регенерації повітря	—	—	0,16	0,16	0,15	0,13

7.3. Розрахунок площі захисної споруди

Площа захисної споруди розраховується за формулою 7.6:

$$S_{\text{общ}} = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 \quad (7.6)$$

де S_1 — площа приміщення для людей, що вкриваються,

S_2 — площа тамбура-шлюзу,

S_3 — площа санітарного поста,

S_4 — площа пункту управління,

S_5 — площа медичного пункту,

S_6 — площа допоміжних приміщень,

$S_{\text{общ}}$ — загальна площа всіх приміщень у зоні герметизації:

- фільтровентиляційні приміщення влаштовуються біля зовнішніх стін захисного спорудження поблизу до входів чи аварійних виходів. Допускається розміщувати їх безпосередньо в приміщенні для людей, що вкриваються;
- санітарні вузли: для жінок встановлюється одна напольна чаша (унітаз) на 75 осіб, що вкриваються, а для чоловіків — одна напольна чаша та пісуар на 150 осіб, що вкриваються. Умивальники з розрахунку один на 200 людей, але не менш одного на санітарний вузол;
- приміщення для дизельних електростанцій слід розташовувати біля зовнішньої стіни, відокремлюючи його від інших приміщень незгораючою стінкою (перегородкою);

- захисних входів і виходів у захисного спорудження має бути не менше двох, розташованих із протилежних сторін. Кількість входів визначається з розрахунку один вхід розміром $0,8 \times 1,8$ м на 200 осіб чи розміром $1,2 \times 2$ м на 300 осіб.

Визначення висоти захисної споруди

Висота приміщень має забезпечити внутрішній обсяг не менше $1,5 \text{ м}^3$ на людину, що вкривається, і може бути знайдена за формулою (7.7):

$$h = \frac{V}{S} \quad (7.7)$$

де V — загальний потрібний мінімальний обсяг приміщень у зоні герметизації (за винятком дизельних електростанцій, тамбурів, розширювальних камер), м^3 , визначається за формулою 7.8;

S — площа всіх приміщень у зоні герметизації, м^2 .

$$V = P \cdot 1,5 \quad (7.8)$$

де P — місткість захисного спорудження;

7.4. Визначення систем життєзабезпечення

Для забезпечення необхідних умов перебування захисній споруді обладнають наступними системами життєзабезпечення:

- повітропостачання (вентиляція);
- водопостачання;
- каналізація;
- опалення;
- електропостачання.

Система повітропостачання має забезпечити очищення зовнішнього повітря і видалення з приміщень тепловиділень та вологи. Розрахунок обладнання звичайно проводиться в двох режимах: робота чистої вентиляції (режим 1) і фільтровентиляції (режим 2).

На об'єктах, де можливі наземні пожежі, сильна загазованість шкідливими речовинами, для підприємств із пожежонебезпечним виробництвом передбачається режим регенерації внутрішнього повітря (режим 3).

Кількість зовнішнього повітря, що подається в сховище, наступна:

- за реж. 1 — $7 \div 20 \text{ м}^3/\text{год.}$ на одну людину;
- за реж. 2 — $2 \div 8 \text{ м}^3/\text{год.}$ на одну людину;

Для II кліматичної зони за реж. 1 — $10 \text{ м}^3/\text{год}$ на одну людину,
за реж. 2 — $2 \text{ м}^3/\text{год}$ на одну людину.

Для очищення повітря, що подається, по режимах 1 і 2 застосовуються фільтровентиляційні комплекти ФВК-1, а по всім трьом режимам — фільтровентиляційні комплекти ФВК-2. Продуктивність ФВК-1 і ФВК-2 складає:

- за режиму 1 — $1200 \text{ м}^3/\text{год}$,
- за режиму 2 — $300 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для забезпечення подачі в сховище необхідної кількості повітря в режимі 1 до ФВК можуть бути додатково встановлені електроручні вентилятори, продуктивність яких становить від 900 до $1300 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Водопостачання, опалення і каналізація сховища здійснюється на базі загальних водопровідних і каналізаційних мереж. Крім цього, передбачається створення аварійного запасу води та приймачів фекальних вод, що мають працювати незалежно від стану зовнішніх мереж.

Мінімальний запас води в ємностях створюється з розрахунку 6 літрів для питва і 4 літри для санітарно-гігієнічних потреб на кожну людину, що вкривається, на 2 доби.

Електропостачання передбачається від електромережі об'єкта і від захисного джерела дизельної електростанції, що, як правило, встановлюється для групи прилеглих сховищ.

У сховищах місткістю до 600 осіб дизельна електростанція не встановлюється. У цих сховищах слід передбачати місцеві джерела освітлення (переносні електричні ліхтарі, акумуляторні світильники та ін.)

У кожному сховищі має бути надійний зв'язок: телефон з пунктом управління цивільною обороною підприємства і гучномовці, підключені до міської та місцевої радіотрансляційних мереж.

Розрахунок об'єктів ПРУ аналогічний розрахунку сховищ.

ЗАДАЧА. Розрахувати захисне споруди при наступних вихідних даних:

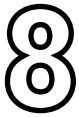
- об'єкт розташований у районі з помірним кліматом, температура повітря $20...25^\circ\text{C}$;
- очікуваний максимальний надлишковий тиск ударної хвилі $\Delta P_{\phi} = \text{_____ кПа}$;
- очікуваний максимальний рівень радіації в районі об'єкта $P = \text{_____ р/год}$;
- швидкість середнього вітру в районі розташування об'єкта $V = 50 \text{ км/год}$;
- число робітників та службовців найбільшої працюючої зміни $M = \text{_____ осіб}$, з них _____ % жінки.

Вихідні дані зведені в таблицю 7.2:

Таблиця 7.2

Вихідні дані для розрахунку захисної споруди.

Варіант	Скупіння вогнестійкості виробничих будівель	Категорія виробництва по пожежній небезпечі	Очікуваний надлишковий тиск, ΔP_{ϕ} , кПа	Очікуваний рівень радіації Р, р/год.	Кількість працівників найбільшої робочої зміни М, людей.	Кількість кість жінок, %	Умови розташування ЗС, K_p	Товщина перекриттів	
								грунт, см	бетон, см
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	I, II, III, IV, V	В, Г, Д	32	21000	560	50		50	40
2	те ж саме	те ж саме	35	25000	430	35		45	40
3	те ж саме	те ж саме	32	35000	370	30		60	45
4	те ж саме	те ж саме	37	14300	600	50		50	45
5	те ж саме	те ж саме	40	31200	320	40	Вбудовані ЗС	60	40
6	те ж саме	те ж саме	45	35600	450	45		65	45
7	те ж саме	те ж саме	43	15000	300	35		60	60
8	те ж саме	те ж саме	47	35500	750	30		40	30
9	те ж саме	те ж саме	35	10000	670	45		30	40
10	те ж саме	те ж саме	32	23000	520	30		40	40
11	те ж саме	те ж саме	40	20000	700	30		50	35
12	те ж саме	те ж саме	42	12000	650	20		50	30
13	те ж саме	те ж саме	37	30000	530	50	Окремо стоячі ЗС	30	40
14	те ж саме	те ж саме	35	12000	470	35		60	45
15	те ж саме	те ж саме	38	13000	350	40		60	50
16	те ж саме	те ж саме	41	11000	400	45		60	40
17	те ж саме	те ж саме	35	18000	820	25		50	45
18	те ж саме	те ж саме	33	10000	710	30		60	30
19	те ж саме	те ж саме	31	13000	620	45		65	45
20	те ж саме	те ж саме	42	32000	310	20		45	40
21	те ж саме	те ж саме	40	12500	630	25	Вбудовані ЗС	30	25
22	те ж саме	те ж саме	32	17300	500	35		45	60
23	те ж саме	те ж саме	31	15600	410	40		50	60
24	те ж саме	те ж саме	40	13200	310	45		25	50
25	те ж саме	те ж саме	35	21500	450	35		45	50



САМО- І ВЗАЄМОДОПОМОГА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Організація медичного обслуговування населення в надзвичайних ситуаціях покладається на медичну службу цивільної оборони, яка організує спеціальні медичні формування і установи, а також використовує всі існуючі лікувально-профілактичні заклади.

Але в складних умовах в осередках (зонах) ураження потерпілі будуть безпосередньо перебувати певний час самі, в кращому випадку зі своїми товаришами. Тут буде відігравати роль само-допомога, а також перша медична допомога і рятування людей невоєнізованими формуваннями цивільної оборони.

Основні вимоги, які пред'являються до першої допомоги, — своєчасність та правильність її надання.

Фактор часу при організації першої допомоги відіграє вирішальну роль, так як у середньому кожний третій буде знаходитися в тяжкому стані, а для його рятування потрібна негайна допомога.

Людина, яка надає першу допомогу, швидко враховуючи обставини має визначитися, що необхідно робити для рятування потерпілого. У першу чергу має бути усунена найбільш небезпечна для життя потерпілого причина.

При наданні першої допомоги потерпілому зупиняють кровотечу, накладають пов'язки, проводять іммобілізацію при переломах кісток; потерпілому, який знаходиться в зонах (осередках) радіоактивного чи бактеріального забруднення, при необхідності надівають зволожену ватно-марлеву маску, респіратор або протигаз, проводять часткову санітарну обробку, дезактивацію, дегазацію та дають протиотруйне (антидот), виносять (вивозять) із зон в медичні заклади. Послідовність проведення цих заходів залежить від характеру, ступеня ураження та конкретних умов на даний час.

При відсутності засобів надання першої медичної допомоги треба вміти користуватися підручними засобами.

Маючи медичні навички, люди будуть здатні рятувати потерпілих, що сприятиме їх швидшому одужанню.

Кровотечі. За характером кровотечі завжди можна визначити, які судини пошкоджені. При капілярній — із судин кров сочиться, з'являється у вигляді маленьких крапель, які поступово стікають з поверхні рани.

Артеріальна кровотеча — кров яскраво-червоного кольору, витікає із рани під тиском уривчастим струменем, пульсує в такт скорочення серця.

Венозна кровотеча — темно-вишневого кольору, витікає безперервним струменем. Розміщення головних артерій людини показано на рис. 8.1.

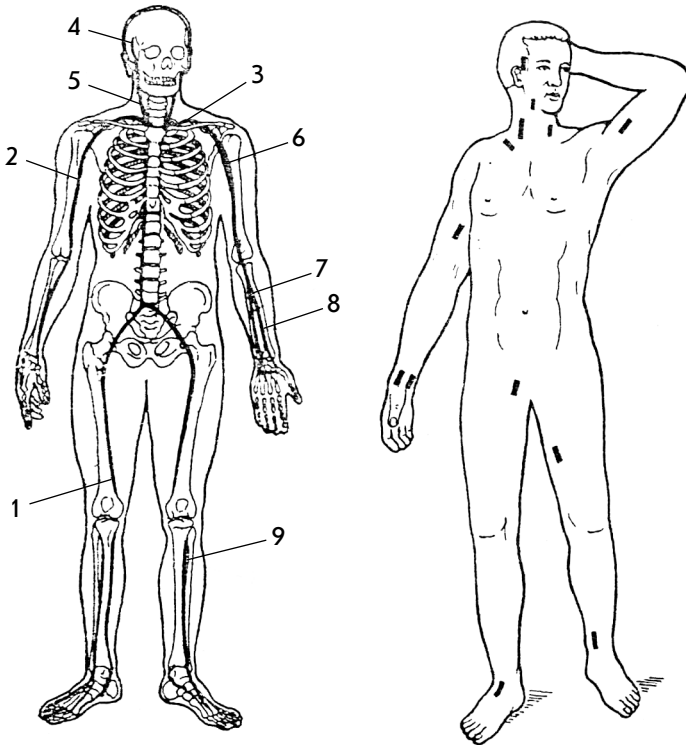


Рис. 8.1. Розміщення головних артерій людини і місця їх притискування

1 — стегнова, 2 — плечова, 3 — підключична, 4 — височна, 5 — сонна, 6 — пахова, 7 — ліктьова, 8 — променева, 9 — передня високогомілкова

При капілярній кровотечі потрібно підняти пошкоджену частину тіла, або накласти тиснучу стерильну пов'язку, не торкаючись рани.

Сильну артеріальну і венозну кровотечу тимчасово зупиняють за допомогою джута або закрутки. Джут на кінцівку накладається тоді, коли тиснуча пов'язка не дає ефекту або потрібно швидко зупинити сильну кровотечу із великих судин.

Правильно накладений джгут спричиняє побіління кінцівки нижче джгута, тому що в цій ділянці припиняється прилив і відтік крові. Термін дії джгута чи закрутки — не більше 1,5—2 год. Якщо необхідне більш тривале накладення джгута на кінцівках, його послаблюють на 5—6 хв., а потім знову затягують. Якщо через 5—10 хв. після зняття джгута кровотеча не відновилася, можна вважати що вона зупинена.

При неправильному користуванні джутом, або якщо залишити його на кінцівці понад 2 годин можливе омертвіння кінцівки, параліч ряду м'язових груп.

У тих місцях де неможливо накласти джгут, застосовують пальцеве притискання артерій до кісток, до яких прилягають ці судини. Для цього потрібно знати розміщення артерій і місця їх притискання. Деякі методи припинення кровотечі показані на рис. 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6.

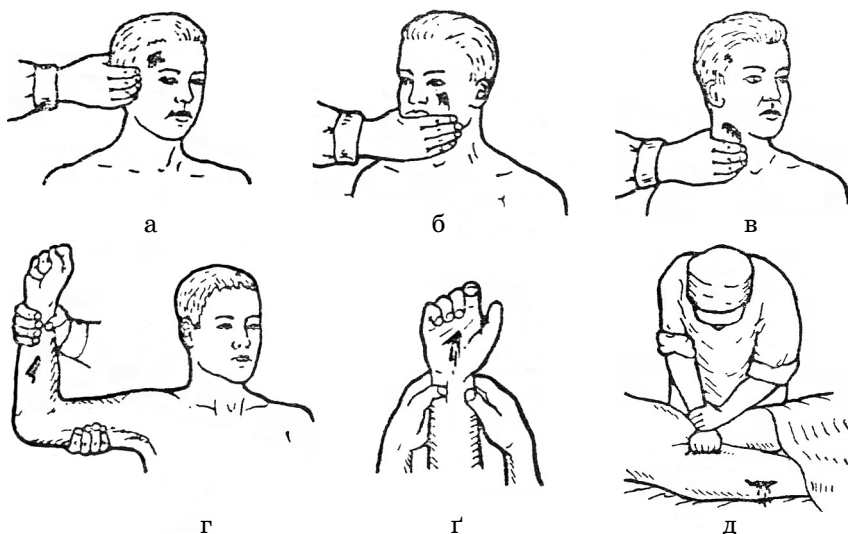


Рис. 8.2. Пальцеве притискання артерій при кровотечі
а — височна кровотеча (із ран на голові), б — нижньощелепна (із ран на щоці), в — із сонної артерії (із ран на голові і обличчі), г — плечова (із ран нижньої частини плеча, передпліччя і кисті), г — ліктьової і променевої (із ран кисті), д — стегнової (із ран нижніх кінцівок)

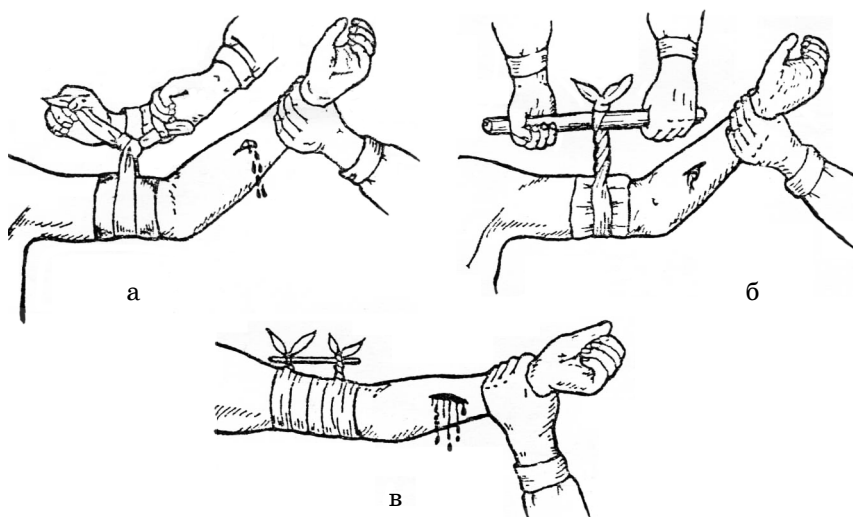


Рис. 8.3. Зупинка кровотечі за допомогою закрутки
а — утворення вузла, б — закручування, в — закріплення палички.

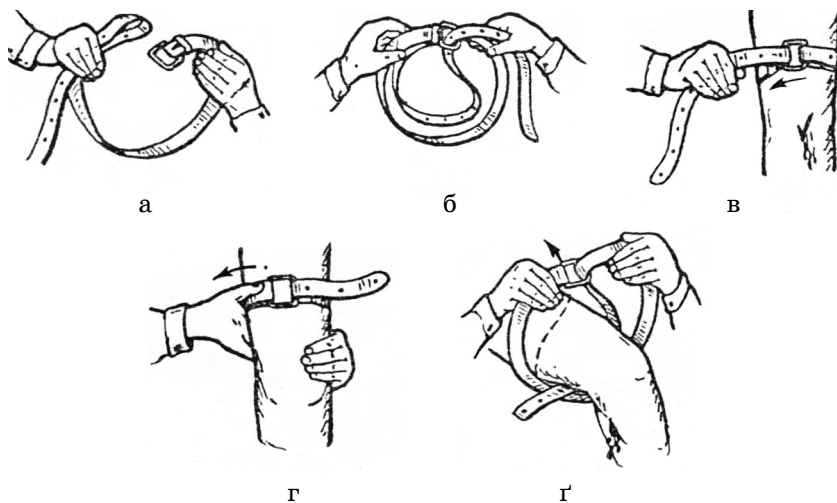


Рис. 8.4. Зупинка кровотечі за допомогою паска
а, б, в — накладання паска, г, г' — знімання паска



Рис. 8.5. Тимчасова зупинка кровотечі із підключичної артерії відведенням рук назад

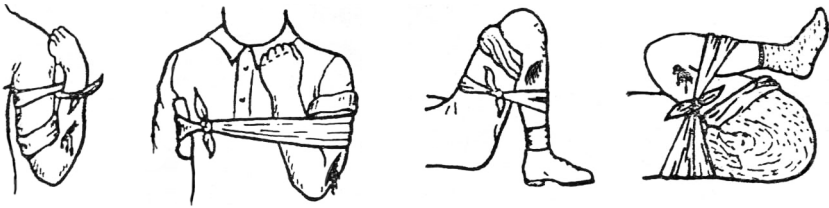


Рис. 8.6. Максимальне згинання кінцівок у суглобах для зупинки кровотечі:

а — кровотеча з передпліччя, б — плеча, в — гомілки, г — стегна

Завдання:

На манекені відпрацювати накладання джгута, закрути, пастки.

8.1. Накладання пов'язок

Під травмою розуміється насильницьке пошкодження м'яких тканин, кісток, будь-якого органу або всього організму в цілому. До травм належать пошкодження м'яких тканин, кісток, забій, отік тощо.

При наданні медичної допомоги травмованому частіше всього накладаються пов'язки.

Пов'язки застосовуються:

1. для захисту рани від зараження;
2. для зупинки кровотечі;
3. для фіксації частин тіла.

При захисту рани і зупинці кровотечі необхідно дотримуватися наступних правил:

1. не можна торкатися рани руками;

2. перев'язочний матеріал має бути стерильним.

Тип накладання пов'язок:

1. колова пов'язка (найбільш простіша), застосовується для невеликої ділянки тіла;
2. спіральна пов'язка застосовується для бинтування частин тіла при змінюванні розмірів;
3. восьмиподібна пов'язка (пов'язка нагадує цифру 8);
4. працевидна пов'язка накладається на підборіддя, ніс, лоб;
5. косиночка (трикутна) пов'язка накладається при травмі голови, плечового й тазобедременного сугавів, м'яких тканин ягодиц.

Деякі види пов'язок показані на рис. 8.7, 8.8, 8.9, 8.10, 8.11, 8.12, 8.13.

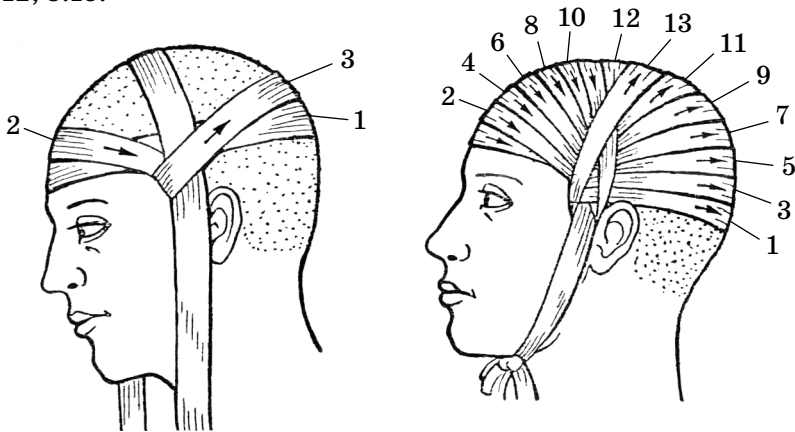


Рис. 8.7. Пов'язка на голову у вигляді чепчика
1-13 — послідовність накладання

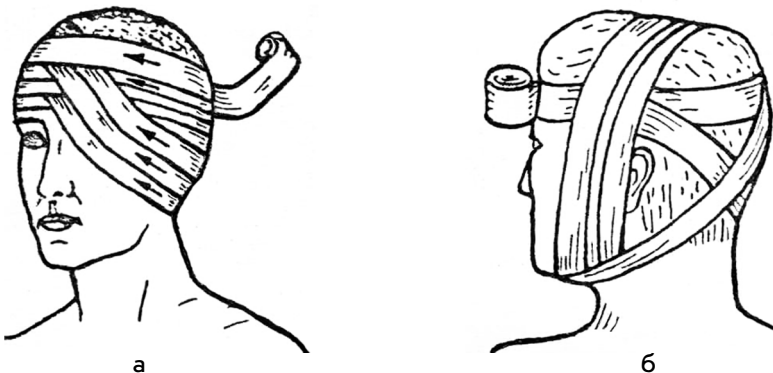


Рис. 8.8. Перев'язка голови:

а — пов'язка на око; б — хрестовидна пов'язка на потилицю

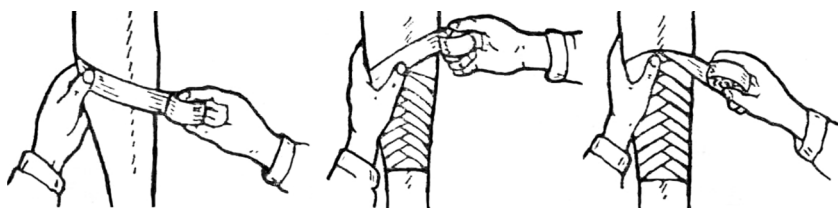


Рис. 8.9. Спіральні пов'язки з перегонами

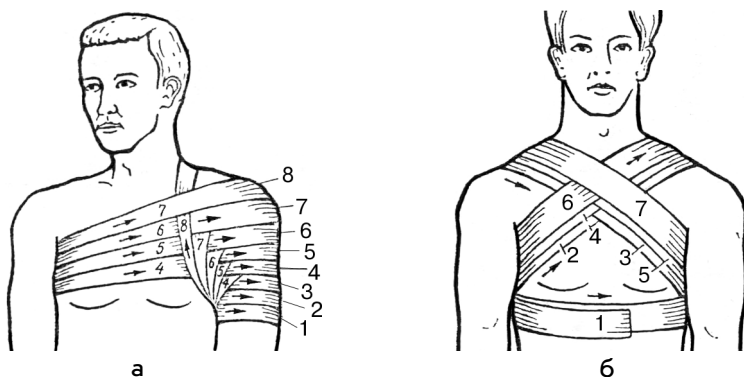


Рис. 8.10. Методи перев'язки грудей:

а — колосовидна пов'язка на плечовий суглоб; б — хрестовидна пов'язка на грудях

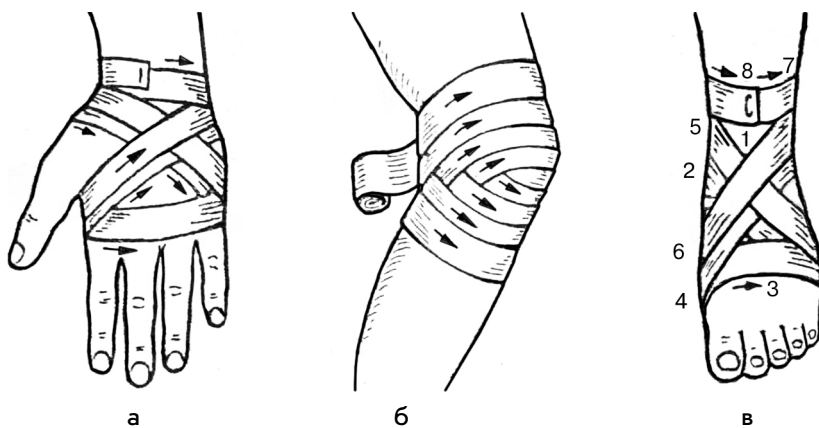


Рис. 8.11. Перев'язка кінцівок

а — вісімоподібна пов'язка на кисть; б — пов'язка на колінний суглоб; в — вісімоподібна пов'язка на гомілкоступеневий суглоб



Рис. 8.12. Пов'язки обличчя та голови

а — праща, б, в, г — пов'язка на ніс, лоб і нижню щелепу, д — косиночка пов'язка на голову



Рис. 8.13. Пов'язки плеча та кінцівок

а — косиночка пов'язка на кисть, б — на стопу

Завдання: Відпрацювати прийоми накладання пов'язок на голову, лице, кінцівки манекену.

8.2. Переломи

Переломами називаються порушення цілісності кістки. Якщо перелом супроводжується порушенням шкіри або слизової оболонки, він називається відкритим, а без пошкодження зовнішніх покривів — закритим.

Ознаки перелому: різкий біль, особливо під час руху, припухлість, зміна форми і порушення функції органів.

Перша допомога: з пошкодженого органа знімають одяг (розрізають), при наявності рани накладають стерильну пов'язку, роблять іммобілізацію шляхом накладання шин.

Імобілізація — утворення зовнішньої фіксації, тобто утворення нерухомості з обов’язковим виключенням рухів в двох-трьох суглобах, найближчих до району пошкодження.

Засоби імобілізації — шини і фіксуючі пов’язки.

Розрізняють стандартні, нестандартні і виготовлені з підручних матеріалів.

Зі стандартних шин найбільш проста в використанні — драбинна шина (металева конструкція — рамка з товстого дроту. Це досконала шина Крамера). При відсутності стандартних шин можна застосовувати підручні матеріали: дерев’яні рейки, бруски, картон, палиці, пучки тонких гілок дерева.

Не можна використовувати металеві предмети, куски скла.

При відсутності шин або підручного матеріалу проводиться проста імобілізація шляхом наложення фіксуючої пов’язки. Різні методи перев’язки показані на рис. 8.14, 8.15, 8.16, 8.17.



Рис. 8.14. Підвішування руки на косинці



Рис. 8.15. Імобілізація стегна



Рис. 8.16. Імобілізація передпліччя (а, б), підвішування на косинці (в)



Рис. 8.17. Імобілізація гомілки

Завдання: На манекені відпрацювати накладання шин, фіксації ноги, руки.

Основні правила виконання імобілізації:

- а) імобілізацію проводять в ранні строки після травми;
- б) перед накладанням фіксуючої пов'язки або шини потерпілому ввести обезболююче;
- в) транспортні шини накладають поверх одягу або взуття, перед накладанням шини надати їй форму, яка відповідає контурам кінцівки;
- г) при накладанні шини на кінцівки захистити кінцеві виступи ватою або тканиною прокладкою;
- д) при відкритому переломі на рану наложити асептичну пов'язку, а потім прибинтувати транспортну шину, при накладанні пов'язки на рану вирізати частину одягу, що прилягає до неї, аналогічно діяти при опіках;

- е) при використанні кровозупиняючого джгута — накласти його таким чином, щоб джгут можна було зняти, не порушуючи іммобілізацію, не закривати його пов'язкою;
- ж) шини прикріплювати бинтами на всю його відстань, не порушуючи його кровообіг. При появі синюшної шкіри в місцях тиснення бинти розрізати або повністю зняти, після чого зробити іммобілізацію;
- з) металеві шини накладати попередньо обгорнуті ватою або тканиною і іммобілізовані участки утеплити.

Дії при іммобілізації:

- а) підібрати шину необхідної довжини (при необхідності зв'язують дві-три шини або укорочують);
- б) шину при необхідності моделюють (згинають до потрібних розмірів, вибирають необхідну конфігурацію);
- в) накладають підстилкову прокладку на кінцівку, прикладають шину та прибинтовують її до кінцівки.

Завдання:

- а) вивчити порядок накладання пов'язок та іммобілізації;
- б) відпрацювати порядок накладання пов'язок та іммобілізації кінцівок.

8.3. Опіки шкіри

При опіках шкіри ділянку навколо ураженої обробляють спиртом, одеколоном 2% або розчином питної соди, після чого накладають стерильну пов'язку.

Щоб запобігти інфекції не можна розтинати пухирі, звільняти опечену ділянку від шматків одягу, торкатися ураженої ділянки тіла.

Якщо на тіло потрапила кислота, слід якнайшвидше обмити уражену ділянку струменем проточної води.

При опіках фосфором з ураженої ділянки тіла виділяють шматочки фосфору, потім змочують слабким 3—5% розчином мідного купоросу або марганцевокислого калію. Потім накладають пов'язку змочену цим розчином.

При всіх опіках потерпілому після надання допомоги вводять протиправцеву сироватку.

8.4. Перша допомога потопаячому

Першу допомогу потопаячому надають так: спочатку видаляють воду з дихальних шляхів, для чого слід покласти потерпілого грудьми собі на коліна так, щоб голова висіла вниз, і натискувати на грудну клітку долонями, що сприяє швидкому виділенню води. Якщо в роті є слиз, блювотні маси, пісок, слід обернути носовою хусткою пальці і очистити порожнину рота.

Коли вода перестає виділятися з рота і носа, потерпілого кладуть на спину, підклавши валик з одягу під поперек, і починають робити штучне дихання до появи ознак життя, іноді протягом 3—4 годин. Різновиди штучного дихання представлені на рисунках 8.18, 8.19, 8.20.



Рис. 8.18. Штучне дихання за Шеффаром
а — вдих, б — видих



Рис. 8.19. Штучне дихання за Лабордом



Рис. 8.20. Штучне дихання за Сильвестром
а — вдих, б — видих

Завдання: На манекені чоловіка відпрацювати порядок надання допомоги потопачому.

8.5. Електротравми

Електротравма виникає від дії електричного струму. Від тривалої дії електричного струму відбуваються зміни в організмі людини, можуть бути опіки. Подаючи допомогу такому потерпілому, в першу чергу необхідно звільнити його від дії електроструму.

При цьому той, хто подає допомогу має пам'ятати про безпеку — вимкнути рубильник чи відкинути великою сухою палкою (дошкою) провід або перерубати сокирою, лопатою з дерев'яною ручкою. Для більшої безпеки відтягують потерпілого за одяг, якщо він сухий, що відстає від тіла.

В разі виникнення опіків накладають стерильну пов'язку. Якщо уражений не дихає, одразу приступають до виконання штучного дихання.

8.6. Реанімаційні заходи

Показники (признаки) до реанімації:

- утрата свідомості;
- відсутність пульсу на великих артеріях;

- відсутність тону серця;
- зупинка дихання або поява дихання агонального типу — участь у дихательному процесі допоміжної мускулатури: шийної, мімічної, жувальної, дихання нерівномірне, аритмія;
- розширення зіниць;
- сірий колір шкіри.

Необхідні дії при реанімації:

- а) забезпечити прохід повітря до легень;
- б) відновити дихання;
- в) відновити кровообіг.

Дія «А» — забезпечити прохід повітря в легені: закинути голову, прочистити порожнину рота, обгорнувши палець салфеткою, бинтом, носовою хусткою.

- Дія «Б» — штучне дихання (рот в рот).
- покласти потерпілого горизонтально на спину, підложити валик нижче плечей;
- голову запрокинути, для чого одну руку покласти під шию, а другу — на лоб;
- висунути верхню щелепу вперед вгору;
- притиснути ніс потерпілому, зробити різкий вдих у рот потерпілому — проходить штучна вентиляція легень, грудина підіймається;
- рот звільнити — проходить пасивний видох.

Виконувати з частотою 10—12 разів на хвилину (пауза 5—6 сек.).

Неправильне виникнення дихання: при нерізкому видохи відбувається «вздуття» шлунку (туди попало повітря) — треба повернути потерпілого на бік і легенько натиснути на шлунок (повітря вийде).

Дія «В» — закритий масаж серця:

- покласти потерпілого на тверду поверхню для попередження зсування;
- зона накладання рук реаніматора — точка прикладання зусилля знаходиться по центру грудної клітки на відстані 1/3 лінії між соском грудини і плечовим відростком;
- реаніматору слід знаходитися з лівої сторони, одну долоню покласти на другу, ліктеві суглоби прями;
- здійснюється компресія грудної клітки потерпілого на 3—4 см за рахунок тиску.

Закритий масаж серця здійснюється разом зі штучним диханням. Частота надавлювання залежить від числа реаніматорів.

- 1 чоловік виконує 2 примусових вдиха на 15 надавлювань;
- 2 чоловіка виконують 1 примусовий вдих на 5 надавлювань.

Тривалість процедури 25—30 хв.

Показники ефективності реанімації:

- зміна кольору шкіри на нормальний;
- гасіння зіниць, реакція на світло;
- поява пульсу, а інколи — самостійне дихання.

Завдання: Відпрацювати на манекені прийоми реанімації:

- штучне дихання (рот в рот);
- штучне дихання прийомом і штучний масаж серця.

8.7. Евакуація уражених

Уражені, яким надана перша допомога в осередках ураження, підлягають евакуації в медичні заклади.

Способи евакуації залежать від обстановки, яка склалася в осередках ураження, кількості уражених та відстані до медичних закладів.

Одним з надійних способів — перенесення ураженого на лямці, яка складена колом або восьмирікою. При відсутності лямки ураженого можна винести на спині або на руках способом «замка з трьох рук» або «замком з чотирьох рук».

Найбільш спокійним і щадним засобом евакуації є санітарні носилки.

Основним видом транспорту для перевозки уражених є автомобільний, в кузові якого роблять підстилку із сіна, соломи, хвої гілок та іншого підходящого матеріалу.

Звичайно приміняють комбіновану перевозку: легкоуражених — сидячі, тяжкоуражених — лежачі.

При транспортуванні уражених супроводжуючий має контролювати стан уражених, надавати своєчасну допомогу, контролювати стан пов'язок та шин. Прийоми перенесення потерпілого представлені на рис. 8.21, 8.22.

Завдання: Відпрацювати способи виносу уражених на лямці, на руках, на носилках.



Рис. 8.21. Прийоми перенесення потерпілого:
а — за допомогою лямки, б — на собі, в — замком із трьох або чотирьох рук



Рис. 8.22. Перенесення ураженого на носилках

8.8. Устрій манекену

Манекен виготовлений на базі каркасно-шкіряної конструкції, який імітує потерпілого в натуральну величину.

Манекен містить функціональні вузли механізмів:

- дихання;
- непрямого масажу серця;
- виміру ширини зіниць очей;
- ритму дихання;
- ритму пульсу на шиї та руках;
- закидання голови;
- згибу рук та ніг.

Голова манекену виготовлена із полістрерола, який відповідає естетичним вимогам і забезпечує виконання санітарно-гігієнічних заходів експлуатації.

Пульт управління призначений для сигналізації управління механізмами манекена.

Зв'язок механізмів з пультом управління здійснюється шланговим провідником довжиною 3,0 м. за допомогою штепсельних роз'ємів.

Маса манекену 25 кг, напруга 220 В з частотою 50 Гц мережі змінного струму.

Заходи безпеки:

1. металевий корпус пульта управління за допомогою клеми «земля» перед вмиканням в мережу необхідно заземлити.
2. електробезпека при роботі манекена забезпечена за рахунок вибору робочої напруги постійного струму 12 В і перемінного струму 220 В, з частотою 50 Гц.
3. при навчанні студентів ротова порожнина манекена має оброблятися етиловим спиртом з розрахунку 2 г спирту на кожного навчаючого з послідовним застосуванням марлевої салфетки.

Підготовка до роботи:

1. провести наружний огляд манекена і пульта управління з метою наявності механічних пошкоджень.
2. покласти манекен і пульт управління на рівну тверду поверхню на висоті 40—70 см. від підлоги (стіл, тапчан) з'єднати манекен з пультом управління через штепсельний роз'єм.
3. увімкнути шнур пульта в мережу 220 В.

4. перевірити працездатність манекена вмиканням його в роботу електромережі 220 В за допомогою пульта управління.(див. рис. 8.1).
5. механізм дихання перетворюється методом вдування повітря в рот при відкинутій голові і затуленому носі. Правильність контролюється лампочкою «тиск норма».
6. механізм непрямого масажу серця перетворюється сигнальною лампочкою «норма — більше норми».
7. механізм стану зіниць очей перевіряється включенням вимикача на пульті, при цьому зіниця становиться більшого або меншого діаметру (розміру).
8. механізм пульсу на шії та руках змінюється через відповідний тумблер на пульті.
9. механізм ритму дихання та ритму пульсу включається автоматично при перевірці працездатності механізмів дихання та наружного масажу, при цьому починають мигати відповідні лампочки на пульті управління з частотою оптимального пульсу та дихання.

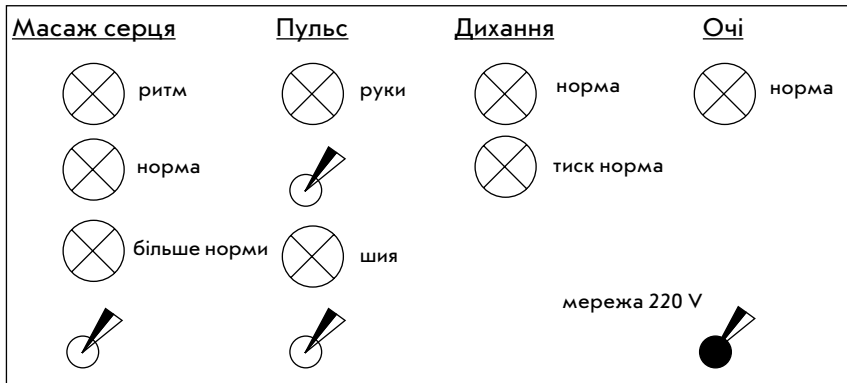


Рис. 8.23. Пульт управління операціями манекена

Порядок роботи:

1. робота на манекені передбачає два етапи:
 - етап навчання;
 - етап перевірки навичок;
2. перед початком занять асистент (викладач) інформує студентів про цілі та завдання навчання, знайомить їх з будовою манекена та правилами роботи з ним, ставить конкретні завдання перед учбовою групою

На манекені можна відпрацювати наступні етапи навчання:

- оцінка фізичного стану потерпілого;

- зупинка кровотечі;
- перев'язування ран при пораненнях голови, ока, кисті, грудини, ноги;
- іммобілізація при порушенні цілісності кісток рук та ніг;
- надання допомоги потерпілому від СДОР та електротравми;
- надання допомоги утопаючому;
- штучне дихання;
- закритий масаж серця;
- евакуація потерпілого.

Найбільш складним для студента є виконання штучного дихання та закритого масажу серця.

Етап навчання:

Для здійснення штучного дихання «з рота — в рот» на грудині манекена, який лежить на столі, розстібують комірець, послабляють пасок, визначають стан та необхідність проведення штучного дихання. Перевірити порожнину рота, при цьому проімітувати наявність зайвих предметів, які заважають диханню.

Голову манекену закинути назад шляхом підкладування однієї руки під шию і накладання другої на лоб (цим самим досягається прохід повітря до дихальних шляхів).

Положити марлеву салфетку на рот манекена, зробити глибокий вдих, двома пальцями закрити ніздрі, а потім щільно прижати свій рот до роту манекена, зробити видих (при цьому має загорітися лампочка на пульті управління «тиск норма»). Ритм штучного дихання задається на пульті «штучне дихання ритм». Вдування повітря задається через 5—6 сек, що відповідає частоті дихання 10—12 разів на хвилину.

Закритий (непрямий) масаж серця

По стану пульсу (на шиї і руках) та зіниць очей визначити необхідність проведення масажу серця.

Зайняти місце зліва або справа біля грудини манекена і намітити місце прикладань зусиль при масажі на ділянці грудної клітки.

Відступити на два пальця від краю грудини, накласти на неї нижню частину долоні однієї руки, а потім на цю руку покласти під прямим кутом другу.

Натиск слід проводити швидкими поштовхами, легенько допомагати нахилом всього корпусу так, щоб змістити нижню частину вниз на 4 см. При цьому на пульті загорається зелена лампочка «зусилля норма».

Після натиску руки залишаються в нижньому положенні близько 0,5 секунди, після чого легенько виправитися та розслабити руки, не змінюючи положення рук на грудині манекену.

При приложенні тиску більше нормального на пульті загоряється червона лампочка «зусилля більше норми».

Натиск на грудину проводиться в такт з лампочкою «ритм серця» (через 0,6—0,7 секунд). Виконується 12—15 натисків.

При одночасному навчанню двох осіб, один із них проводить «штучне дихання», другий — масаж серця, при цьому на один вдих проводиться 5—6 натисків.

Етап перевірки навичок

Призначення етапу — перевірка правильності самостійності дій студентів на манекені.

За допомогою пульта асистент задає різні ситуації на манекені, імітує той або інший стан потерпілого, контролює правильність дій того, хто вчиться.

Викладачу підвести підсумки проведення практичного заняття, об'явити тему наступного заняття.

Перевірка технічного стану манекену та пульта управління проводиться перед кожним заняттям асистентом (викладачем).

Список використаної літератури

1. Атаманюк В.Г., Шишев Л.Г., Акимов Н.И. Гражданская оборона: Учеб. для ВТУЗов. — М.: Высшая школа, 1986.
2. Довідник з цивільної оборони. — К., МНС, 1998.
3. Демиденко Г.П., Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження. — К., 1996.
4. Демиденко Г.П., Кузьменко Э.П. и др.. Защита объектов народного хозяйства от оружия массового поражения: Справочник. — К.: Высшая школа, 1989.
5. Захист об'єктів народного господарства від зброї масового ураження: Довідник. — К.: Вища школа, 1989.
6. Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими отруйними речовинами при аваріях (руйнуваннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті. — М.: Держгідромет СРСР, 1991.
7. Александров В.Н., Емельянов В.И. Отравляющие вещества. — М.: Военное из-во, 1990.
8. Довідник з цивільної оборони. — К.: МНС, 1998.

Зміст

1. Розрахунки характеристик осередків уражень в надзвичайних ситуаціях	1
2. Оцінка радіаційної обстановки	2
3. Оцінка стійкості роботи об'єктів в умовах хімічного забруднення .	3
4. Оцінка стійкості об'єкта і його елементів до впливу ударної хвилі .	4
5. Оцінка стійкості роботи об'єкта і його елементів до поражаючого впливу проникаючої радіації	5
6. Оцінка стійкості роботи об'єкта і його елементів до впливу електро-магнітного імпульсу	6
7. Інженерний захист робітників і службовців об'єкту в надзвичайних ситуаціях	7
8. Само- і взаємодопомога в надзвичайних ситуаціях	8
Список використаної літератури	9

Навчальне видання

Кулаков Микола Анатолійович
Ляпун Віктор Олексійович
Мандрика Наталія Петрівна
Мягкий Віталій Олександрович
Пугач Віктор Іванович

Практикум з курсу «Цивільна оборона»

Роботу рекомендував до видання М.А. Погребний

Редактор *В. М. Копоруліна*
Художній редактор *В. В. Кулик*
Комп'ютерна верстка *О. І. Божок*
Коректор *Н. А. Балабуха*

Підписано до друку 03.11.2004. Формат 60х90 1/16 . Папір офсетний.
Гарнітура Шкільна. Друк офсетний. Ум. друк. арк. 30,0.
Ум. фарбовідб. 30,5. Обл.-вид. арк. 31,02. Тираж 1000 прим.
Вид. №237. Зам. № 587/218.

Видавництво «Факт»
Україна, 61057, м. Харків, вул. Донець-Захаржевського, 6/8.
Тел./факс: (057)731-27-12, 731-61-24, 731-15-06.
Свідоцтво про держреєстрацію: серія ДК №314 від 23.01.2001 р.

Виготовлено у ТОВ «Навчальний друк»
Україна, 61001, м. Харків, вул. Державінська, 38.
Тел./факс: (057)771-82-59, 771-82-60.
Свідоцтво про держреєстрацію: серія ХК №58 від 10.06.2002 р.