

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

РОЗВИТОК МІСЬКИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ЯК ОБ'ЄКТІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського та
Вченою радою Інституту гідромеханіки НАН України
як навчальний посібник для здобувачів ступеня магістр
за освітньою програмою «Геоінженерія»
спеціальності G16 Гірництво та нафтогазові технології

Укладачі: А. Л. Ган, О. В. Ган, Гайко Г.І.

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2025

Укладачі: *Ган Анатолій Леонідович*, канд. техн. наук, доц.
Ган Олена Валеріївна, канд. техн. наук.
Гайко Геннадій Іванович, док. техн. наук., проф.

Рецензент *Воскобійник, В. А.*, докт. техн. наук, с.н.с.,
зав. науково-дослідного відділу гідродинаміки хвильових та руслових
потоків ІГМ НАН України

Відповідальний редактор *Бойко В.В.*, док. техн. наук, проф.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 08.05.2025 р.)*

*за поданням вченої ради Навчально-наукового інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол № 9 від 30.04.2025 р.)*

Гриф надано вченою радою Інституту гідромеханіки НАН України (протокол № 5 від 01.04.2025 р.)

Розвиток міських підземних споруд як об'єктів подвійного призначення.
Р-69 **Практикум** [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня магістр за освіт. програмою «*Геоінженерія*» спец. G16 Гірництво та нафтогазові технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. Л. Ган, О. В. Ган., Г.І. Гайко – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2025. – 86 с.

У навчальному посібнику наведено приклади розрахунків місткості захисних споруд та СПП, протирадіаційного захисту СПП із захисними властивостями сховищ та ПРУ, інженерно-технічних систем СПП, безпечної відстані в залежності від надлишкового тиску вибуху. Також розглянуто можливі методи підвищення захисних властивостей захисних споруд та СПП. Навчальний посібник призначений для здобувачів ступеня магістр за спеціальністю G16 Гірництво та нафтогазові технології, буде також корисним при підвищенні кваліфікації і перекваліфікації аспірантам, викладачам та фахівцям в будівельній та гірничій галузях.

УДК 624.04:669.85](076.5)

ЗМІСТ

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.....	4
ВСТУП.....	5
1. Визначення відстані, що забезпечує стійкість СПП до надлишкового тиску вибуху	7
1.1 Класифікація захисних споруд цивільного захисту	7
1.2. Вибір місця підземного укриття в СПП	8
2. Розрахунок місткості захисних споруд та СПП.....	21
3. Розрахунок протирадіаційного захисту СПП із захисними властивостями ПРУ	29
4. Розрахунок СПП із захисними властивостями сховищ	47
5. Розрахунок інженерно-технічних систем СПП.....	59
6. Методи підвищення захисних властивостей СПП	70
7 Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи	79
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	86

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

ДЕС – дизельна електростанція

ІТЗ ЦЗ – інженерно-технічні засоби цивільного захисту

НХР – небезпечні хімічні речовини

ОГД – об'єкт господарської діяльності

ПРУ – протирадіаційне укриття

СПП – споруда подвійного призначення

ФВП – фільтровентиляційні приміщення

ЦЗ – цивільний захист

ВСТУП

Навчальна дисципліна «Розвиток міських підземних споруд як об'єктів подвійного призначення» розглядає загальні питання та умови використання наземних або підземних споруд, що можуть бути використані за основним функціональним призначенням та для захисту населення. До найбільш поширених споруд подвійного призначення належать підземні станції метрополітену, тунелі, підземні переходи паркінги, торговельні центри, підземні гірські виробки, підвальні та цокольні поверхи будівель та споруд тощо.

Метою вивчення дисципліни є ознайомлення із принципом пристосування наземних або підземних споруд, що можуть бути використані за основним функціональним призначенням та для захисту населення, прищеплення вміння робити оцінку технічного стану та захисних властивостей окремих приміщень або споруд подвійного призначення в цілому.

Предметом вивчення дисципліни є підземні та наземні споруди мегаполісів подвійного призначення.

У навчальному посібнику розглянуто можливі методи підвищення захисних властивостей захисних споруд та СПП а також наведено приклади розрахунків місткості захисних споруд та СПП, протирадіаційного захисту СПП із захисними властивостями сховищ та ПРУ, інженерно-технічних систем СПП, безпечної відстані в залежності від надлишкового тиску вибуху.

Викладений матеріал призначений для засвоєння студентами наступних фахових компетентностей та отримання відповідних програмних результатів навчання, а саме:

Програмні компетентності:

– здатність здійснювати технічне керівництво підземним будівництвом, реконструкцією, переоснащенням, ремонтом, уведенням в експлуатацію ланок гірничих підприємств;

– здатність застосовувати теоретичні основи гірничих технологій під час спорудження підземних споруд мегаполісів, а саме споруд метрополітенів, підземних комунікаційних систем, систем підземного транспорту, підземних об'єктів сфери послуг, підземних автостоянок і гаражів на урбанізованих територіях;

– створення системи знань про гірниче середовище як об'єкт виконання підземного будівництва в складних умовах сучасного мегаполісу;

– здатність освоєння підземної інфраструктури з метою будівництва спеціальних підземних споруд для розташування в них різних об'єктів життєдіяльності.

Програмні результати навчання

– приймати рішення з професійних питань у важкопрогнозованих особливо небезпечних умовах з урахуванням цілей, строків, ресурсних та законодавчих обмежень, екологічних та етичних аспектів;

– розуміти й аналізувати державну політику, зокрема, науково-технічну й економічну, цілі сталого розвитку та шляхи їх досягнення, історичні етапи і перспективи розвитку гірничих систем та технологій;

– знати особливості підземної інфраструктури мегаполісів і вміти застосовувати їх при проектуванні підземних споруд;

– здійснювати аналіз систем сучасного мегаполісу та застосувати в них спеціалізовані техніки, технології і підземні конструкції.

1. Визначення відстані, що забезпечує стійкість СПП до надлишкового тиску вибуху

1.1 Класифікація захисних споруд цивільного захисту

Захисні споруди цивільного захисту та споруди подвійного призначення (СПП) проєктуються та будуються таким чином, щоб протягом 48 годин створити належні умови для перебування людей, що підлягають укриттю, та забезпечити відповідний ступінь їх захисту від прогнозованих впливів небезпечних чинників, які можуть виникнути як складова частина небезпечних явищ надзвичайної ситуації, воєнних (бойових) дій та терористичних актів [1]. Класифікація споруд, які можуть застосовуватись для укриття населення, наведена на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Класифікація споруд для укриття населення

Захисні споруди – це інженерні споруди, які спеціально призначені для захисту населення від небезпечних наслідків аварій та катастроф техногенного і природного характеру, зброї масового ураження, а також від впливу її можливих вторинних вражаючих чинників та застосування звичайних засобів ураження.

Захисні споруди класифікуються за наступними ознаками:

а) за захисними властивостями:

- сховища;
- протирадіаційні укриття (ПРУ);
- прості укриття.

б) за призначенням:

- для захисту населення;
- для розміщення органів управління.

в) за місцем розташування:

- вбудовані (в підвальному або напівпідвальному приміщенні);
- окремо розташовані.

г) за термінами будівництва:

- завчасно збудовані (до надзвичайної ситуації);
- швидко споруджені (під час надзвичайної ситуації).

1.2. Вибір місця підземного укриття в СПП

Захисні споруди та СПП відносно оточуючої забудови проєктуються *окремо розташованими, прибудованими та вбудованими*.

Прибудовані і вбудовані захисні споруди та СПП проєктуються у підземних, цокольних та підвальних поверхах.

Окремо розташовані захисні споруди та СПП відносно планувальної позначки землі проєктуються заглибленими або частково заглибленими (за умови забезпечення встановлених показників їх захисних властивостей).

При виборі способу розміщення відносно планувальної позначки землі слід враховувати геологічні, гідрогеологічні та інші умови.

Окремо розташовані та прибудовані захисні споруди та СПП потрібно розміщувати за межами зон можливих завалів від інших будівель або споруд відповідно до розрахунку згідно з ДБН В.1.2-4 [2].

У разі неможливості розміщення окремо розташованих та прибудованих захисних споруд та СПП за межами зон можливих завалів від інших будівель або споруд необхідно додатково забезпечити стійкість зовнішніх огорожувальних конструкцій таких споруд до впливу додаткових навантажень (динамічних та статичних), що можуть виникнути при руйнуванні інших будівель або споруд внаслідок впливу небезпечних чинників (факторів).

Сучасні технології дозволяють будувати підземні укриття, які можуть використовуватися як для тимчасового перебування в разі катастроф, так і для постійного проживання (наприклад, під час війни, рис. 1.2). Проте, будівництво підземних укриттів – це складний процес, що потребує певної підготовки та знань.



Рисунок 1.2 – Приклад підземного укриття

Перед початком будівництва підземного укриття необхідно:

1. Визначити необхідну глибину та місце розташування підземного укриття. Першим кроком у будівництві підземного укриття є визначення необхідної глибини та місця його розташування. Глибина будівництва залежить від цілей, які ви ставите перед підземним укриттям. Для тимчасового проживання в разі катастроф рекомендується будувати укриття на глибині не менше 3-5 метрів. Для постійного проживання – на глибині більше 5 метрів.

Крім глибини, необхідно визначити місце розташування підземного укриття. Важливо враховувати фактори, такі як вид і тип ґрунту та його характеристики, наявність водоносних горизонтів (рівень підземних вод), наявність підземних комунікацій тощо.

2. Визначити конструкцію підземного укриття. Проектування підземного укриття також потребує великої уваги та професійної підготовки. Необхідно враховувати всі можливі ризики, такі як пожежа, землетруси, повені, а також можливість забруднення ґрунту чи повітря. Для забезпечення максимальної безпеки підземне укриття повинно бути розраховане на відповідну кількість людей та обладнання, а також мати систему вентиляції та електропостачання.

Підземне укриття можна використовувати не лише як приміщення для житла чи роботи, а й для різноманітних цілей, наприклад, як сховище для зберігання продуктів чи обладнання, як споруда для проведення наукових експериментів, як музей чи галерея, як зоопарк або акваріум тощо.

У залежності від цілей використання підземного приміщення, можуть бути використані різні технології та матеріали для його будівництва. Наприклад, для забезпечення максимальної міцності та стійкості приміщення можуть використовуватися армовані бетонні конструкції. Для забезпечення затишку та комфорту у підземному приміщенні можуть бути встановлені системи опалення, кондиціонування, водопостачання тощо.

Будівельні норми ДБН В.2.2.5-23 [1]. Захисні споруди цивільного захисту встановлюють вимоги на проектування нових та реконструкцію існуючих захисних споруд цивільного захисту (далі – захисні споруди).

Вимоги цих норм поширюються на проектування захисних споруд цивільного захисту, споруд подвійного призначення (СПП), пристосування (реконструкцію) під захисні споруди цивільного захисту існуючих та проєктованих приміщень, будівель, споруд тощо.

З урахуванням вимог цих норм слід проєктувати як споруди подвійного призначення такі об'єкти будівництва (їх окремі частини):

- підземні переходи;
- тунелі;
- підземні склади;
- споруди котлованного типу (автостоянки, паркінги, гаражі, підземні торговельні центри, підприємства громадського харчування, магазини);
- підвальні, цокольні і перші поверхи об'єктів цивільного і промислового призначення;
- незадимлювані сходові клітки типу Н4 згідно з ДБН В.1.1-7 [3].

Ударна хвиля – зона стиснутого повітря, яка поширюється у всі сторони від центру вибуху зі швидкістю, вищою за швидкість звуку.

Основним параметром ударної хвилі є надлишковий тиск у фронті ударної хвилі, ΔP_{ex} кПа, який визначається за формулою:

$$\Delta P_{ex} = P_{\phi} - P_0, \text{ кПа}, \quad (1.1)$$

де: P_{ϕ} – максимальний тиск у фронті ударної хвилі при вибуху;
 P_0 – атмосферний тиск (при розрахунках приймають 100 кПа).

Надлишковий тиск у будь-якій точці залежить від відстані до центра вибуху і маси продуктів вибуху.

Захисні споруди є основним засобом колективного захисту населення.

Захисні споруди (сховища, протирадіаційні укриття, швидко споруджувані захисні споруди) та споруди подвійного призначення (СПП) із

захисними властивостями сховищ або протирадіаційних укриттів (ПРУ) поділяють за відповідними класами (таблиця 1.1) та групами (таблиця 1.2).

Коефіцієнт послаблення радіаційного впливу (коефіцієнт захисту) – це співвідношення значення дози радіації на висоті 1 м над горизонтальною безкінечною, гладкою, рівномірно забрудненою поверхнею, що виникає в результаті іонізуючого випромінювання від радіоактивно забрудненої місцевості, води та повітря, внаслідок випадання радіоактивних речовин з хмари ядерного вибуху, до дози радіації всередині захисної споруди цивільного захисту або споруди подвійного призначення, що характеризується відповідним коефіцієнтом захисту (K_3)

Ступінь послаблення радіаційного впливу (ступінь захисту) – це співвідношення значення дози радіації, що виникає в результаті дії потоку гамма-променів та нейтронів (проникаючої радіації) із зони ядерної реакції (вибуху), а також іонізуючого випромінювання від радіоактивно забрудненої місцевості, води та повітря, внаслідок випадання радіоактивних речовин з хмари ядерного вибуху, до дози радіації всередині захисної споруди цивільного захисту або споруди подвійного призначення, що характеризується відповідним ступенем захисту (A_3).

За ступенем захисту від повітряної ударної хвилі (ΔP_{ex}) та залежності від ступеня захисту (A_3) – послаблення радіаційного впливу, сховища поділяють на 4 класи:

– сховища А-I-го класу розраховані на надлишковий тиск у фронті ударної хвилі не менше 5 кгс/см^2 (500 кПа) і мають A не менше 5000;

- сховища А-II-го класу повинні витримувати надлишковий тиск не менше 3 кгс/см^2 (300 кПа) і послаблювати зовнішні γ - і нейтронне випромінювання не менше, ніж в 3000 разів;

- сховища А-III-го класу розраховані на надлишковий тиск не менше 2 кгс/см^2 (200 кПа) і $A > 5000$;

- сховища А-IV-го класу розраховані на надлишковий тиск не менше 1 кгс/см^2 (100 кПа) і мають $A > 1000$.

Таблиця 1.1 – Клас сховищ, СПП із захисними властивостями сховищ

№ п/п	Розміщення сховищ, СПП із захисними властивостями сховищ	Клас сховища, СПП із захисними властивостями сховищ	Захисні властивості	
			Надмірний тиск повітряної ударної хвилі, ΔP_{ex} , кПа	Ступінь послаблення радіаційного впливу (ступінь захисту), A_z
1	У межах проектної забудови міст, віднесених до групи особливої важливості цивільного захисту	A-I	500	5000
2	Окремо розташований об'єкт суб'єкта господарювання, віднесеного до категорії особливої важливості цивільного захисту (крім зазначених у п. 1 цієї таблиці)	A-II	300	3000
3	У межах проектної забудови та санітарно-захисної зони атомних енергетичних об'єктів	A-III	200	5000
4	У межах проектної забудови територій та населених пунктів, віднесених до відповідних груп цивільного захисту, а також за межами проектної забудови та санітарно-захисної зони атомних енергетичних об'єктів у зонах можливих значних (сильних) руйнувань (крім зазначених у пунктах 1-3 цієї таблиці)	A-IV	100	1000

Для забезпечення тривалого перебування людей у сховищі (мінімальний термін 2 доби), його необхідно обладнати наступними системами життєзабезпечення: повітропостачання, водопостачання, водовідведення (каналізації), опалення, електропостачання, зв'язку.

У сховищі також мають бути дозиметричні й хімічні прилади розвідки, засоби індивідуального захисту, засоби гасіння пожеж, аварійний запас інструментів, засоби аварійного освітлення, запас медичних засобів, продуктів і води.

Ступінь захисту характеризується захисними властивостями захисних споруд, що для небезпечних чинників застосування зброї масового та загального ураження передбачають послаблення радіаційного впливу та захисту від впливу прогнозованого вибуху шляхом забезпечення механічного

опору та стійкості конструкцій від ураження уламками та дії рівномірно-розподілених навантажень.

Таблиця 1.2 – Групи ПРУ та СПП із захисними властивостями ПРУ

Розміщення ПРУ та СПП із захисними властивостями ПРУ	Група укриття	Захисні властивості	
		Надмірний тиск повітряної ударної хвилі, ΔP_{ex} , кПа	Коефіцієнт послаблення радіаційного впливу (ступінь захисту), K_z
У містах, віднесених до груп цивільного захисту, інших населених пунктах розташованих:			
1. У зоні можливих значних (сильних) руйнувань	П-1	100	1000
У містах, не віднесених до груп цивільного захисту, інших населених пунктах, на об'єктах суб'єктів господарювання розміщених:			
2. У зоні можливих незначних (слабких) руйнувань навколо атомних енергетичних об'єктів	П-2	100	1000
3. На решті територій зони можливого небезпечного сильного радіоактивного забруднення навколо атомних енергетичних об'єктів	П-3	100	500
4. У 30-кілометровій зоні (зоні спостереження) навколо атомних енергетичних об'єктів а також у зонах можливого небезпечного сильного радіоактивного забруднення за межами зон можливих руйнувань (за винятком зазначених у пункті 2 цієї таблиці)	П-5	100	200
5. Поза межами зон можливого небезпечного сильного радіоактивного забруднення	П-6	100	100
На об'єктах суб'єктів господарювання першої та другої категорії цивільного захисту, населених пунктах, розміщених:			
6. У зонах незначних (слабких) руйнувань (за винятком зазначених у пункті 2 цієї таблиці)	П-4	100	200

Сховища, споруди подвійного призначення із захисними властивостями сховищ, проектують з урахуванням забезпечення захисту населення від наступних небезпечних чинників надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період:

– від дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження та побічної дії сучасної зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском для:

1) сховищ $P = 100$ кПа (1 кгс/см^2);

2) сховищ у межах проектної забудови атомних електростанцій $P = 200$ кПа (2 кгс/см^2);

3) сховищ, розміщених у підземних будівлях метрополітенів ліній глибокого закладання $P = 300$ кПа (3 кгс/см^2) та ліній мілкового закладання $P = 100$ кПа (1 кгс/см^2);

– від місцевої та загальної дії звичайних засобів ураження (стрілецької зброї, уламків ручних гранат, артилерійських боєприпасів та авіаційних бомб);

– від дії небезпечних хімічних речовин, радіоактивних речовин, (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого хімічного та радіаційного забруднення) бойових отруйних речовин, небезпечних біологічних речовин та бактеріальних засобів ураження;

– бактеріальних (біологічних) засобів, бойових отруйних речовин (на особливий період);

– від зовнішнього іонізуючого випромінювання – зі ступенем послаблення зовнішнього іонізуючого випромінювання;

– катастрофічного затоплення (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого катастрофічного затоплення);

– високих температур та продуктів горіння при пожежах.

Протирадіаційні укриття, споруди подвійного призначення із захисними властивостями протирадіаційних укриттів проектують з урахуванням забезпечення захисту населення від таких небезпечних чинників надзвичайних ситуацій у мирний час та в особливий період :

– від зовнішнього іонізуючого випромінювання – зі ступенем послаблення зовнішнього іонізуючого випромінювання;

– від дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження та побічної дії сучасної зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском до $P=20$ кПа ($0,2 \text{ кгс/см}^2$);

– від місцевої та загальної дії звичайних засобів ураження (стрілецької зброї, уламків ручних гранат, артилерійських боєприпасів та авіаційних бомб).

Не допускається розташовувати захисні споруди та СПП:

а) під виробничими та складськими приміщеннями, в яких розташовано резервуари з шкідливими рідинами, печі з розтопленими металами або іншими речовинами, руйнування яких може призвести к викиду таких речовин і ураження ними людей, що перебувають у захисних спорудах;

б) у приміщеннях, в яких є магістральні та інші транзитні тепло- та водопроводи, якщо немає можливості двостороннього їх відключення, а також вводи електричної енергії високої напруги;

в) на схилах, не захищених від зсувів або інших небезпечних геологічних процесів (ерозія, селеві потоки тощо), а також на територіях з виробками;

г) не ближче за нормативну протипожежну відстань відповідно вимог ДБН Б.2.2-12 [4], ДСТУ 9058 [5], але не ближче 30 м від сховищ або складів з горючими речовинами та матеріалами. При цьому повинні передбачатись заходи щодо захисту сховища та підходів до нього від затоплення горючою речовиною або матеріалами;

з) ближче відстаней, що забезпечують стійкість захисних споруд до надлишкового тиску вибуху:

- ємностей з вибухонебезпечними речовинами (вуглеводнями типу СхНу та Н₂), - згідно з графіком на рисунку 1.3;

- складів зі зберіганням вибухових матеріалів, згідно з графіком на рисунку 1.4.

В умовах стисненої забудови на території підприємств з вибухонебезпечними речовинами та вибуховими матеріалами допускається зменшувати відстань за умови підвищення захисних властивостей захисних споруд по відношенню до значень, наведених в таблицях 1.1 та 1.2 (з метою збільшення стійкості до сприйняття надлишкового тиску вибуху від вибухових речовин) з урахуванням максимального радіусу збору населення та за відповідного обґрунтування. Коефіцієнт ефективності вибухової речовини наведено в таблиці 1.3.

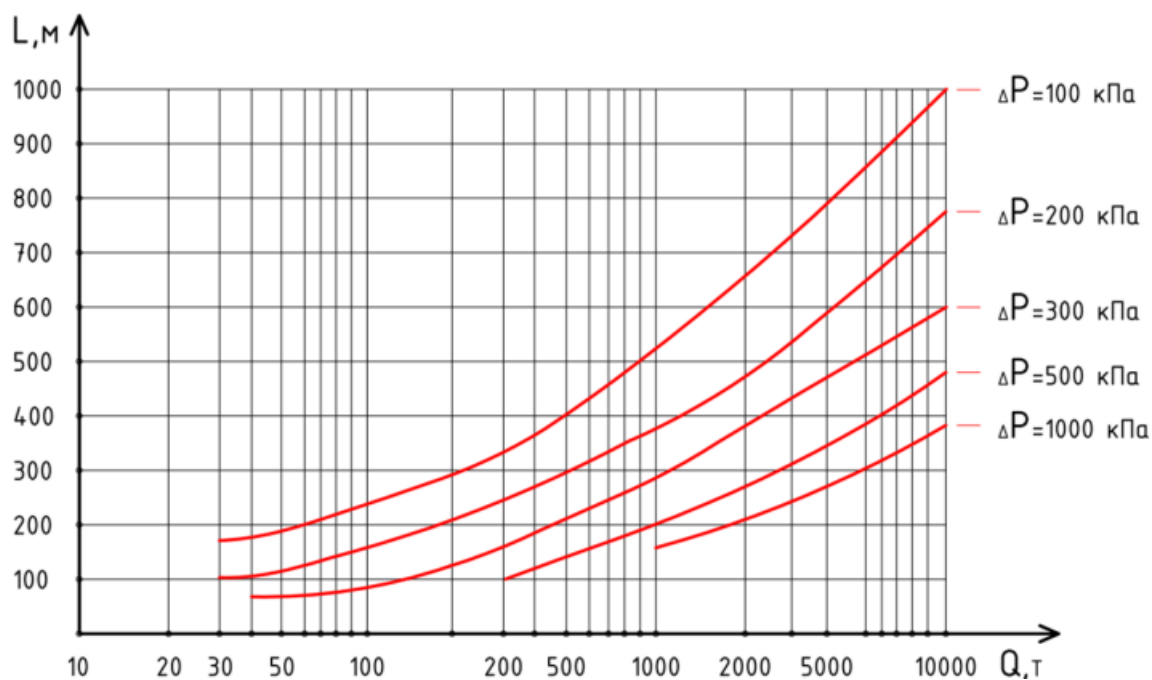


Рисунок 1.3 – Норми віддаленості захисних споруд та СПП від ємностей із вибухонебезпечними речовинами: L – мінімальна відстані від захисних споруд до ємностей, м; Q – маса вибухонебезпечної речовини, т; ΔP – надмірний тиск ударної хвилі кПа (кгс/см²), у місці розташування захисної споруди та СПП, що виникає в результаті вибуху ємності з вибухонебезпечними речовинами

Таблиця 1.3 – Залежність коефіцієнта ефективності від виду вибухової речовини

Коефіцієнт							
	Пластид 4	Амоніт 80/20	Пікринова кислота	Тротил	Тетрил	Гексоген	ТЕН
$K_{\text{еф}}$	0,9	0,94	0,97	1,0	1,08	1,28	1,35

Ефективна потужність вибухової речовини визначається за формулою:

$$q_{\text{еф}} = K_{\text{еф}} \cdot q, \quad (1.2)$$

де: q – маса вибухової речовини, т; $K_{\text{еф}}$ – коефіцієнт ефективності, який приймається згідно з таблицею 1.3.

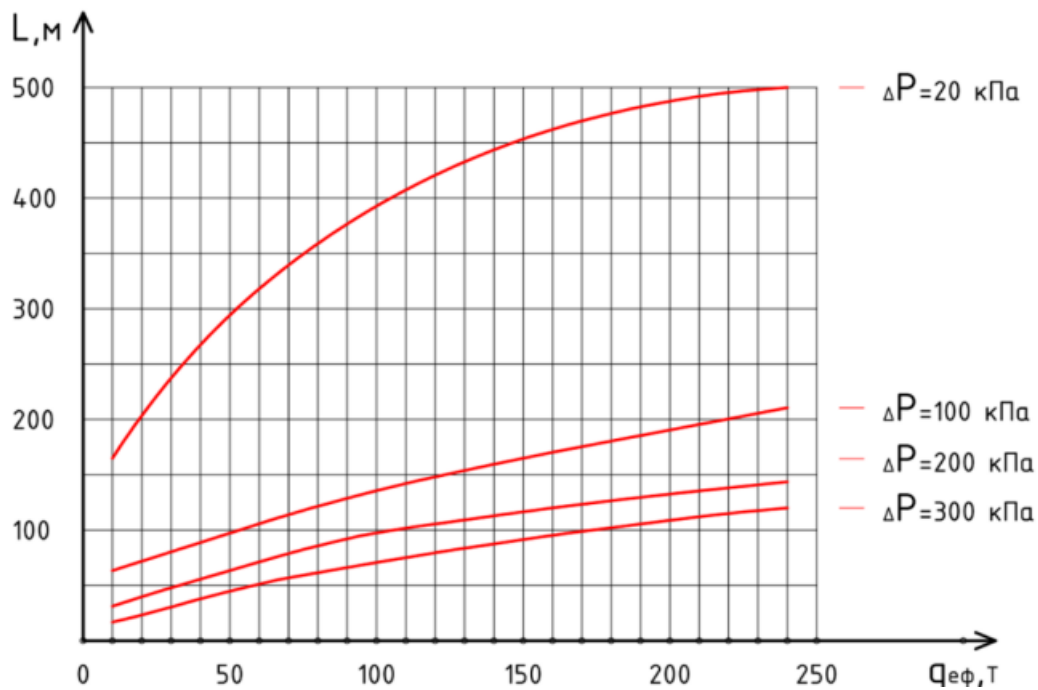


Рисунок 1.4 – Норми віддаленості захисних споруд та СПП від складів із вибуховими матеріалами: L – мінімальна відстані від захисних споруд до складу, м; ΔP – надмірний тиск ударної хвилі у місці розташування захисної споруди та СПП, кПа (кгс/см²), що виникає в результаті вибуху вибухової речовин, $q_{\text{эф}}$ – ефективна потужність вибухової речовини, т

Приклади розрахунку:

1. Дано: вибух ємності з $Q = 2000$ т скрапленого газу. Визначити, на якій відстані L внаслідок вибуху надмірний тиск ударної хвилі ΔP складатиме 200 кПа (2 кгс/см²).

Відповідь: згідно з графіком на рисунку 1.5, отримаємо, що значення відстані становить $L = 480$ м.

2. Дано: зберігання ємності з 1000 т скрапленого газу. Визначити, який тиск у разі вибуху може виникнути на відстані 370 м від ємності.

Відповідь: згідно з графіком на рисунку 1.5, отримаємо, що значення відстані становить $\Delta P = 200$ кПа (2 кгс/см²).

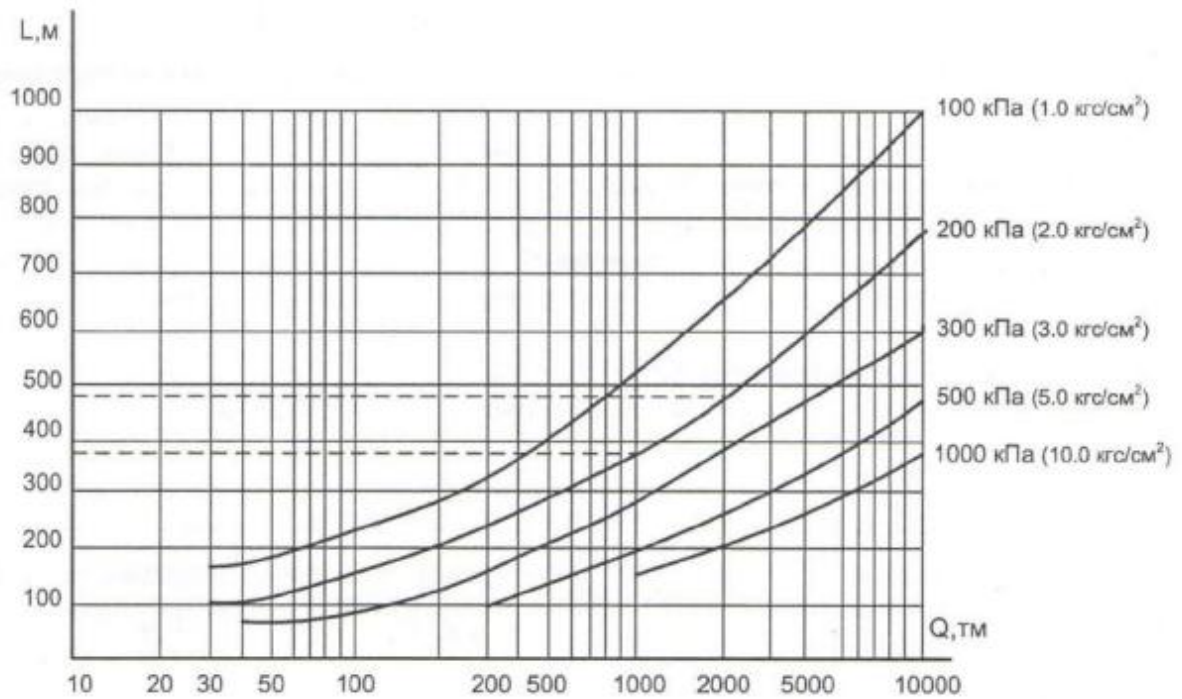


Рисунок 1.5 – Приклад визначення віддаленості захисних споруд та СПП від складів із вибуховими матеріалами

Завдання. Для заданих умов (таблиця 1.4) визначити та графічно зобразити, на якій відстані L внаслідок вибуху відповідної маси (q) вибухової речовини (ВР) надмірний тиск ударної хвилі ΔP складатиме задане значення.

Таблиця 1.4 – Вихідні дані по варіантам для визначення відстані L внаслідок вибуху відповідної маси (q) вибухової речовини (ВР)

№ варіанта	Тип ВР	Маса ВР, т	Надмірний тиск, ΔP , кПа	№ варіанта	Тип ВР	Маса ВР, т	Надмірний тиск, ΔP , кПа
1	Пластид 4	200	20	16	Пластид 4	230	200
2	Амоніт 80/20	150	300	17	Амоніт 80/20	190	100
3	Пікринова кислота	185	100	18	Пікринова кислота	205	300
4	Тротил	50	200	19	Тротил	200	20
5	Тетрил	60	20	20	Тетрил	110	200
6	Гексоген	70	200	21	Гексоген	160	300
7	ТЕН	40	100	22	ТЕН	120	200
8	Пластид 4	220	100	23	Пластид 4	180	300

9	Амоніт 80/20	170	200	24	Амоніт 80/20	220	20
10	Пікринова кислота	195	20	25	Пікринова кислота	215	200
11	Тротил	100	300	26	Тротил	130	100
12	Тетрил	70	100	27	Тетрил	140	300
13	Гексоген	90	100	28	Гексоген	135	20
14	ТЕН	80	20	29	ТЕН	165	300
15	Тротил	150	20	30	Тротил	210	200

Питання для самоконтролю.

1. Що таке захисні споруди?
2. Наведіть класифікацію споруд для укриття населення?
3. Що таке ударна хвиля і як її визначити?
4. Які класи сховища, СПП із захисними властивостями сховищ ви знаєте?
5. Як поділяються укриття на групи ПРУ та СПП із захисними властивостями ПРУ?
6. Які вимоги пред'являють до розміщення захисних споруд та споруд подвійного призначення?
7. Як визначається ефективна потужність вибухової речовини?

2. Розрахунок місткості захисних споруд та СПП

Оцінка місткості захисної споруди та СПП.

Місткість захисної споруди та СПП визначається завданням на проєктування, виходячи з розрахункової кількості осіб, що підлягають укриттю, а саме:

а) при реалізації вимог розділу інженерно-технічних засобів цивільного захисту (ІТЗ ЦЗ) у містобудівній документації відповідного рівня;

б) при реалізації вимог розділу ІТЗ ЦЗ у проєктній документації на будівництво об'єктів різного призначення;

в) відповідно до кількості осіб, що постійно та/або періодично перебувають на об'єкті – залежно від функціонального призначення об'єкта, для якого проєктується захисна споруда або СПП, а саме:

– загальна місткість захисних споруд цивільного захисту та СПП закладів охорони здоров'я визначається з урахуванням максимальної кількості осіб, що можуть одночасно (постійно та тимчасово) перебувати на об'єкті, але не менше найбільш чисельної робочої зміни медичного та обслуговуючого персоналу та планової чисельності хворих таких закладів;

– загальна місткість захисних споруд та СПП закладів дошкільної, загальної середньої, вищої, фахової передвищої, професійної (професійно-технічної) та післядипломної освіти визначається можливістю укриття 100% учасників освітнього процесу та інших працівників закладу;

– загальна місткість захисних споруд та СПП будівель виробничого і складського та адміністративно-побутового призначення, громадських будівель та житлових об'єктів визначається можливістю укриття 100% розрахункової кількості осіб, що періодично перебувають на об'єкті (здійснюється відповідно до ДСТУ 8855 [6]).

Пішохідні шляхи руху до захисних споруд та СПП повинні відповідати вимогам доступності та повинні бути облаштовані засобами безпеки, орієнтування та отримання інформації. Усі входи у сховища слід обладнувати

доступними елементами інформації про об'єкт згідно з вимогами ДБН В.2.2-40 [7].

Норми об'ємно - планувальних рішень:

а) ширина (у просвіті) коридорів, пандусів в середині захисних споруд та СПП, має бути:

- не менше ніж 1,8 м – при новому будівництві;
- не менше ніж 1,5 м – при реконструкції;
- не менше ніж 1,2 м – при капітальному ремонті.

б) внутрішній об'єм приміщень - не менше 1,5 м³/людину;

в) висота приміщень:

- при висоті від 2,15 до 2,9 м встановлюються двоярусні ліжка;
- при висоті 2,9 м і більше встановлюються троярусні;

г) кількість місць для лежання становить 20 % при двоярусному і 30 % від загальної кількості працюючих при троярусному розміщені ліжок;

На основі директиви начальника ЦЗ України в екстремальних ситуаціях, коли терміново необхідно укрити виробничий персонал, дозволяється переуцільнення захисних споруд на 20%.

Захисна споруда складається з основних та допоміжних приміщень.

До основних приміщень відносяться:

- приміщення для укриття людей;
- медичний пункт;
- пункт управління.

До допоміжних приміщень відносяться:

- фільтровентиляційні приміщення (ФВП);
- приміщення під дизельні електростанції (ДЕС);
- санітарні вузли;
- електрощитова;
- аварійний вихід;
- приміщення для зберігання продуктів харчування;
- тамбури і тамбур шлюзи тощо.

Перелік основних та допоміжних приміщень може доповнюватись завданням на проєктування.

Мінімальну площу основних та допоміжних приміщень сховищ та СПП із захисними властивостями сховищ наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Мінімальна площа основних та допоміжних приміщень

№	Назва приміщення	Мінімальна площа, м ²
1	Санітарний пост	2
2	Приміщення медичного пункту	9
3	Приміщення пункту керування	9
4	Приміщення для дозиметричного контролю	6
5	Роздягальня та приміщення для брудного одягу	6-8
6	Душова	6
7	Приміщення для зберігання продовольства	5
8	Зона санітарного посту	2
9	Приміщення для зберігання забрудненого вуличного одягу	0,07 на 1 людину

У разі місткості сховищ або СПП із захисними властивостями сховищ понад 1200 осіб, на кожні 100 осіб, які підлягають укриттю, площа повинна збільшуватись на 1 м².

У разі місткості сховищ або СПП із захисними властивостями сховищ понад 150 осіб, на кожні 150 осіб, які підлягають укриттю, площа приміщення збільшується на 3 м².

Норми мінімальної площі на одну особу, що підлягає укриттю в основному приміщенні для укриття захисних споруд та СПП, наведено у таблиці 2.2. В норму мінімальної площі на одну особу, що підлягає укриттю в основному приміщенні, не входять площі інших приміщень, коридорів тощо.

Таблиця 2.2 – Норма мінімальної площі на одну особу в основному приміщенні для укриття у захисних спорудах та СПП

№ з/п	Тип підприємства (закладу) для якого проєктується СПП	Мінімальна площа , м ²		Спосіб розміщення та відсоток осіб, що підлягають укриттю
		нове будівництво	реконструкція	
1	Підприємства	0,5	0,4	на двоярусних нарах на троярусних нарах
2	Заклади охорони здоров'я	1,1	1,0	на ліжках - не менше 20% осіб, що підлягають укриттю для розрахунку приймаються мінімальні площі при на одну особу: 1,4 м ² для двоярусних ліжках, 1,1 м ² на місцях для сидіння
3	Громадські будівлі	0,6		
4	Житлові будинки	0,6		
5	Заклади освіти			
5.1	заклади дошкільної освіти	3,0	2,0	
5.2	заклади загальної середньої освіти	1,5	1,2	
5.3	заклади вищої, фахової передвищої, професійної (професійно-технічної) та післядипломної освіти:			
	при місткості до 500 осіб	1,6	1,0	
	при місткості від 501 до 1000 осіб	1,4	1,0	
	при місткості від 1001 і вище	1,2	0,9	
5.4	заклади позашкільної освіти	1,5	1,2	
	інші працівники закладів освіти	1,0	0,9	

Приклад розрахунку. Розрахувати укриття виробничого персоналу у СПП, якщо: Кількість одночасно працюючих людей (N , люд.) – 300 людей;

Характеристика СПП:

1. Площа приміщень: (S , м²), основні:

1.1. приміщення для укриття людей – 160

1.2. пункт управління – 15

1.3 медичний пункт – 12

допоміжні:

1.4. тамбур-шлюз –

1.5 санітарні вузли – 12

1.6 приміщення для зберігання продуктів – 10

1.7. приміщення для фільтровентиляційного обладнання – 20

3. Висота приміщення (м) – 2,65

Для оцінки місткості СПП:

1. Визначаємо площу основних і додаткових приміщень.

Загальна площа основних приміщень:

$$S_{\text{осн}} = \sum_{i=1}^n S_i = 160 + 15 + 12 = 187 \text{ м}^2,$$

де: n – кількість основних приміщень; S_i – площа i - го приміщення.

Загальна площа допоміжних приміщень:

$$S_{\text{доп}} = \sum_{j=1}^k S_j = 12 + 10 + 20 = 42 \text{ м}^2,$$

де: k – кількість допоміжних приміщень; S_j – площа j -го допоміжного приміщення в зоні герметизації.

Визначаємо загальну площу всіх приміщень в зоні герметизації (крім приміщень для дизельної електростанції, тамбурів і розширювальних камер):

$$S_{\text{заг}} = S_{\text{осн}} + S_{\text{доп}} = 187 + 42 = 229 \text{ м}^2,$$

1.2. Визначаємо місткість сховища за площею:

– при двоярусному розміщені ліжок:

$$M_S = \frac{S_{\text{люд}}}{S_{\text{п}}} = \frac{160}{0,5} = 320 \text{ люд.},$$

де: $S_{\text{люд}}$ – площа приміщень для укриття людей; $S_{\text{п}}$ – площа підлоги на 1 людину при двоярусному розміщені ліжок для підприємств при новому будівництві, $S_{\text{п}} = 0,5 \text{ м}^2$.

1.3. Визначаємо місткість сховища за об'ємом всіх приміщень в зоні герметизації:

$$M_V = \frac{S_{\text{заг}} \cdot h}{V_{\text{л}}} = \frac{229 \cdot 2,65}{1,5} = 404 \text{ люд.},$$

де: h – висота приміщень, м; $V_{\text{л}}$ – мінімальний внутрішній об'єм приміщення на 1 людину, $V_{\text{л}} = 1,5 \text{ м}^3$.

Порівнюючи дані місткості за площею M_S та за об'ємом M_V визначаємо фактичну (розрахункову) місткість $M_{\text{ф}}$. За фактичну місткість (кількість місць) приймається менше значення із двох цих величин, $M_{\text{ф}} = 320 \text{ люд.}$

1.4. Визначаємо показник, що характеризує місткість СПП (коефіцієнт місткості):

$$K_m = \frac{M_{\text{ф}}}{N} = \frac{320}{300} = 1,07,$$

де N – чисельність виробничого персоналу, який потребує захисту (найбільша працююча зміна).

Висновок: $K_m = 1,07 > 1$, – захисна споруда забезпечує укриття найбільшої кількості одночасно працюючих людей. Якщо $K_m < 1$, то не всі одночасно працюючі працівники помістяться у таку захисну споруду. У цьому випадку необхідно передбачити збільшення (реконструкцію) наявного укриття, або будівництво додаткового, для решта працівників.

Завдання. Виконати розрахунок укриття персоналу у СПП відповідно до свого варіанту (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Вихідні дані по варіантам для виконання розрахунку укриття персоналу у СПП

Параметри	Од. вим.	Варіанти									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Кількість людей, N	шт.	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220

Тип підприємства/закладу	–	Підприємство					Заклад охорони здоров'я				
Площа приміщень, основні:	м ²										
– приміщення для укриття людей		220	210	200	205	195	180	165	160	155	150
– пункт управління		20	19	18	17	16	15	14	13	14	15
– медичний пункт		18	13	14	15	13	18	12	19	17	14
допоміжні:											
– тамбур-шлюз		14	13	12	11	10	9	8	6	12	15
– санітарні вузли		18	17	18	16	18	17	20	22	14	18
– приміщення для зберігання продуктів		20	18	17	14	17	16	22	12	12	15
– приміщення для фільтровентиляційного обладнання		33	31	32	30	29	27	25	27	25	24
Висота приміщення	м	4,8	4,6	4,4	4,2	4,0	3,6	3,2	3,0	2,7	2,6
Параметри	Од. вим.	Варіанти									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Кількість людей, <i>N</i>	шт.	200	190	180	170	160	150	140	130	420	440
Тип підприємства	–	Житлова будівля					Дошкільний заклад освіти				
Площа приміщень, основні:	м ²										
– приміщення для укриття людей		140	135	145	130	125	120	130	142	246	264
– пункт управління		16	17	15	18	19	15	17	18	13	22
– медичний пункт		18	9	19	20	21	18	17	16	15	20
допоміжні:											
– тамбур-шлюз		12	14	12	13	11	10	9	8	14	12
– санітарні вузли		16	12	8	9	10	11	15	14	10	16
– приміщення для зберігання продуктів		20	15	13	14	15	16	16	13	24	25
– приміщення для фільтровентиляційного обладнання		19	17	15	21	23	19	18	21	16	17
Висота приміщення	м	2,5	2,7	2,8	3,1	3,3	2,55	2,75	2,95	3,15	3,35
Параметри	Од. вим.	Варіанти									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Кількість людей, <i>N</i>	шт.	500	490	480	470	460	435	355	315	285	265
Тип підприємства	–	Школа					Громадська будівля				
Площа приміщень, основні:	м ²										
– приміщення для укриття людей		288	285	269	270	290	310	256	282	216	178
– пункт управління		28	27	26	25	24	27	23	24	21	20
– медичний пункт		24	24	25	26	28	27	32	30	12	19
допоміжні:											
– тамбур-шлюз		16	14	18	19	20	22	25	20	12	14
– санітарні вузли		24	22	20	26	18	19	21	23	24	25
– приміщення для зберігання продуктів		25	27	29	31	33	35	27	25	23	22
– приміщення для фільтровентиляційного обладнання		36	34	32	30	28	26	24	20	18	17
Висота приміщення	м	2,80	2,70	2,90	3,10	3,15	3,20	2,50	2,60	2,40	2,65

Питання для самоконтролю.

1. *Наведіть загальні вимоги щодо місткості захисних споруд та СПП.*
2. *Які норми мінімальної площі на одну особу в основному приміщенні для укриття у СПП?*
3. *Наведіть норми об'ємно - планувальних рішень СПП.*
4. *Які приміщення відносяться до основних?*
5. *Які приміщення відносяться до допоміжних?*
6. *Наведіть мінімальну площа основних та допоміжних приміщень СПП.*
7. *Як визначається коефіцієнт місткості K_m ?*

3. Розрахунок протирадіаційного захисту СПП із захисними властивостями ПРУ

Необхідний коефіцієнт захисту ПРУ залежно від їх призначення та місця розташування, а також від виду промислової діяльності населення, що підлягає укриттю встановлюють згідно з ДБН В.2.2-5 [1].

У разі радіоактивного забруднення місцевості, населення необхідно захистити від наступних видів опромінення, а саме: гамма-опромінення, альфа та бета-часток. Основне призначення ПРУ – захист людей від гамма опромінення, як найбільш біологічно небезпечного виду опромінення, що має високу проникну здатність.

Бета-частки (потік електронів) можуть завдати шкоду людям у випадку потрапляння на шкірний покрив або всередину організму. Легкі екрани у вигляді щільної тканини забезпечують захист від бета-часток.

Альфа-частки характеризуються досить низькою проникаючою та високою іонізуючою здатністю, вони не проникають навіть крізь одяг та шкіру. Ці частки потенційно небезпечні тільки у випадку потрапляння всередину організму.

В приміщенні (споруді), розташованому на радіоактивно забрудненій місцевості, доза завжди буде меншою за зовнішню дозу за рахунок послаблення радіації стінами та перекриттями, а також геометричними параметрами будівлі та навколишньої забудови.

Коефіцієнт захисту (K_3) ПРУ визначають з наступних передумов:

- ефективний спектр гамма-випромінювання з часом, якщо не враховувати природній спад, не змінюється, тим самим не змінюється і кратність послаблення випромінювання огорожувальними конструкціями;
- якщо у огорожувальних конструкціях присутні пустоти, прорізи, важкі елементи (балки, ригелі тощо), приймають що матеріал розподілений рівномірно. Приведену вагу 1 м^2 огорожувальних конструкцій визначають залежно від об'ємної ваги матеріалів з яких вони складаються.

Початкова точка для проведення розрахунків розташована в геометричному центрі ПРУ на висоті 1 м від підлоги.

Починати розрахунок слід з варіанту, коли параметри огорожувальних конструкцій ПРУ забезпечують дотримання вимог щодо використання приміщень в мирний час для потреб суб'єктів господарювання.

Перед початком розрахунку приймають геометричну модель укриття та визначають вихідні дані огорожувальних конструкцій (вага 1 м² зовнішніх і внутрішніх стін та перекриття, площа прорізів в стінах та висота їх розташування), а також дані щодо розташування об'єкта на місцевості (розміри незабудованих ділянок території або вулиць, навколо об'єкту, характер забудови).

Розрахунок коефіцієнта захисту K_3 ПРУ проводиться за емпіричними формулами що віднесені до конкретних типів будівель і споруд.

Якщо захисні властивості ПРУ, що придатні для використання суб'єктами господарювання в мирний час є нижчими за необхідні, проект доповнюють змінами, які підвищують їх захисні властивості. До таких змін відносять:

- зменшення площі прорізів огорожувальних конструкцій шляхом закладання їх в період переведення приміщення на режим укриття;
- обвалування зовнішніх стін;
- заглиблення конструкцій.

В багатоповерхових будівлях посилення захисних властивостей ПРУ досягають шляхом проведення заходів, що виключають можливість радіоактивного забруднення суміжних з укриттям приміщень та приміщень що розташовані над ним.

У випадку внесення до проекту змін (доповнень), щоразу проводиться оцінювання коефіцієнта захисту.

Нормативний коефіцієнт послаблення радіаційного впливу (коефіцієнт захисту) – K_3 ПРУ чи СПП вважається досягненим при виконання нерівності:

$$K_3 \leq K_{3\phi}, \quad (3.1)$$

де: K_3 – нормативний коефіцієнт послаблення, приймається відповідно до таблиці 1.2 (робота 1); $K_{3\phi}$ – розрахунковий коефіцієнт послаблення.

Окремо розташовані повністю заглиблені у ґрунт ПРУ чи СПП, або повністю обваловані споруди (укриттів) незалежно від планувальної відмітки, фактичний (розрахунковий) коефіцієнт послаблення радіаційного впливу визначається як розрахунковий ступінь послаблення $K_{3\phi} = A_{3\phi}$.

При визначенні розрахункового коефіцієнта послаблення радіаційного впливу – $K_{3\phi}$, приймається припущення, що радіоактивні опади рівномірно розподілені на горизонтальних поверхнях та горизонтальних проєкціях похилих та криволінійних поверхонь. Зараження вертикальних поверхонь (стін) не враховується.

Конструктив стін та покриттів тамбурів, форкамер, захисних екранів та інших просторів ПРУ чи СПП, які мають безпосереднє сполучення з навколишнім середовищем чи простором будівлі, в яку вони вбудовані, за показниками $K_{ст}$, $K_{пер}$, та $K_{п}$ має відповідати значенню, прийнятому в розрахунках, за умови, що за їх результатом $K_3 \leq K_{3\phi}$.

Точність результатів отриманих розрахунків визначається до третього знаку після коми (точність 0,001).

Розрахунковий коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{3\phi}$ для наземних необвалованих окремо розташованих ПРУ чи СПП, вбудованих в перші поверхи будівель або вбудованих ПРУ чи СПП з відміткою підлоги, що заглиблена менше ніж на 1,7 м відносно планувальної відмітки землі, визначають за формулою:

$$K_{3\phi} = \frac{0,65 \cdot K_1 \cdot K_{ст} \cdot K_{пер}}{V_1 \cdot K_{ст} \cdot K_1 + (1 - K_{ш}) \cdot (K_0 \cdot K_{ст} + 1) \cdot K_{пер} \cdot K_M} \cdot K_{нз}, \quad (3.2)$$

Розрахунковий коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$ для вбудованих ПРУ чи СПП, які розташовані на відмітках, що відповідають цокольним, підвальним та підземним поверхам, визначається за формулою:

$$K_{зф} = \frac{0,77 \cdot K_1 \cdot K_{ст} \cdot K_{п}}{(1 - K_{ш}) \cdot ((K_0' \cdot K_{ст} + 1) + K_{п} \cdot (K_0 \cdot K_{ст} + 1)) \cdot K_{м}} \cdot K_{нз}, \quad (3.3)$$

де: K_1 – коефіцієнт, що враховує частку радіації, яка проникає крізь стіни ПРУ чи СПП та розраховується за формулою:

$$K_1 = 360^\circ / (36^\circ + \sum \alpha_i), \quad (3.4)$$

де: α_i – кут з вершиною у центрі ПРУ чи СПП, проти якого розташована i -та стіна укриття, градусів;

$K_{ст}$ – кратність послаблення стінами первинного випромінювання залежно від загальної ваги огорожувальних конструкцій (визначається за таблицею 3.1);

$K_{пер}$ – кратність послаблення перекриттям первинного випромінювання (визначається за таблицею 3.1); $K_{п}$ – кратність послаблення перекриттям

підвального поверху вторинного випромінювання (визначається за таблицею 3.1); V_1 – коефіцієнт який залежить від висота та ширини приміщення,

(визначається за таблицею 3.2); K_0 – коефіцієнт, що враховує проникнення до приміщення вторинного випромінювання; K_0' – коефіцієнт отворів у стінах

поверху будівлі, нижче планувальної відмітки якого вбудовано ПРУ чи СПП, приймається рівним: 1; $K_{м}$ – коефіцієнт, який враховує зниження дози радіації

в будівлях від екрануючої дії сусідніх споруд (визначається за таблицею 3.3); $K_{ш}$ – коефіцієнт, який залежить від ширини будівлі (визначається за п.1

таблиці 3.2); $K_{нз}$ – коефіцієнт, що враховує невідворотність зараження радіоактивними опадами конструкцій покриття ПРУ чи СПП, приймається: –

для наземних ПРУ чи СПП, які розміщені окремо, вбудовані в одноповерхові будівлі чи прибудовані до будь-яких будівель: 0,45; – для вбудованих ПРУ чи

СПП у багатоповерхові будівлі, а також розміщених на відмітках цокольного, підвального та підземного поверху будівлі зі штучних кам'яних матеріалів та

залізобетонним перекриттям над 1-м поверхом: 0,8; – для вбудованих ПРУ чи СПП, які розміщені на відмітці підземного поверху, якщо покриття ПРУ чи СПП не являється конструкцією, яка в тому числі утворює підлогу 1-го поверху (між ПРУ чи СПП та підлогою 1-го поверху, знаходиться додатковий поверх, в тому числі технічний): 1.

Таблиця 3.1 – Вплив ваги огорожувальних конструкцій на послаблення гамма-випромінювання

Вага 1 м ² огорожувальних конструкцій, Н (кг)	Кратність послаблення гамма-випромінювання радіоактивного забруднення місцевості		
	Стіною $K_{ст}$ (первинного випромінювання)	Перекриттям $K_{пер}$ (первинного випромінювання)	Перекриттям підвалу $K_{п}$ (вторинного випромінювання)
1500 (150)	2	2	7
2000 (200)	4	3,4	10
2500 (250)	5,5	4,5	15
3000 (300)	8	6	30
3500 (350)	12	8,5	48
4000 (400)	16	10	70
4500 (450)	22	15	100
5000 (500)	32	20	160
5500 (550)	45	26	220
6000 (600)	65	38	350
6500 (650)	90	50	500
7000 (700)	120	70	800
8000 (800)	250	120	2000
9000 (900)	500	220	4500
10000 (1000)	1000	400	10000
11000 (1100)	2000	700	$\geq 10^4$
12000 (1200)	4000	1100	$\geq 10^4$
13000 (1300)	8000	2800	$\geq 10^4$
15000 (1500)	$\geq 10^4$	4500	$\geq 10^4$

Примітка. У випадку проміжного значення ваги 1 м² огорожувальних конструкцій коефіцієнти $K_{ст}$, $K_{пер}$ та $K_{п}$ слід приймати згідно інтерполяції.

Таблиця 3.2 – Визначення коефіцієнта V_1 залежно від ширини приміщення (споруди)

№ з/п	Висота приміщення, м	Коефіцієнти $K_{ш}$ та V_1 залежно від ширини приміщення (споруди) ПРУ чи СПП, м					
		3	6	12	18	28	≥ 42
Коефіцієнт $K_{ш}$							
1	–	0,06	0,16	0,24	0,38	0,38	0,5
Коефіцієнт V_1							
1	2	0,06	0,16	0,24	0,38	0,38	0,5
2	3	0,04	0,09	0,19	0,27	0,32	0,47
3	6	0,02	0,03	0,09	0,16	0,2	0,34
4	12	0,01	0,02	0,05	0,06	0,09	0,15

Примітка: 1. Для проміжних значень ширини та висоти ПРУ чи СПП коефіцієнт $K_{ш}$ та V_1 приймається за інтерполяцією.

2. Для заглиблених в ґрунт або обвалованих споруд висоту приміщень слід приймати до верхньої відмітки обвалування.

Коефіцієнт K_0 , який враховує безпосереднє проникнення в ПРУ чи СПП випромінювання крізь отвори, слід приймати при розташуванні низу згаданих отворів-прорізів (дверного, віконного, тощо) у зовнішніх стінах на висоті h від підлоги ПРУ чи СПП відповідно:

$$\begin{aligned}
 &\text{при } h \leq 0,8 \text{ м, } K_0 = 0,8 \cdot \alpha; \\
 &\text{при } h = 0,81 \div 1,5 \text{ м, } K_0 = 0,15 \cdot \alpha; \\
 &\text{при } h \geq 2,0 \text{ м, } K_0 = 0,09 \cdot \alpha.
 \end{aligned}
 \tag{3.5}$$

Якщо значення « α » дорівнює 0, що досягається шляхом застосування конструктивно-планувальних рішень, то коефіцієнт K_0 приймається рівним «0».

Коефіцієнт « α » визначається за формулою:

$$\alpha = \frac{S_0}{S_n},
 \tag{3.6}$$

де S_0 – площа отворів (прорізів) у зовнішніх огорожуючих конструкціях – стінах (дверних, віконних, отворів з клапанами, тощо), м^2 , які не захищені екранами чи іншими конструктивними рішеннями; S_n – площа підлоги ПРУ чи СПП, м^2 .

Таблиця 3.3 – Визначення коефіцієнта K_m залежно від ширини забрудненої ділянки, навколо будівлі

Місце розташування укриття	Коефіцієнт K_M залежно від ширини забрудненої ділянки, навколо будівлі, м							
	3	10	20	30	40	60	100	300
На першому або підвальному поверсі	0,45	0,55	0,65	0,75	0,8	0,85	0,9	0,98

Ширина зараженої ділянки – найбільша відстань, що визначається по перпендикуляру від огорожувальних конструкцій укриття до поруч розташованих будівель/споруд.

Під час розроблення типових проектів допустимо визначати захисні властивості приміщень, призначених для використання в якості ПРУ чи СПП, з усередненим значенням коефіцієнта K_M що дорівнює: 0,5 – для промислових та допоміжних будівель розташованих всередині промислового комплексу; 0,7 – для промислових та допоміжних будівель, розташованих вздовж магістральних вулиць чи посеред міської забудові житловими кам'яними будівлями; 1 – для окремо розташованих будівель та споруд.

Загальне опромінення крізь будь-яку стіну ПРУ чи СПП прямо пропорційне плоскому куту (рисунок 3.1), який описує цю стіну з розрахункової точки в центрі приміщення. При розрахунку розрахункового коефіцієнта послаблення радіаційного впливу (коефіцієнта захисту) $K_{зф}$, приймається припущення, що випромінювання крізь будь-яку стіну ПРУ чи СПП (за винятком споруд, що розглядаються для окремо розташованих повністю заглиблених у ґрунт ПРУ чи СПП, або повністю обвалованих споруд (укриттів) незалежно від планувальної відмітки, фактичний (розрахунковий) коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф} = A_{зф}$, і визначається як нормативний ступінь послаблення радіаційного впливу, A_3 , огорожувальною конструкцією (стіною, покриттям, багатошаровими конструкціями, тощо) сховища чи СПП) пропорційне плоскому куту, який описує цю стіну з розрахункової точки у центрі приміщення. При прямокутному обрисі ПРУ чи СПП чотири плоских кути утворюються від перетину діагоналей.

Кути α_i (формула 3.4) визначаються графічним методом на плані ПРУ чи СПП з урахуванням наведеного вище припущення шляхом нанесення діагоналей та формування відповідної схеми кутів α_i .

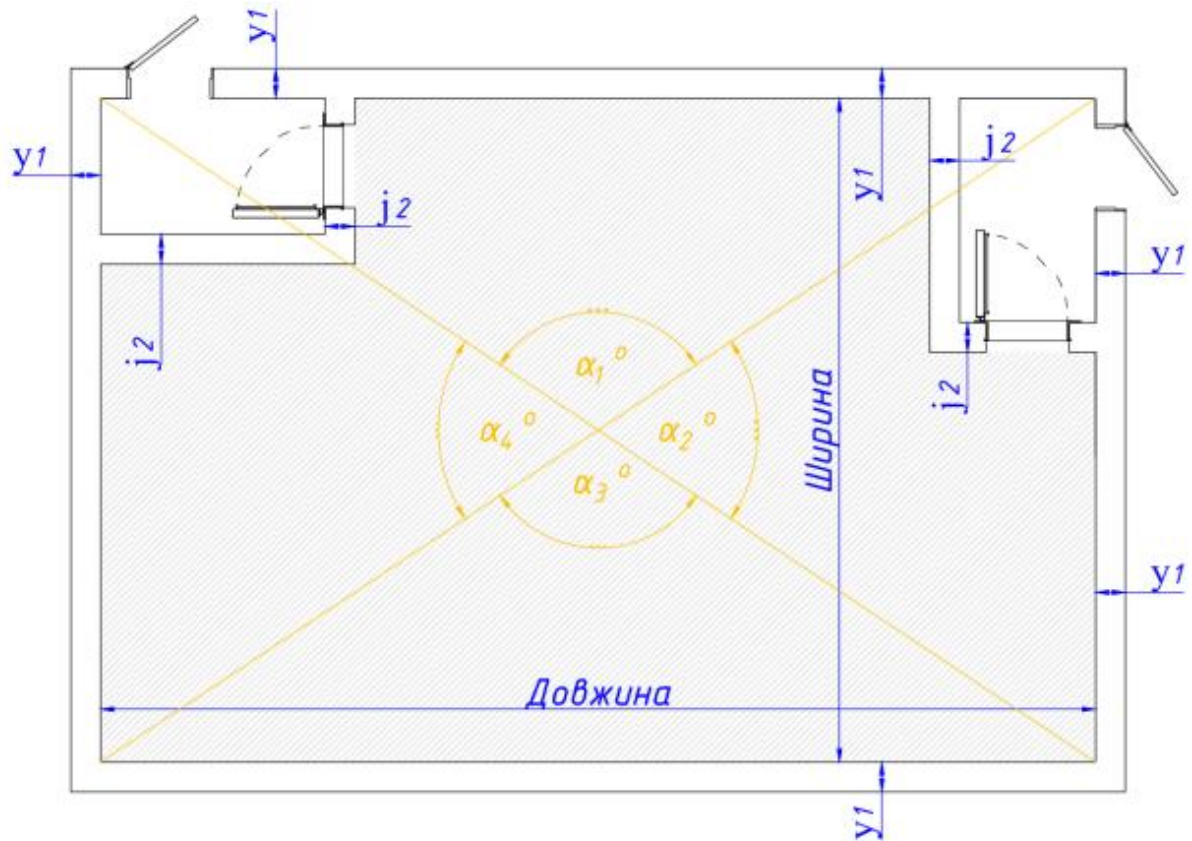


Рисунок 3.1 – Схема побудови та визначення плоских кутів на плані ПРУ чи СПП

При визначенні кількості кутів, які потрібно враховувати під час розрахунку за формулою 3.4, визначається вага кожної стіни навпроти i -го кута.

Визначення ваги 1 м^2 кожної i -тої стіни G_i , кг, навпроти кожного кута α_i , здійснюється за формулою:

$$G_i = \rho_i \cdot y_i, \quad (3.7)$$

де G_i – вага огорожувальної конструкції (стіни), без отворів, $\text{кг}/\text{м}^2$;
 ρ_i – щільність i -того матеріалу i -тої огорожуючої конструкції (стіни), $\text{кг}/\text{м}^3$;
 y_i – товщина шару i -того матеріалу i -ї огорожуючої конструкції (стіни), м.

У разі використання багатошарових конструкції з різних матеріалів, значення їх ваги сумується.

Під час розрахунку ваги огорожувальної конструкції в межах одного кута, враховуються лише стіни ПРУ чи СПП, без урахування огорожувальних конструкцій будівель/споруд, в які вони вбудовані чи до яких вони прибудовані.

Для вбудованих ПРУ чи СПП, які розташовані на відмітках підземних поверхів, для стін, які суміжні з ґрунтом навколишньої території, вагу 1 м² стіни у сумі з вагою ґрунту, в розрахунках необхідно приймати не більше 11000 Н (1100 кг).

Визначення ваги 1 м² *i*-тої стіни, кг, з отворами (прорізами), навпроти кожного кута α_i , здійснюється за формулою:

$$G_{i0} = \rho_i \cdot y_i \cdot \left(1 - \left(\frac{S_0}{S_{\text{СТ}}} \right) \right), \quad (3.8)$$

де G_{i0} – вага огорожувальної конструкції (стіни), з отворами, кг/м²; S_0 – площа отворів (прорізів) у зовнішніх огорожуючих конструкціях-стінах (дверних, віконних, отворів з клапанами, тощо), м²; $S_{\text{СТ}}$ – площа стіни, м² для якої розраховується вага.

У розрахунку коефіцієнта K_1 за формулою 3.4 враховуються лише ті кути α_i , навпроти яких огорожувальні конструкції ПРУ чи СПП: мають сумарну вагу 1 м² (навпроти *i*-го кута) менше 10000 Н (1000 кг).

У випадку, коли вага 1 м² огорожувальних конструкцій, розташованих в межах усіх кутів α_i , буде рівна 10000 Н (1000 кг) і більше, коефіцієнт становить $K_1 = 10$.

Коефіцієнт $K_{\text{СТ}}$ визначається згідно таблиці 3.1, виходячи з ваги 1 м² стіни (огорожувальної конструкції), Н (кг).

Вага 1 м² стіни, для визначення $K_{\text{СТ}}$, розраховується виходячи з ваги огорожувальних конструкцій, що передбачаються навпроти кожного *i*-того кута α_i .

Якщо вага 1 м² будь-якої стіни перевищує значення 11000 Н (1100 кг), в розрахунках за формулами 3.9 та 3.10, вага *i*-тої стіни приймається рівною 11000 Н (1100 кг).

Якщо сумарна вага стін у кожному куті α_i різниться одна від одної менше ніж на 2000 Н/м² (200 кгс/м²), величина кратності послаблення випромінення стінами $K_{ст}$ визначається відповідно до середньої ваги стін $G_{сер}$, яка розраховується за формулою:

$$G_{сер} = \frac{\sum(\alpha_i \cdot G_i)}{\sum \alpha_i}, \quad (3.9)$$

де G_i – вага огорожувальної конструкції (стіни), що визначається за формулою 3.7 та 3.8, кг/м².

У разі, якщо вага огорожувальних конструкцій (стін) у кожному куті різниться одна від одної більше, ніж на 2000 Н/м² (200 кг/м²), величина кратності послаблення випромінення стінами $K_{ст}$ визначається за формулою:

$$K_{ст} = \frac{\sum(\alpha_i \cdot K_{ст.i})}{\sum \alpha_i}, \quad (3.10)$$

де $K_{ст.i}$ – коефіцієнт, що приймається згідно таблиці 3.1 як $K_{ст}$, окремо для кожної *i*-тої стіни.

Для цокольних та підвальних поверхів (необвалованих), вага 1 м² стіни, при визначенні коефіцієнта $K_{ст}$, розраховується виходячи з габаритів та характеристик її конструктиву, що виступає над поверхнею землі.

Для вбудованих ПРУ чи СПП, які розташовані на відмітках підземних поверхів, під час визначення коефіцієнта $K_{ст}$ по відношенню до стін, які суміжні з ґрунтом навколишньої території (в тому числі з отворами), вагу 1 м² стіни у сумі з вагою ґрунту, необхідно приймати не більше ніж 11000 Н (1100 кг).

Значення коефіцієнтів $K_{пер}$ та $K_{п}$, що визначаються виходячи з ваги 1 м² покриття ПРУ чи СПП, яка формується зі щільності *i*-го матеріалу та товщини *i*-тої конструкції покриття (в тому числі багатошарової). Коефіцієнти визначаються згідно таблиці 3.1, при цьому, розуміється, що незахищені

отвори в покритті, яке в тому числі може виконувати роль перекриття, взагалі відсутні.

Коефіцієнти $K_{ш}$ та V_1 дають змогу під час розрахунку K_3 врахувати вплив характеру розподілу радіоактивних опадів на покриття та навколо будівлі на місцевості, випромінювання від яких оцінюють окремо.

Первинне гамма-випромінювання від радіоактивних опадів, що лежать на покрівлі будівлі, не може потрапити всередину через зовнішні стіни та навпаки, випромінювання з поверхні землі проникає тільки через стіни.

Коефіцієнти $K_{ш}$ та V_1 враховують, яку частину площі місцевості складає радіоактивно забруднене покриття (покрівля) будівель, а у випадку високої будівлі також і віддалення забрудненої поверхні від розрахункової точки (по висоті).

Значення коефіцієнтів не пропорційні площі забруднення покриття та ділянок місцевості, розташованих на різному віддаленні від розрахункової точки, тому що випромінювання розташованих поблизу ділянок значно більше.

Це видно з таблиці 3.2, якщо проаналізувати, як змінюється значення V_1 залежно від висоти (відстані) для тієї ж ширини приміщення. Коефіцієнт V_1 залежить від висоти та ширини приміщення та показує, яка частина радіації проникає через перекриття від радіоактивних речовин, що осіли на покрівлі.

Якщо внутрішні стіни укриття в одноповерхових будівлях мають наведену вагу не менше ніж 5400 Н (540 кгс/м^2), то під час визначення V_1 приймають ширину, що дорівнює ширині ПРУ чи СПП. У випадку менших значень приведеної ваги приймається ширина будівлі.

В ПРУ чи СПП, що розташовані у багатоповерхових будівлях під час визначення коефіцієнта V_1 слід приймати ширину приміщення ПРУ.

Коефіцієнт $K_{ш}$ залежить від ширини будівлі, в якій споруджено ПРУ чи СПП та враховує зменшення забрудненої зони території за рахунок забруднення покрівлі. Під час визначення $K_{ш}$ приймають ширину будівлі (споруди), приміщення які відведені під ПРУ.

Коефіцієнт K_0 залежить від розміру та рівня розташування прорізів (отворів) в зовнішніх стінах укриття. Якщо віконні прорізи (світлові отвори, люки тощо) розташовані на різному рівні від підлоги, то значення K_0 визначають як суму часткових значень коефіцієнтів K_{0i} для кожного рівня (лінії) прорізів, отворів чи смуги послабленої стіни.

Екранувальний вплив від сусідніх приміщень чи будівель розташованих поблизу ПРУ чи СПП визначають за коефіцієнтом K_M . Гамма-випромінювання від радіоактивних речовин практично повністю послаблюється огорожувальними конструкціями будівель, що розташовані навколо ПРУ чи СПП (особливо якщо загальна вага 1 м^2 стін будівель з кам'яних матеріалів в будь-якому напрямку більше 11000 Н (1100 кг). Тому на стіни ПРУ чи СПП, які розташовані в середині забудови, гамма-випромінювання від радіоактивних речовин, що лежать на місцевості, діє безпосередньо поблизу від нього.

Приклад. Визначити коефіцієнти захисту для ПРУ або СПП в одноповерховому складському приміщенні. План будівлі наведено на рисунку 3.2.

Вихідні дані: Стіни складського приміщення – цегляна кладка завтовшки в 2 цегли (товщина стіни $y_{\text{ст}} = 51 \text{ см} = 0,51 \text{ м}$ щільністю $\rho_{\text{ст}} = 1840 \text{ кг/м}^3$); перекриття – залізобетонні плити (товщина перекриття $y_{\text{пер}} = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$ щільністю $\rho_{\text{пер}} = 2300 \text{ кг/м}^3$). Розмір віконних прорізів $2000 \times 2000 \text{ мм}$, дверних прорізів $2000 \times 3500 \text{ мм}$. Ширина радіоактивно забрудненої ділянки поблизу будівлі 50 м .

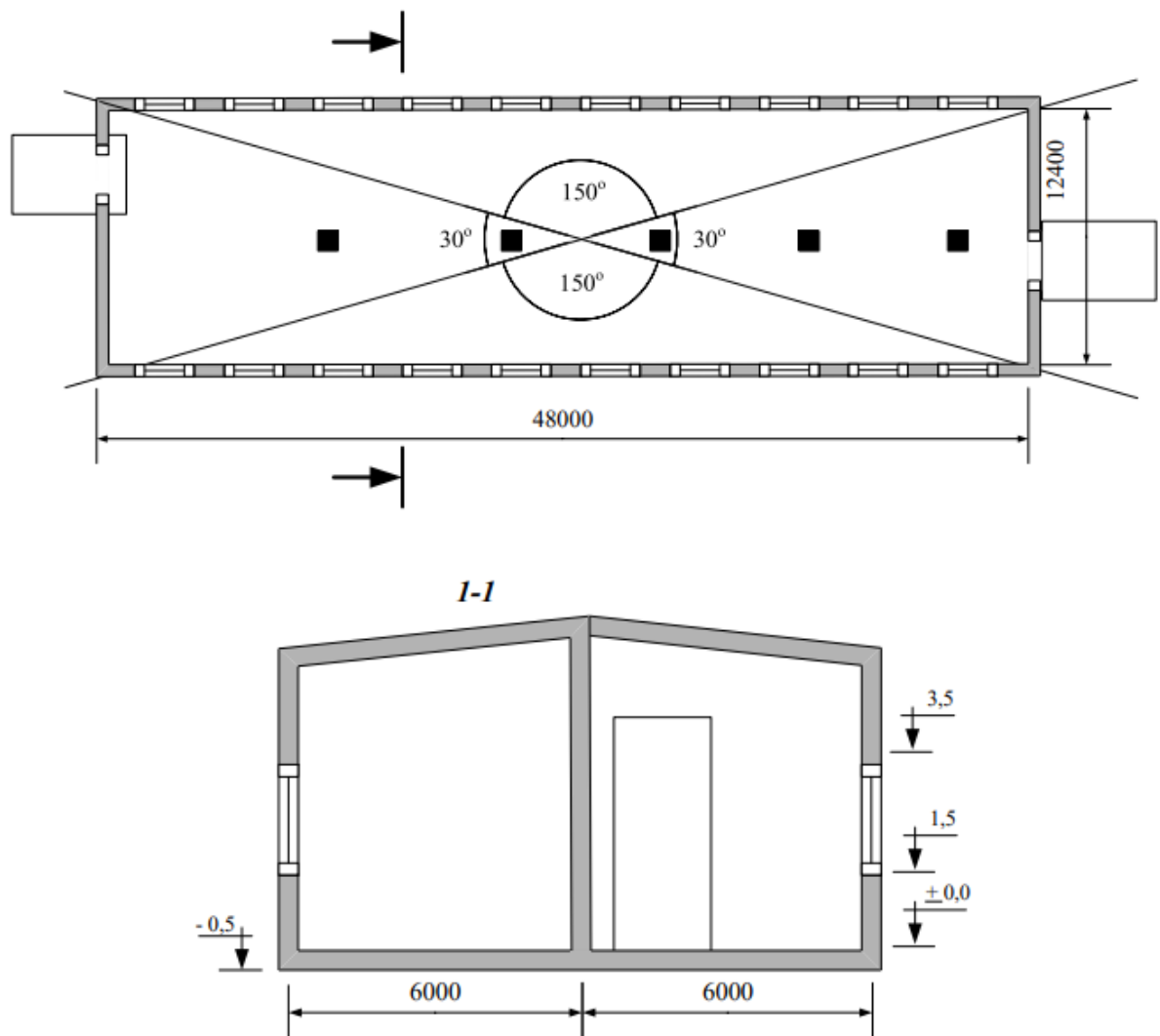


Рисунок 3.2 – Схема складського приміщення під ПРУ чи СПП

Відповідно до плану (рис. 3.2) маємо: загальна площа віконних прорізів – $20 \cdot 2 \cdot 2 = 80 \text{ м}^2$; дверних прорізів $2 \cdot 2 \cdot 3,5 = 14 \text{ м}^2$; висота від рівня чистої підлоги до підвіконників становить 1,5 м, площа підлоги $(48000 - 510) \cdot (12400 - 510) = 47490 \cdot 11890 = 47,49 \cdot 11,89 = 565 \text{ м}^2$. Висота стін 4,8 м. Площа поздовжньої стіни – $48 \cdot 4,8 = 230,4 \text{ м}^2$. Площа торцевої стіни – $12,4 \cdot 4,8 = 59,5 \text{ м}^2$.

Розрахунок. Оскільки наше складське приміщення не заглиблене та окремо розташоване, то розрахунковий коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$ будемо визначати за формулою (3.2).

За формулою 3.7 визначаємо вагу 1 м^2 кожної i -тої стіни G_i та перекриття, кг. Оскільки у нас поздовжні стіни однакові між собою, тобто виконані з одного матеріалу, мають однакову кількість віконних прорізів,

товщину та розміри, то їхня вага буде теж однаковою. Для торцевих стін картина аналогічна. Тоді маємо:

Вага 1 м² поздовжніх та торцевих стіни становить

$$G_{\text{ст}} = \rho_{\text{ст}} \cdot y_{\text{ст}} = 1840 \cdot 0,51 = 938,4 \text{ кг.}$$

Вага 1 м² перекриття

$$G_{\text{пер}} = \rho_{\text{пер}} \cdot y_{\text{пер}} = 2400 \cdot 0,3 = 720 \text{ кг.}$$

За формулою 3.8 визначаємо вагу 1 м² *i*-тої стіни, кг, з урахуванням отворів (прорізів):

Приведена вага повздовжньої стіни

$$G_{\text{п}} = \rho_{\text{п}} \cdot y_{\text{п}} \cdot \left(1 - \left(\frac{S_0}{S_{\text{ст}}}\right)\right) = 1840 \cdot 0,51 \cdot \left(1 - \left(\frac{40}{230,4}\right)\right) = 775,5 \text{ кг/м}^2.$$

Приведена вага торцевої стіни

$$G_{\text{т}} = \rho_{\text{т}} \cdot y_{\text{т}} \cdot \left(1 - \left(\frac{S_0}{S_{\text{ст}}}\right)\right) = 1840 \cdot 0,51 \cdot \left(1 - \left(\frac{7}{59,5}\right)\right) = 828 \text{ кг/м}^2.$$

Приведена вага усіх стін менше 10000 Н (1000 кг/м²), тому коефіцієнт K_1 визначаємо за формулою 3.4.

$$K_1 = 360^\circ / (36^\circ + 360^\circ) = 0,9.$$

За формулою 3.9 визначаємо середню вагу стін $G_{\text{сер}}$

$$G_{\text{сер}} = \frac{\sum(\alpha_i \cdot G_i)}{\sum \alpha_i} = \frac{30 \cdot 828 + 150 \cdot 775,5 + 30 \cdot 828 + 150 \cdot 775,5}{30 + 150 + 30 + 150} = 784,25 \text{ кг/м}^2.$$

Оскільки сумарна вага стін у кожному куті α_i різниться одна від одної менше ніж на 2000 Н/м² (200 кгс/м²), величину кратності послаблення випромінення стінами $K_{\text{ст}}$ визначаємо відповідно до середньої ваги стін $G_{\text{сер}}$.

Відповідно до таблиці 3.1 за знайденим значенням середньої ваги знаходимо $K_{\text{ст}} = 229,5$, для перекриття $K_{\text{пер}} = 146$.

Відповідно до таблиці 3.2 при висоті приміщення 4,8 м та ширині приміщення 12,4 м, коефіцієнт $V_1 = 0,13$; при ширині приміщення 12,4 м, коефіцієнт $K_{\text{ш}} = 0,25$.

За формулою 3.6 знаходимо коефіцієнт α :

$$\alpha = \frac{S_0}{S_n} = \frac{80 + 14}{565} = 0,17.$$

При висоті підвіконника 1,5 м маємо: $K_0 = 0,15 \cdot \alpha = 0,15 \cdot 0,17 = 0,026$.

Відповідно до таблиці 3.3 при ширині забрудненої ділянки, що межує з будівлею в 50 м, коефіцієнт $K_m = 0,825$.

Коефіцієнт невідворотності зараження радіоактивними опадами конструкцій покриття для наземних ПРУ чи СПП, які розміщені окремо, вбудовані в одноповерхові будівлі чи прибудовані до будь-яких будівель становить $K_{нз} = 0,45$.

Тоді, за формулою (3.2) визначаємо коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$:

$$K_{зф} = \frac{0,65 \cdot K_1 \cdot K_{ст} \cdot K_{пер}}{V_1 \cdot K_{ст} \cdot K_1 + (1 - K_{ш}) \cdot (K_0 \cdot K_{ст} + 1) \cdot K_{пер} \cdot K_m} \cdot K_{нз};$$

$$K_{зф} = \frac{0,65 \cdot 0,9 \cdot 229,5 \cdot 146}{0,13 \cdot 229,5 \cdot 0,9 + (1 - 0,25) \cdot (0,026 \cdot 229,5 + 1) \cdot 146 \cdot 0,825} \cdot 0,45 = 13,4.$$

Отже, якщо навіть віднести наше ПРУ чи СПП до групи укриття П-6, то отриманий коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$ значно менший за нормативний коефіцієнт послаблення радіаційного впливу K_3 , тобто нерівність 3.1 не виконується $K_3 = 100 \leq K_{зф} = 13,4$ відповідно до таблиці 1.2 (робота 1).

У такому вигляді складське приміщення під ПРУ чи СПП із захисними властивостями ПРУ застосовуватись не може. Розглянемо можливість підвищення захисних властивостей цього складського приміщення за рахунок закладання віконних прорізів та облаштування екранів на входах.

Приймаємо закладання віконних прорізів на повну висоту, тобто 2,0 м та облаштувати екрани на входах. Висота екранів на входах приймається рівною висоті входу.

Відповідно до ДБН 2.2-5 [1] характеристики захисних екранів, огорожувальних конструкцій входів, тамбурів, шахт, форкамер, розширювальних камер, інших просторів ПРУ чи СПП, які мають сполучення

із навколишнім середовищем через отвір (проріз, в тому числі заповнений дверима, ставнями, іншим пристроєм), в тому числі з об'ємом будівлі в яку вони вбудовані, за показниками послаблення радіаційного впливу мають відповідати огорожувальним конструкціям захисних споруд чи СПП.

Тому приймаємо параметри екранів аналогічними основній стіні, тобто цегляна кладка завтовшки в 2 цегли (товщина стіни $y = 51 \text{ см} = 0,51 \text{ м}$ щільністю $\rho_{\text{ст}} = \rho_{\text{ек}} = 1840 \text{ кг/м}^3$).

Тоді маємо:

Приведена вага повздовжньої та торцевої стін

$$G_{\text{ст}} = G_{\text{сер}} = 938,4 \text{ кг.}$$

Приведена вага перекриття

$$G_{\text{пер}} = 720 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт $K_1 = 0,9$; $K_0 = 0$; $K_{\text{м}} = 0,825$; $K_{\text{нз}} = 0,45$.

Відповідно до таблиці 3.1 за знайденим значенням середньої ваги знаходимо $K_{\text{ст}} = 692$, для перекриття $K_{\text{пер}} = 146$.

Відповідно до таблиці 3.2 при висоті приміщення 4,8 м та ширині приміщення 12,4 м, коефіцієнт $V_1 = 0,13$; при ширині приміщення 12,4 м, коефіцієнт $K_{\text{ш}} = 0,25$.

Визначаємо коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{\text{зф}}$ з врахуванням прийнятих захисних властивостей

$$K_{\text{зф}} = \frac{0,65 \cdot K_1 \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_{\text{пер}}}{V_1 \cdot K_{\text{ст}} \cdot K_1 + (1 - K_{\text{ш}}) \cdot (K_0 \cdot K_{\text{ст}} + 1) \cdot K_{\text{пер}} \cdot K_{\text{м}}} \cdot K_{\text{нз}};$$
$$K_{\text{зф}} = \frac{0,65 \cdot 0,9 \cdot 692 \cdot 146}{0,13 \cdot 692 \cdot 0,9 + (1 - 0,25) \cdot (0 \cdot 692 + 1) \cdot 146 \cdot 0,825} \cdot 0,45 = 155.$$

Висновок: Отже, після підвищення захисних властивостей цього складського приміщення за рахунок закладання віконних прорізів та облаштування екранів на входах коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{\text{зф}}$ значно підвищився і такі ПРУ чи СПП можна віднести до групи укриття П-6, для якої виконується умова нерівності 3.1. $K_3 = 100 \leq K_{\text{зф}} = 155$.

	Довжина	м	26	32	34	36	38	40	44
	Ширина	м	8	8	12	12	16	18	18
№ п/п	Параметр	Од. вим.	Варіант						
			15	16	17	18	19	20	21
1	Тип приміщення		Наземне, окремо розташоване						
2	Стіни:		цегла			керамзит		бетон	
	Щільність, $\rho_{ст}$	г/см ³	1,86	1,75	1,38	1,48	1,55	2,35	2,45
	Товщина, $u_{ст}$	м	0,51	0,38	0,3	0,4	0,5	0,22	0,32
3	Перекриття		бетон			дерево		бетон	
	Щільність, $\rho_{ст}$	г/см ³	2,35	2,44	2,5	0,78	0,88	2,62	2,32
	Товщина, $u_{ст}$	м	0,24	0,32	0,21	0,31	0,25	0,24	0,25
4	Висота приміщення	м	2,5	2,7	3,0	3,3	3,6	3,9	4,2
5	Віконні прорізи	штук	–	–	–	–	–	–	–
	Висота	м	–	–	–	–	–	–	–
	Ширина	м	–	–	–	–	–	–	–
6	Дверні прорізи	штук	2	2	2	2	2	3	3
	Висота	м	2,0	2,2	2,4	2,5	2,6	2,8	2,9
	Ширина	м	1,5	1,8	2,0	2,2	2,2	2,4	2,5
7	Ширина радіоактивної ділянки навколо будівлі	м	12	24	36	48	65	75	85
8	Висота від підлоги до підвіконників	м	–	–	–	–	–	–	–
9	Розмір будівлі в плані								
	Довжина	м	28	36	36	38	38	40	48
	Ширина	м	8	8	12	12	16	18	18

Питання для самоконтролю.

1. Як визначається коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$ для наземних необвалованих окремо розташованих СПП?
2. Як визначається коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{зф}$ для цокольних та підвальних приміщень СПП?
3. Як впливає вага огорожувальних конструкцій на послаблення гамма-випромінювання?
4. Як визначається і що враховує коефіцієнт K_0 ?
5. Як визначається і що враховує коефіцієнт K_1 ?
6. Як визначається і що враховує коефіцієнт K_m ?
7. Як визначається і що враховує коефіцієнт $K_{ст}$?
8. Як визначається і що враховує коефіцієнт $K_{пер}$?

4. Розрахунок СПП із захисними властивостями сховищ

Огороджувальні конструкції захисних споруд та СПП, у тому числі багат шарові конструкції, а також конструктивно-планувальні рішення захисту прорізів у них, повинні забезпечувати послаблення радіаційного впливу до нормативного значення, яке приймається згідно таблиць 1.1 та 1.2. При цьому такі конструкції повинні бути стійкими до особливого поєднання навантажень на стійкість від сприйняття яких розраховується захисна споруда чи СПП.

Розрахунок захисту від радіації для забезпечення досягнення встановлених у таблицях 1.1 та 1.2. показників послаблення радіаційного впливу (ступеня захисту A_3 чи коефіцієнта K_3) виконується виключно для огороджувальних конструкцій захисних споруд чи СПП, без врахування конструкцій споруд в які вони вбудовуються чи прибудовуються.

Характеристики захисних екранів, огороджувальних конструкцій входів, тамбурів, тамбур-шлюзів, шахт, форкамер, розширювальних камер, інших просторів захисної споруди або СПП, які мають сполучення із навколишнім середовищем через отвір (проріз, в тому числі заповнений дверима, ставнями, іншим пристроєм) за показниками послаблення радіаційного впливу мають відповідати огороджувальним конструкціям захисних споруд чи СПП.

Під час проектування нових захисних споруд, СПП, їх реконструкції, тощо, не допускається забезпечувати нормативне значення послаблення радіаційного впливу тимчасовими організаційно-технічними рішеннями.

Нормативний ступінь послаблення радіаційного впливу, A_3 , огороджувальною конструкцією (стіною, покриттям, багат шаровими конструкціями, тощо) сховища чи СПП, вважається досягненим при виконанні нерівності:

$$A_3 \leq A_{3\phi} = 1,18 \cdot \frac{(K_{y,i} \cdot K_{n,i}) \cdot K_p \cdot K_N}{(K_{y,i} + K_{n,i})}, \quad (4.1)$$

де A_3 – нормативний ступінь послаблення, який приймається згідно з таблицею 1.1 (робота 1) залежно від класу споруди; $A_{3ф}$ – розрахунковий ступінь послаблення; $K_{y,i}$ – коефіцієнт послаблення дози гамма-випромінювання огорожувальною конструкцією з одного або декількох i -тих шарів матеріалу, що приймається для шару матеріалу за таблицею 4.1 та дорівнює добутку їх відповідних значень, якщо шарів матеріалів декілька; $K_{n,i}$ – коефіцієнт послаблення дози нейтронів огорожувальною конструкцією з одного або декількох i -тих шарів матеріалу, що приймається для шару матеріалу за таблицею 4.1 та дорівнює добутку їх значень, якщо шарів матеріалів декілька; K_N – коефіцієнт, що враховує товщину шару матеріалу, значення якого визначається за таблицею 4.4; K_p – коефіцієнт умов розташування сховищ чи СПП.

Під час виконання розрахунку за формулою 4.1 коефіцієнти $K_{y,i}$ та $K_{n,i}$ застосовуються лише по відношенню до огорожувальних конструкцій (в тому числі ґрунтової обсіпки, тощо), що безпосередньо належать до об'ємів сховищ чи СПП, і не застосовуються щодо огорожувальних конструкцій будівель/споруд, у які ці сховища чи СПП вбудовуються.

Коефіцієнт умов розташування, K_p , визначається за формулою:

$$K_p = \frac{K_{заб}}{K_{буд}}, \quad (4.2)$$

де $K_{заб}$ – коефіцієнт, який враховує зниження дози проникаючої радіації у забудові та приймається за таблицею 4.2; $K_{буд}$ – коефіцієнт, який приймається за таблицею 4.3 і враховує послаблення радіації огорожувальними конструкціями житлових, громадських та виробничих будівель, в які вбудовані сховища чи СПП. Особливості визначення коефіцієнта $K_{буд}$ наведено в примітках до таблиці 4.3.

Для матеріалів, близьких за хімічним складом до наведених у таблиці 4.1, але які відрізняються щільністю, коефіцієнти K_y та K_n визначаються для товщини приведенного шару $X_{пр,p}$, який визначається за формулою:

$$X_{\text{пр.р}} = X \cdot \frac{\rho_x}{\rho}, \quad (4.3)$$

де $X_{\text{пр.р}}$ – товщина приведенного шару, см; ρ – щільність матеріалу з відомими значеннями K_y та K_n ; X – товщина шару, см, матеріалу з щільністю ρ_x , для якого визначається приведена товщина $X_{\text{пр.р}}$; ρ_x – щільність матеріалу, кг/м.куб., для шару якого визначається приведена товщина $X_{\text{пр.р}}$.

Для матеріалів, близьких за хімічним складом, але які відрізняються рівнем вологості при однаковій щільності і не включені у таблицю 4.1, приведену товщину $X_{\text{пр.п}}$ слід визначати за формулою:

$$X_{\text{пр.п}} = X_{\text{пр.р}} \cdot \left(\frac{W}{W_{\text{від}}} \right)^{1/4}, \quad (4.4)$$

де $X_{\text{пр.п}}$ – приведена до однієї щільності за співвідношенням (4.3) товщина нового матеріалу; W – вологість матеріалу, для якого визначається $X_{\text{пр.п}}$; $W_{\text{від}}$ – вологість матеріалу з відомим значеннями K_n . За обчисленим значенням $X_{\text{пр.п}}$ за таблицею 4.1 визначається значення K_y та K_n .

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти послаблення дози гамма-випромінювання та нейронів проникаючої радіації для різних матеріалів в залежності від його товщі

Товщина шару матеріалу, см	Коефіцієнт послаблення дози гамма-випромінювання та нейронів проникаючої радіації товщею матеріалів											
	Бетон $\rho = 2,4 \text{ г/см}^3$ вологість 10%		Цегла $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ вологість 5%		Ґрунт $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$ вологість 19%		Дерево $\rho = 0,7 \text{ г/см}^3$ вологість 30%		Поліетилен $\rho = 0,94 \text{ г/см}^3$		Сталь $\rho = 7,8 \text{ г/см}^3$	
	K_n	K_y	K_n	K_y	K_n	K_y	K_n	K_y	K_n	K_y	K_n	K_y
10	6,2	2,0	3,7	1,7	6,5	1,7	12	1,0	22	1,0	4,7	17
15	12	3,5	5,5	2,5	13	2,5	30	1,2	53	1,3	6,5	56
20	23	5,3	8,2	3,7	26	3,8	59	1,3	130	1,7	8,8	150
25	43	8,3	12	5,2	51	5,7	120	1,5	240	2,0	11	280
30	74	13	17	7,2	100	8,2	200	1,8	460	2,5	14	430
35	130	22	24	10	170	12	340	2,2	860	3,0	17	640
40	230	32	34	14	280	17	550	2,5	1600	3,8	21	900
45	390	44	47	18	470	25	910	3,0	3100	4,5	26	1200
50	680	66	66	24	780	35	1500	3,5	5800	5,5	33	1700
55	1200	96	92	32	1300	48	2500	4,2	11000	6,7	–	–
60	2100	140	130	41	2200	68	4100	4,8	20000	8,2	–	–

65	3600	220	180	52	3600	95	6700	5,7	38000	10	–	–
70	6300	290	250	66	6000	130	11000	6,7	72000	12	–	–
75	11000	390	350	83	10000	180	18000	7,7	$14 \cdot 10^4$	15	–	–
80	18000	590	490	100	17000	240	30000	9,0	$26 \cdot 10^4$	18	–	–
85	31000	790	680	120	28000	320	50000	10,0	$48 \cdot 10^4$	21	–	–
90	53000	1100	960	160	46000	430	82000	12	$91 \cdot 10^4$	25	–	–
95	91000	1500	1400	200	77000	580	$14 \cdot 10^4$	14	$1,7 \cdot 10^6$	30	–	–
100	$15 \cdot 10^4$	2200	1900	260	$12 \cdot 10^4$	770	$22 \cdot 10^4$	16	$3,2 \cdot 10^6$	35	–	–
105	$26 \cdot 10^4$	3000	2700	330	$20 \cdot 10^4$	1000	$37 \cdot 10^4$	19	$6,1 \cdot 10^6$	42	–	–
110	$45 \cdot 10^4$	4300	3800	420	$32 \cdot 10^4$	1300	$61 \cdot 10^4$	21	$1,1 \cdot 10^7$	50	–	–
115	$76 \cdot 10^4$	5000	5400	540	$51 \cdot 10^4$	1800	$1 \cdot 10^6$	25	$2,2 \cdot 10^7$	59	–	–
120	$1,3 \cdot 10^6$	8400	7700	690	$82 \cdot 10^4$	2300	$1,7 \cdot 10^6$	28	$4,1 \cdot 10^7$	69	–	–
125	$2,2 \cdot 10^6$	12000	11000	890	$1,3 \cdot 10^6$	3100	$2,7 \cdot 10^6$	32	$7,6 \cdot 10^7$	82	–	–
130	$3,8 \cdot 10^6$	17000	15000	1100	$2,1 \cdot 10^6$	4100	$4,5 \cdot 10^6$	37	$1,4 \cdot 10^8$	97	–	–
135	$6,4 \cdot 10^6$	23000	22000	1400	$3,4 \cdot 10^6$	5400	$7,4 \cdot 10^6$	42	$2,7 \cdot 10^8$	110	–	–
140	$11 \cdot 10^6$	32000	31000	1800	$5,4 \cdot 10^6$	7100	$1,2 \cdot 10^7$	48	$5,1 \cdot 10^8$	130	–	–
145	$19 \cdot 10^6$	45000	44000	2300	$8,7 \cdot 10^6$	9400	$2,0 \cdot 10^7$	54	$9,6 \cdot 10^8$	160	–	–
150	$32 \cdot 10^6$	64000	62000	3000	$14 \cdot 10^6$	12000	$3,3 \cdot 10^7$	62	$1,8 \cdot 10^9$	180	–	–

Таблиця 4.2 – Зниження дози проникаючої радіації в залежності від характеру забудови

Характер забудови	Висота будинків, м	Щільність забудови, %	Коефіцієнт $K_{\text{заб}}$
Промислова	≥ 12	40	1,8
		30	1,5
		20	1,2
		10	1,0
	8-12	40	1,5
		30	1,3
		20	1,2
		10	1,0
Житлова та громадська	≥ 30	50	2,5
		30	2,0
		20	1,5
		10	1,0
	10-30	50	2,0
		30	1,8
		20	1,3
		10	1,0
	8-10	50	1,6
		30	1,4
		20	1,2
		10	1,0

Примітка 1. При щільності навколишньої забудови менше ніж 10% , або при середній висоті навколишніх будівель менше ніж 8 м, коефіцієнт $K_{\text{заб}}$ приймається рівним 1.

Примітка 2. Значення щільності забудови визначається в радіусі 300 м по периметру конструкцій сховища чи СПП.

Примітка 3. Під час визначення щільності забудови не враховується площа забудови сховища чи СПП.

Таблиця 4.3 – Послаблення радіації огорожувальними конструкціями житлових, громадських та виробничих будівель, в які вбудовані сховища чи СПП

Матеріал стін	Товщина стін, см	Вага м ² , кг	Виробничі будинки					Житлові та громадські будинки				
			Площа отворів по відношенню до площі огорожувальних конструкцій будинків, %									
			10	20	30	40	50	10	20	30	40	50
			Коефіцієнт $K_{буд}$									
Цегляна кладка щільність: $\rho \geq 1500$ кг/м ³	25	375	0,195	0,28	0,39	0,53	0,54	0,23	0,32	0,33	0,37	0,44
	38	570	0,16	0,27	0,38	0,50	0,52	0,18	0,26	0,28	0,32	0,41
	51	768	0,125	0,26	0,37	0,47	0,50	0,13	0,20	0,23	0,27	0,38
	64	960	0,10	0,25	0,36	0,45	0,47	0,10	0,18	0,21	0,25	0,35
Легкий бетон щільність: $\rho \geq 1800$ кг/м ³	20	360	0,20	0,28	0,38	0,47	0,58	0,50	0,55	0,62	0,71	0,83
	30	540	0,15	0,27	0,37	0,45	0,58	0,38	0,41	0,45	0,50	0,55
	38	684	0,134	0,262	0,362	0,434	0,532	0,30	0,337	0,378	0,364	0,454
	40	720	0,13	0,26	0,36	0,43	0,52	0,28	0,32	0,36	0,33	0,43

Примітка 1. Коефіцієнт $K_{буд}$ приймається рівним 1 у випадках якщо:

- сховище чи СПП є окремо розташованим;
- огорожувальна конструкція (стіна, перекриття, покриття) вбудованого сховища чи СПП контактує з навколишнім середовищем (знаходиться за межами проєкції основної будівлі чи являються зовнішньою конструкцією);
- огорожувальна конструкція (стіна, перегородка, перекриття) будівлі/споруди (у яку вбудоване сховище чи СПП), що враховуються у розрахунку на послаблення радіації, при використанні даної таблиці, не здатна бути стійкою до особливого поєднання навантажень на сприйняття яких розраховується сховище чи СПП;
- площа отворів у огорожувальній конструкції будівлі, яка враховується у розрахунку на послаблення радіації, більша 50%;

– сховище чи СПП вбудоване в об'єми одноповерхової будівлі, яка над проєкцією сховища чи СПП не має власного перекриття (суміщеного покриття) із штучних кам'яних матеріалів;

– в покрівлі чи перекритті (суміщеному покритті) будівлі, над проєкцією сховища чи СПП наявні прорізи (світлові ліхтарі, тощо), площа яких перевищує значення 50 % площі покрівлі чи перекриття;

– в інших випадках, коли огорожувальна конструкція сховища чи СПП може сприйняти безпосередньо на себе первинне іонізуюче випромінювання.

Примітка 2. Розраховувати значення коефіцієнта $K_{\text{буд}}$ з товщини стіни, яка має вагу 1 м.кв. більшу ніж вага 1 м.кв. перекриття чи покриття (суміщеного покриття) одноповерхової будівлі/споруди, в яку вбудоване сховище чи СПП, не допускається.

У випадку коли вага 1 м.кв. стіни більша ніж 1 м.кв. перекриття, значення коефіцієнта $K_{\text{буд}}$ розраховується за товщиною стіни, яка має вагу рівнозначну вазі перекриття.

Примітка 3. За наявності стін іншої товщини, ніж зазначено в таблиці, значення коефіцієнта $K_{\text{буд}}$ дозволяється розраховувати методом інтерполяції.

Примітка 4. Значення коефіцієнту $K_{\text{буд}}$ для стін з іншого матеріалу приймається за найближчим значенням щільності та товщини.

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт, що враховує товщину шару матеріалу

Матеріал	Щільність матеріалу ρ , г/см ³	Вологість, W , %	Товщина, см	K_N
Пісок	1,7	5	від 10 до 20	1,4
			від 20 до 35	1,2
			від 35 до 50	1,0
			від 50 до 80	0,9
			від 80 до 150	0,7
Супісок	1,8	12	від 10 до 15	1,5
			від 15 до 30	1,4
			від 30 до 45	1,2
			від 45 до 110	1,0
Суглинок Ліс Глина	1,95 2,3 2,1	19 19 20	від 10 до 40	1,4
			від 40 до 150	1,2
			від 40 до 150	1,2
			від 40 до 150	1,2

Бетон	2,3	2	від 10 до 15	1,4
			від 15 до 25	1,2
			від 25 до 40	1,0
			від 40 до 65	0,9
			від 65 до 150	0,7
Бетон	2,4	10	від 10 до 20	1,4
			від 20 до 35	1,2
			від 35 до 105	1,0
			від 105 до 140	0,9
			від 140 до 150	0,7
Кладка із глиняної повнотілої кладки	1,84	5	від 10 до 20	1,4
			від 20 до 35	1,2
Кладка із силікатної кладки	1,5	3	від 35 до 50	1,0
			від 50 до 80	0,9
			від 80 до 100	0,7
Керамзитобетон	1,35	8	від 10 до 20	1,5
			від 20 до 30	1,4
			від 30 до 65	1,2
			від 65 до 150	1,0
Поліетилен	0,9	–	від 10 до 20	3,0
			від 20 до 150	3,4
Дерево	0,7	30	від 10 до 15	2,7
			від 15 до 150	3,4
Сталь	7,8	–	10–150	0,7

Примітка 1. Якщо огорожувальна конструкція, для якої визначаються коефіцієнти K_y і K_n , складається з декількох шарів різних матеріалів, то коефіцієнт K_N приймається по товщині шару одного матеріалу, для якого значення K_N є найменшим.

Примітка 2. Для матеріалів, з товщиною шару, яка більша зазначеної в таблиці, значення коефіцієнта K_N пропорційно зменшується на 0,1 по відношенню до кожних додаткових 10 см шару.

Приклад. Визначити ступінь захисту виробничого персоналу в окремо розташованій, повністю заглибленій у ґрунт житлової СПП з висотою будівель – 20м, щільністю забудови – 30%, якщо перекриття складається з: ґрунту (супісок) товщиною 20 см, щільністю $\rho = 1,6 \text{ г/см}^3$, вологістю $W = 16\%$ та бетону товщиною 30 см, щільністю $\rho = 2,5 \text{ г/см}^3$, вологістю $W = 8\%$.

Рішення. З таблиці 4.2 для житлової забудови з висотою будівель в 20 м та щільності забудови 3% коефіцієнт зниження дози проникаючої радіації у забудові становить $K_{заб} = 1,18$. З таблиці 4.3 для СПП, яка окремо

розташована, коефіцієнт послаблення радіації огорожувальними конструкціями, в які вбудовано СПП становить $K_{\text{буд}} = 1$. Тоді коефіцієнт умов розташування СПП K_p складе:

$$K_p = \frac{K_{\text{заб}}}{K_{\text{буд}}} = \frac{1,18}{1} = 1,18.$$

Визначаємо товщину приведенного шару $X_{\text{пр.р}}$ для матеріалів перекриття за щільністю:

$$\text{– для супіску: } X_{\text{пр.р.супіску}} = X \cdot \frac{\rho_x}{\rho} = 20 \cdot \frac{1,6}{1,95} = 16,4 \text{ см};$$

$$\text{– для бетону: } X_{\text{пр.р.бетону}} = X \cdot \frac{\rho_x}{\rho} = 30 \cdot \frac{2,5}{2,4} = 31,25 \text{ см}.$$

Визначаємо товщину приведенного шару $X_{\text{пр.п}}$ для матеріалів перекриття при однаковій щільності з врахуванням рівня вологості:

$$\text{– для супіску: } X_{\text{пр.п.супіску}} = X_{\text{пр.р}} \cdot \left(\frac{W}{W_{\text{від}}} \right)^{1/4} = 16,4 \cdot \left(\frac{16}{19} \right)^{1/4} = 15,7 \text{ см};$$

$$\text{– для бетону: } X_{\text{пр.п.бетону}} = X_{\text{пр.р}} \cdot \left(\frac{W}{W_{\text{від}}} \right)^{1/4} = 31,25 \cdot \left(\frac{8}{10} \right)^{1/4} = 29,5 \text{ см}.$$

За таблицею 4.1, використовуючи метод інтерполяції, визначаємо коефіцієнти послаблення дози гамма-випромінювання $K_{y,i}$ та послаблення дози нейтронів $K_{n,i}$ для кожного матеріалу перекриття:

$$\text{– для супіску: } K_{y.\text{супіску}} = 2,68, K_{n.\text{супіску}} = 14,82;$$

$$\text{– для бетону: } K_{y.\text{бетону}} = 12,53, K_{n.\text{бетону}} = 70,9.$$

Визначаємо загальні коефіцієнти послаблення дози гамма-випромінювання K_y та послаблення дози нейтронів K_n для двох шарів перекриття:

$$K_y = K_{y.\text{супіску}} \cdot K_{y.\text{бетону}} = 2,68 \cdot 12,53 = 33,58;$$

$$K_n = K_{n.\text{супіску}} \cdot K_{n.\text{бетону}} = 14,82 \cdot 70,9 = 1050,738.$$

За таблицею 4.4 визначаємо коефіцієнт що враховує товщину шару матеріалу K_N :

$$\text{– для супіску: } K_N = 1,4 \text{ при товщині шару від 15 до 30 см};$$

$$\text{– для бетону: } K_N = 1,2 \text{ при товщині шару від 20 до 35 см}.$$

Оскільки наше покриття складається з двох шарів, то коефіцієнт K_N приймаємо по товщині шару матеріалу, для якого значення K_N є найменшим, тобто $K_N = 1,2$.

Визначаємо розрахунковий ступінь послаблення $A_{зф}$:

$$A_{зф} = 1,18 \cdot \frac{(K_{y,i} \cdot K_{n,i}) \cdot K_p \cdot K_N}{(K_{y,i} + K_{n,i})} = 1,18 \cdot \frac{(33,58 \cdot 1050,738) \cdot 1,18 \cdot 1,2}{(33,58 + 1050,738)} \\ = 54,3$$

Отже, ступінь захисту $A_{зф}$ даної житлової СПП дуже низька та не відповідає жодному класу (табл. 1.1, робота 1).

Для збільшення ступеня послаблення приймаємо додаткове нашарування (обвалування) на покриття ґрунтом (супіском з аналогічними характеристиками) товщиною 80 см, тобто загальна товщина супіску становитиме 100 см.

Виконуємо аналогічні розрахунки.

Коефіцієнт умов розташування СПП K_p не зміниться і складе:

$$K_p = \frac{K_{заб}}{K_{буд}} = \frac{1,18}{1} = 1,18.$$

Визначаємо товщину приведенного шару $X_{пр.р}$ для матеріалів покриття за щільністю:

$$\text{– для супіску: } X_{пр.р.супіску} = X \cdot \frac{\rho_x}{\rho} = 100 \cdot \frac{1,6}{1,95} = 82,05 \text{ см;}$$

$$\text{– для бетону: } X_{пр.р.бетону} = X \cdot \frac{\rho_x}{\rho} = 30 \cdot \frac{2,5}{2,4} = 31,25 \text{ см.}$$

Визначаємо товщину приведенного шару $X_{пр.п}$ для матеріалів покриття при однаковій щільності з врахуванням рівня вологості:

$$\text{– для супіску: } X_{пр.п.супіску} = X_{пр.р} \cdot \left(\frac{W}{W_{від}} \right)^{1/4} = 82,05 \cdot \left(\frac{16}{19} \right)^{1/4} = 78,6 \text{ см;}$$

$$\text{– для бетону: } X_{пр.п.бетону} = X_{пр.р} \cdot \left(\frac{W}{W_{від}} \right)^{1/4} = 31,25 \cdot \left(\frac{8}{10} \right)^{1/4} = 29,5 \text{ см.}$$

За таблицею 4.1, використовуючи метод інтерполяції, визначаємо коефіцієнти послаблення дози гамма-випромінювання $K_{y,i}$ та послаблення дози нейтронів $K_{n,i}$ для кожного матеріалу перекриття:

– для сугіску: $K_{y,\text{сугіску}} = 223,2$, $K_{n,\text{сугіску}} = 15040$;

– для бетону: $K_{y,\text{бетону}} = 12,53$, $K_{n,\text{бетону}} = 70,9$.

Визначаємо загальні коефіцієнти послаблення дози гамма-випромінювання K_y та послаблення дози нейтронів K_n для двох шарів перекриття:

$$K_y = K_{y,\text{сугіску}} \cdot K_{y,\text{бетону}} = 223,2 \cdot 12,53 = 2796,696;$$

$$K_n = K_{n,\text{сугіску}} \cdot K_{n,\text{бетону}} = 15040 \cdot 70,9 = 1066336.$$

За таблицею 4.4 визначаємо коефіцієнт що враховує товщину шару матеріалу K_N :

– для сугіску: $K_N = 1$ при товщині шару від 45 до 110 см;

– для бетону: $K_N = 1,2$ при товщині шару від 20 до 35 см.

Оскільки наше перекриття складається з двох шарів, то коефіцієнт K_N приймаємо по товщині шару матеріалу, для якого значення K_N є найменшим, тобто $K_N = 1$.

Визначаємо розрахунковий ступінь послаблення $A_{зф}$:

$$\begin{aligned} A_{зф} &= 1,18 \cdot \frac{(K_{y,i} \cdot K_{n,i}) \cdot K_p \cdot K_N}{(K_{y,i} + K_{n,i})} = 1,18 \cdot \frac{(2796,696 \cdot 1066336) \cdot 1,18 \cdot 1}{(2796,696 + 1066336)} \\ &= 3884. \end{aligned}$$

Висновок: Після підвищення захисних властивостей шляхом насипання додаткового шару ґрунту товщиною 0,8 м на перекриття нашої СПП розрахунковий ступінь послаблення $A_{зф}$ збільшився на два порядки. Таку споруду можна віднести до другого класу А-ІІ сховища СПП, оскільки $A_{зф} = 3884 > A_3 = 3000$.

Слід зазначити, що перед насипанням додаткового шару ґрунту, в окремих випадках, попередньо необхідно встановити підтримуючі балки або стійки.

Завдання. Для заданих умов (таблиця 4.5) визначити ступінь послаблення радіаційного впливу A_3 . Розташування сховища СПП аналогічно як у практичній роботі №3 при розрахунку СПП із захисними властивостями ПРУ.

Таблиця 4.5 – Вихідні дані по варіантам для виконання розрахунків

№ вар.	Параметри забудови			Перекриття			
	Характер забудови	Висота будинків, м	Щільність забудови, %	Матеріал	Товщина, см	Щільність ρ , г/см ³	Вологість, W, %
1	Житлова	12	30	Ґрунт	30	1,88	22
				Бетон	20	2,20	8
2	Промислова	14	20	Поліетилен	10	0,88	–
				Дерево	25	0,74	26
3	Громадська	14	10	Цегла	38	1,80	7
				Сталь	10	7,71	–
4	Житлова	35	40	Ґрунт	36	1,62	12
				Бетон	22	2,52	3
5	Промислова	8	30	Цегла	51	1,71	7
				Дерево	30	0,78	32
6	Громадська	22	50	Ґрунт	38	1,73	24
				Сталь	14	7,74	–
7	Житлова	24	30	Ґрунт	40	2,13	16
				Бетон	26	2,44	3
8	Промислова	7	20	Поліетилен	12	0,85	–
				Дерево	33	0,76	25
9	Громадська	15	10	Цегла	40	1,92	4
				Дерево	30	0,84	26
10	Житлова	16	50	Ґрунт	45	1,82	22
				Бетон	32	2,62	4
11	Промислова	18	40	Бетон	25	2,54	7
				Сталь	10	7,85	–
12	Громадська	33	30	Поліетилен	12	0,90	–
				Бетон	30	2,36	6
13	Житлова	35	20	Ґрунт	42	2,21	12
				Бетон	28	2,66	2
14	Промислова	26	10	Дерево	35	0,95	24
				Сталь	15	7,71	–
15	Громадська	21	40	Дерево	30	0,82	29
				Бетон	25	2,21	8
16	Житлова	25	50	Ґрунт	44	1,77	24
				Бетон	34	2,36	12
17	Промислова	18	30	Ґрунт	54	1,84	26
				Дерево	32	0,76	35
18	Громадська	26	20	Ґрунт	56	1,68	21
				Сталь	13	7,55	–
19	Житлова	36	10	Ґрунт	65	2,12	26
				Бетон	16	2,51	11

20	Промислова	15	20	Цегла	38	1,92	8
				Дерево	40	0,81	24
21	Громадська	6	3	Ґрунт	53	1,66	22
				Дерево	31	0,87	21
22	Житлова	34	40	Ґрунт	36	2,19	15
				Бетон	31	2,18	13
23	Промислова	22	30	Дерево	30	0,83	27
				Бетон	28	2,28	5
24	Громадська	14		Ґрунт	66	1,55	36
				Дерево	25	0,88	21
25	Громадська	16		Дерево	28	0,75	35
				Бетон	26	2,66	4

Питання для самоконтролю.

9. Як визначається ступінь послаблення радіаційного впливу A_3 ?
10. Від чого залежать захисні властивості сховищ СПП?
11. Як впливає щільність на товщину приведенного шару матеріалу?
12. Як впливає вологість на товщину приведенного шару матеріалу?
13. Як визначається коефіцієнт послаблення дози гамма-випромінювання K_γ ?
14. Як визначається коефіцієнт послаблення дози нейтронів огорожувальною конструкцією K_n ?
15. Як визначається і що враховує коефіцієнт K_N ?
16. Як визначається і що враховує коефіцієнт умов розташування сховищ чи СПП K_p ?

5. Розрахунок інженерно-технічних систем СПП

Приміщення, що можуть бути пристосовані як СПП, слід передбачати санітарно-технічне обладнання (вентиляцію, опалення, водопостачання, каналізацію, електропостачання та зв'язок), що зможе забезпечити необхідні умови перебування в них осіб що підлягають укриттю, згідно ДБН В.2.2-5 [1].

Система повітряпостачання. Система вентиляції (повітрязабезпечення) дозволяє забезпечити необхідний режим температури, вологості і газовий склад повітря у сховищі.

Повітрязабезпечення сховищ здійснюється за рахунок зовнішнього повітря. Система вентиляції не тільки подає у сховище необхідну кількість повітря, але і забезпечує захист від попадання всередину споруди радіоактивного пилу, хімічно-небезпечних речовин, бактеріологічних речовин і продуктів горіння при пожежі.

Система повітрязабезпечення складається з:

- повітрязбірника;
- протипилових фільтрів;
- фільтрів-поглиначів;
- вентиляторів;
- повітропроводів;
- повітрярегулювального обладнання;
- регенеративного обладнання (в сховищах з режимом повної ізоляції).

Постачання сховища зовнішнім повітрям може забезпечуватися у двох режимах: у режимі **чистої вентиляції (Режим I)** та у режимі **фільтровентиляції (Режим II)**. У сховищах, розташованих у пожежонебезпечних районах, у зонах катастрофічного затоплення, на радіаційно - та хімічно-небезпечних об'єктах, передбачений третій режим - **режим регенерації** повітря, яке міститься усередині сховища і працює за замкнутим циклом.

Кількість зовнішнього повітря, яке подається у сховище у режимі **чистої вентиляції**, встановлюється в залежності від температури цього повітря в межах 8-13 м³/год на людину. Розрахунковий період роботи системи в цьому режимі – 48 годин. Зовнішнє повітря очищається від пилу, у тому числі і від радіоактивного, а в режимі **фільтровентиляції** - від радіоактивного пилу, хімічно-небезпечних речовин (НХР) і біологічних засобів.

Норма подачі повітря в режимі **фільтровентиляції** - 2 м³/год на одну людину (5 м³/год на одну людину, що знаходиться в пункті управління). Розрахунковий період роботи системи в цьому режимі – 12 годин.

Для очищення повітря від радіоактивного пилу використовуються протипилові фільтри різної конструкції, зокрема масляний сітчастий. Це набір металевих сіток, зібраних у пакет розміром 520x520x80 мм. Сітки просочуються веретенним маслом. При проходженні повітря через фільтр пил, що міститься в повітрі, прилипає до масляної плівки на сітці. Продуктивність однієї комірки масляного фільтра - 1000-1300 м³/год. Протипилові фільтри встановлюють у приміщенні (камері), яке відділене від основних приміщень сховища капітальною стіною. Це забезпечує захист людей, які укриваються від впливу іонізуючого випромінювання радіоактивних речовин, що накопичуються у фільтрах.

Очищення повітря від НХР і бактеріальних засобів здійснюється у фільтрах-поглиначах типу ФП-100, ФП-200, ФП-300 й ін., встановлених у фільтровентиляційній камері. Працює фільтр-поглинач за принципом фільтруючого протигазу. Зовнішнє повітря надходить до фільтра через один з центральних отворів, проходить через картонний фільтр і шар вугілля-каталізатора, де очищається від НХР і бактеріальних засобів, та виходить через бічний отвір.

Подача зовнішнього повітря у сховище здійснюється з допомогою вентиляторів різних систем - з ручним і (або) з електричним приводом.

Режим III - режим повної ізоляції з регенерацією внутрішнього повітря. Цей режим передбачається у сховищах, які розміщені на території,

де можлива загазованість повітря отруйними речовинами або пожежа. Зазвичай, повітря всередині таких об'єктів потребує очищення від двоокису вуглецю (далі CO_2) який виділяють люди в процесі дихання. В деяких випадках, повітря всередині потребує очищення від окису вуглецю (далі CO), наприклад під час пожежі, або від інших токсичних газів.

У цьому режимі передбачається регенерація повітря і подача кисню для дихання із спеціальних кисневих балонів, які встановлюються у приміщенні фільтровентиляційного обладнання. Потужність засобів регенерації визначають, виходячи з тривалості їх роботи протягом розрахункового терміну при нормах витрати кисню 25 л/год і поглинання вуглекислого газу 20 л/год на одну особу. Більш досконаліми засобами є РУ-150, регенеративна речовина яких забезпечує одночасне поглинання вуглекислого газу і виділення кисню.

Регенеративна установка РУ-150/6 призначена для регенерації повітря по кисню і двоокису вуглецю у сховищах цивільного захисту.

При розрахунках системи повітропостачання необхідно врахувати, що одна людина, яка знаходиться у сховищі, за годину виділяє 100 ккал тепла, 80 г вологи, 20 л вуглекислого газу (CO_2) і поглинає 25 л кисню (O_2).

Повітрозабори чистої вентиляції (**I режим вентиляції**) сховищ та СПП а також вентиляції приміщень ДЕС рекомендується розміщуватись поза зоною можливих зон завалів.

Розміщення повітрязаборів в зоні можливих завалів/руйнувань допускається за умови розрахунку такого повітрязабору на навантаження від обвалення конструкцій.

Для окремо розташованих сховищ та СПП повітрязабори фільтровентиляції (**II режим**) допускається розміщувати в зоні можливих завалів/руйнувань та в передтамбурі сховища аварійного виходу.

Допускається суміщати повітрязабір вентиляції з аварійним виходом із сховища.

Системи опалення. У сховищі передбачається опалення від загальної опалювальної системи будинку (теплоцентралі об'єкта). При розрахунку системи опалення температуру приміщень сховищ у холодний період року приймають +10 °С, якщо за умовами експлуатації їм у мирний час не потрібно вищих температур.

Системи водопостачання і каналізації. Водопостачання і каналізація сховищ здійснюються на базі міських і об'єктових водопровідних та каналізаційних мереж. Однак на випадок їх руйнування в сховищі повинні створюватися аварійні запаси води і приймачі каналізаційних вод. Для зберігання аварійного запасу води використовуються проточні напірні резервуари або безнапірні баки, обладнані знімними кришками, клапанами і показчиками рівня води.

У великих сховищах (або на групу сховищ) може вбудовуватися водопостачання з артезіанських свердловин.

В приміщеннях з відсутньою каналізацією необхідно передбачати пудр-клизет або резервуар – вигріб, для збирання продуктів життєдіяльності людини з можливістю його очищення асенізатором. Ємність резервуару слід приймати з розрахунку 2 л на добу на одну особу. У випадку розміщення СПП чи ПРУ в підвальному поверсі, випорожнення санітарних вузлів може відбуватися залежно від їх розташування. (рисунок 5.1). На рисунку 5.1, а наведений варіант розташування санітарного вузла біля зовнішньої стіни СПП чи ПРУ. В цьому випадку в зовнішній стіні СПП чи ПРУ передбачається влаштування патрубку з привареним фланцем, що призначений для пропуску всмоктувального рукава вакуумного асенізаційного автомобіля або пересувної насосної станції до резервуара-вигребу. Фланець патрубка розміщують в напрямку, що перекритий кришкою. Патрубок необхідно закрити глухим фланцем та відкривати лише на момент випорожнення резервуара-вигребу. На рисунку 5.1, б наведений варіант випорожнення резервуару під час розташування санітарного вузла в центрі будівлі.

В даному випадку випорожнення санітарного вузла слід передбачати шляхом змиву продуктів життєдіяльності в спеціальний проміжний колодезь, що встановлений за межами СПП чи ПРУ, з якого стоки видаляються асенізаційним автомобілем. Засувка та патрубок, вказані на рисунку 5.1, б повинні бути постійно закритими та відкриватися лише під час випорожнення резервуару. Цей варіант слід використовувати за наявності водопроводу, що дає можливість змивати продукти життєдіяльності до колодезю.

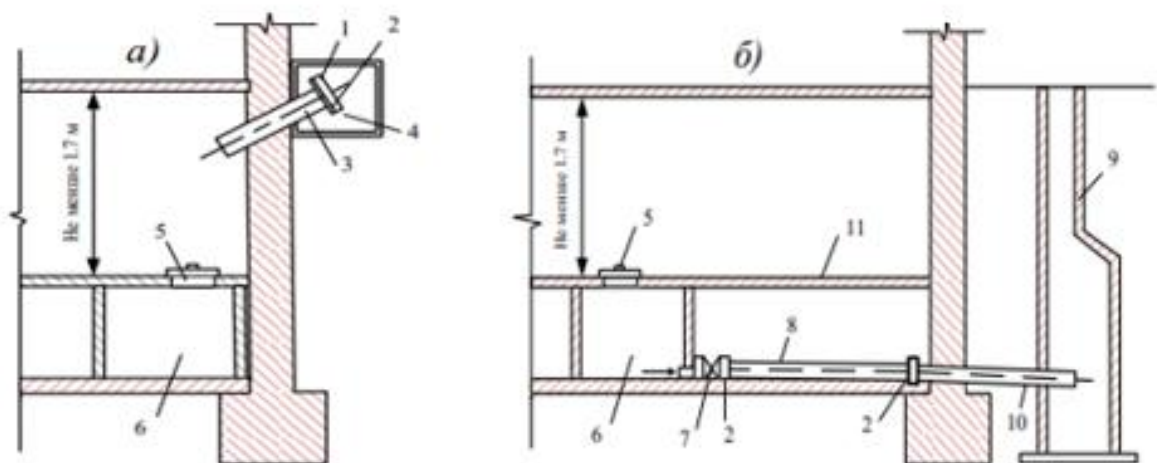


Рисунок 5.1 – Принципова схема видалення продуктів життєдіяльності людини з резервуару-вигребу використовуючи асенізаторний транспорт

а) – у випадку розташування санітарного вузла біля зовнішньої стіни;

б) – у випадку розташування санітарного вузла всередині приміщення;

1 – глухі фланцеві з'єднання; 2 – прокладки; 3 – патрубок; 4 – прямик;

5 – отвір з кришкою; 6 – резервуар-вигреб; 7 – засувка;

8 – патрубок з фланцевими з'єднаннями;

9 – колодезь для приймання стоків;

10 – треба з фланцевим з'єднанням;

11 – з'ємне покриття.

Мінімальний запас води в проточних ємностях повинен бути:

– для пиття - 6 л;

– для санітарно-гігієнічних потреб - 4 л на особу на весь розрахунковий термін перебування;

– в сховищах місткістю 600 осіб і більше додатково з метою пожежогасіння - 4,5м³.

Проточні ємності зазвичай встановлюють у санітарних вузлах під стелею, а безнапірні баки - у спеціальних приміщеннях. Для знезараження води в сховищі слід мати запас хлорного вапна чи дві третини солі гіпохлориту кальцію (ДТС-ГК). Для хлорування 1 м³ води потрібно 8-10 г хлорного вапна або 4-5 г ДТС-ГК.

Санітарний вузол у сховищі влаштовується окремо для чоловіків і жінок з випуском змивних вод в існуючу каналізаційну мережу. Крім того, передбачаються аварійні ємності для збору нечистот. На трубопроводах водопостачання, каналізації й інших систем установлюється запірна арматура (крани, вентилі, засуви) для відключення при ушкодженні зовнішніх мереж.

Системи електропостачання. Електропостачання сховищ здійснюється від зовнішньої електричної мережі міста (об'єкта). При необхідності у сховищі обладнується дизельна електростанція (ДЕС). У сховищах, які не мають ДЕС необхідно передбачити освітлення від акумуляторних батарей, електричних ліхтарів, велогенераторів

Системи зв'язку. Кожне сховище обладнується телефонним зв'язком з пунктом управління об'єкта і репродуктором, підключеним до міської і місцевої радіотрансляційної мережі. На пункті управління, крім того, повинні бути засоби сповіщення ЦЗ об'єкту і радіозв'язок з місцевим штабом ЦЗ.

У сховищах повинні бути прилади, за допомогою яких можна визначити основні параметри повітря (температуру і вологість), газовий склад (наявність СО₂, наявність НХР і окису вуглецю), а також ступені радіоактивного зараження місцевості, де розміщене сховище: термометр, психрометр, витратомір повітря, тискомір, ВПХР, ДП-5В та аварійний запас інструментів, захисний одяг, засоби гасіння пожежі, запас продуктів.

Трубопроводи різних систем життєзабезпечення усередині сховища забарвлюються у відповідні кольори: білий - повітрязабірні труби режиму чистої вентиляції; жовтий - повітрязабірні труби режиму фільтровентиляції; червоний - трубопроводи режиму вентиляції за замкнутим циклом; чорний - труби електропроводки; зелені - водопровідні труби; коричневі - труби системи опалення. На повітрязабірних трубах, на трубах водопроводу і опалення в місцях їх введення стрілками вказують напрямок руху повітря чи води.

Надійність інженерного захисту забезпечується за наявності таких умов:

- загальна місткість захисних споруд на об'єкті господарської діяльності (ОГД) – дозволяє укрити найбільшу працюючу зміну;
- захисні властивості споруд відповідають вимогам, тобто забезпечують захист від шкідливих та небезпечних чинників;
- система життєзабезпечення захисних споруд забезпечує неперервне перебування в них не менше двох діб;
- розміщення (віддалення) захисних споруд відносно місць праці дозволяє людям сховатися після сигналу-повідомлення цивільного захисту (ЦЗ) за встановлений час;
- сховища своєчасно приводяться до готовності для приймання людей (протягом 12 год);
- робітники і службовці навчені правильним діям після сигналу-повідомлення ЦЗ;
- система повідомлень діє оперативно і надійно.

Системи життєзабезпечення захисних споруд. За місткістю сховища можуть будуватися на 150, 300, 600, 900, 1200, 1500, 1800, 2100, 2500, 3000 осіб і більше.

Оцінка систем життєзабезпечення сховища. До систем життєзабезпечення належать: повітропостачання, водопостачання, теплопостачання, каналізація, електропостачання і зв'язок. Під час оцінки систем забезпечення сховищ визначається можливість всіх систем

забезпечити безперервне перебування людей в сховищах не менше двох діб. Як правило розглядається оцінка переважно повітропостачання, як однієї з основних та найбільш вразливих систем життєзабезпечення людей.

Норми зовнішнього повітря, що подається до захисної споруди в залежності від температури зовнішнього середовища :

При "Режимі I" (чистої вентиляції):

- при температурі повітря до 20 °С – 8 м³ (I кліматична зона);
- при температурі повітря 20-25 °С – 10 м³ (II кліматична зона);
- при температурі повітря 25-30 °С – 11 м³ (III кліматична зона);
- при температурі вище 30 °С – 13 м³ (IV кліматична зона).

Класифікація кліматичних зон відповідно до ДСТУ-Б В-1.1-27:2010 Будівельна кліматологія [8].

При "Режимі II" (фільтровентиляції):

- 2 м³ на людину;
- 5 м³ на людину, що працює у пункті управління.

В даний час вітчизняною промисловістю виготовляються фільтровентиляційні комплекси ФВК-I і ФВК-II, які застосовують в I – II кліматичних зонах у сховищах місткістю до 600 чоловік, у III, IV кліматичних зонах у сховищах місткістю до 450 і 300 чоловік відповідно.

У сховищах великої місткості, крім цих комплексів встановлюють електроручні вентилятори типу ЕРВ-72-2, ЕРВ-72-3 з фільтрами ФП-100 і ПФП-1000, які працюють тільки в режимі I.

Продуктивність фільтровентиляційних комплексів ФВК-I і ФВК-II в режимі I – 1200 м³/год, в режимі II – 300 м³/год; ЕРВ-72-2 і ЕРВ-72-3 відповідно 900 – 1300 м³/год та 1300 – 1800 м³/год. ФВК-II, крім цього, забезпечує роботу в режимі III. За режимом III (режим регенерації) регенерація повітря забезпечується регенеративною установкою типу РУ-150/6 з фільтрами ФГ-70.

Приклад розрахунку. Визначити ступінь життєзабезпечення систем СПП, якщо: температура зовнішнього повітря, (°С) – 30; тип

фільтровентиляційного обладнання – ФВК-1; режим роботи системи повітропостачання – I, II. Фактична місткість (кількість місць), $M_{\phi} = 320$ люд (береться за отриманими даними розрахунку місткості СПП, розділ 2).

Оцінку СПП за життєзабезпеченням виконуємо в наступній послідовності:

1. Визначаємо норми подачі повітря на одну особу за годину в режимі I та II.

За температури зовнішнього повітря 30 °С норми подачі повітря на одну особу за годину становлять:

– в режимі I – 11 м³/год/людину;

– в режимі II – 2 м³/год/людину і 5 м³/год/людину – що працює в пункті управління;

2. Визначаємо кількість людей, яких система може забезпечити чистим повітрям у режимі I та II:

– в режимі I:

$$M_I = \frac{V_{I,\text{заг}}}{V_{I,\text{н}}} = \frac{1200}{11} = 109 \text{ люд.};$$

– в режимі II:

$$M_{II} = \frac{V_{II,\text{заг}}}{V_{II,\text{н}}} = \frac{300}{2} = 150 \text{ люд.}$$

де: $V_{I,\text{заг}}, V_{II,\text{заг}}$ – загальна кількість повітря (м³/год), що подається системою ФВК-I відповідно у I та II режимах і становить: в режимі I – 1200 м³/год, в режимі II – 300 м³/год; $V_{I,\text{н}}, V_{II,\text{н}}$ – норма подачі зовнішнього повітря для захисної споруди, м³/год/людину.

3. Визначаємо показник, який характеризує життєзабезпечення в режимах I та II.

– в режимі I:

$$K_{\text{ж}} = \frac{M_I}{M_{\phi}} = \frac{109}{320} = 0,34;$$

– в режимі II:

$$K_{\text{ж}} = \frac{M_{\text{II}}}{M_{\text{ф}}} = \frac{150}{320} = 0,47.$$

Висновок: Для двох режимів $K_{\text{ж}} < 1$, це означає, що кількість фільтровентиляційних комплексів недостатня для забезпечення чистим повітрям в обох режимах. Необхідно збільшити кількість фільтровентиляційних комплексів.

Завдання. Для заданих умов (таблиця 5.1) виконати розрахунок фільтровентиляційного обладнання укриття сховища в СПП, якщо: режим роботи системи повітропостачання – I, II.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку фільтровентиляційного обладнання укриття сховища в СПП

№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			1	2	3	4	5
1	Температура зовнішнього повітря	°С	18	19	20	21	22
2	Тип вентиляційного обладнання		ФВК-I	ФВК-II	ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3	ФВК-I
	кількість	шт	4	3	2	4	3
№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			6	7	8	9	10
1	Температура зовнішнього повітря	°С	23	24	25	26	27
2	Тип вентиляційного обладнання		ФВК-II	ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3	ФВК-I	ФВК-II
	кількість	шт	2	1	2	1	2
№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			11	12	13	14	15
1	Температура зовнішнього повітря	°С	28	29	30	31	32
2	Тип вентиляційного обладнання		ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3	ФВК-I	ФВК-II	ЕРВ-72-2
	кількість	шт	1	2	2	1	3
№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			16	17	18	19	20
1	Температура зовнішнього повітря	°С	33	34	35	34	33

2	Тип вентиляційного обладнання		ЕРВ-72-3	ФВК-I	ФВК-II	ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3
	кількість	шт	1	2	2	3	4
№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			21	22	23	24	25
1	Температура зовнішнього повітря	°C	32	31	30	29	28
2	Тип вентиляційного обладнання		ФВК-I	ФВК-II	ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3	ФВК-I
	кількість	шт	6	5	5	4	3
№, з/п	Параметри	Од. вим.	Варіанти				
			26	27	28	29	30
1	Температура зовнішнього повітря	°C	24	22	20	18	16
2	Тип вентиляційного обладнання		ФВК-II	ЕРВ-72-2	ЕРВ-72-3	ФВК-I	ФВК-II
	кількість	шт	2	3	2	1	2

Питання для самоконтролю.

1. Які режими провітрювання ви знаєте?
2. Наведіть норми температури зовнішнього повітря в залежності від режиму провітрювання.
3. Які умови забезпечують надійність інженерного захисту?
4. Наведіть вимоги до систем повітряпостачання.
5. Наведіть вимоги до систем водопостачання і каналізації.
6. Наведіть вимоги до систем опалення, електропостачання та зв'язку.

6. Методи підвищення захисних властивостей СПП

В якості СПП можуть використовуватись: метрополітени, тунелі, підземні переходи, паркінги, підземні торговельні центри, підземні гірські виробки та інші найпростіші укриття [9].

Вимоги до сховищ та СПП із захисними властивостями сховищ

Прийняті конструктивні схеми, зовнішні огорожувальні конструкції (матеріал, з яких їх виконано) мають забезпечувати:

1. Стійкість до дії небезпечних чинників (факторів):
 - дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском;
 - дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження;
 - проникнення уламками засобів звичайного ураження;
 - дії небезпечних хімічних речовин, радіоактивних речовин бойових отруйних речовин, небезпечних біологічних речовин та бактеріальних засобів ураження;
 - дії проникаючої радіації та іонізуючого випромінювання від радіоактивно забруднення місцевості, води та повітря, шляхом забезпечення нормативного ступеня послаблення радіаційного впливу (ступеня захисту);
 - катастрофічного затоплення (для сховищ, що розташовуються у зонах можливого катастрофічного затоплення);
 - дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.
 2. Збереження цілісності та герметичності під час усього періоду експлуатації об'єкта;
 3. Стійкість її окремих конструктивних елементів та споруди у цілому до аварійної комбінації навантажень;
 4. Дотримання температурно-вологісного режиму в середині приміщень.
- Для окремо розташованих захисних споруд та СПП рекомендовано влаштувати по периметру та зверху додаткове покриття ґрунтом або іншим

сипучім матеріалом шаром не менше ніж 0,8 м і влаштуванням по верху твердого покриття або екрана.

Заповнення технологічних прорізів (окрім електричних кабелів), організація з'єднань із захисно-герметичними та герметичними пристроями (воротами, дверима, віконницями (люками) тощо) має здійснюватися матеріалом, з якого виконано відповідні зовнішні огорожувальні конструкції. Використання для цього вставок з інших матеріалів, зокрема цегли, не допускається.

Усі елементи споруди, що виступають, оголовки аварійних виходів, повітроводів, шахти та інші має бути перевірено розрахунком на стійкість та міцність окремо від дії вибухової хвилі та гідравлічного потоку.

Зовнішні огорожувальні конструкції (фундаменти, підлоги, стіни, перекриття та покриття), а також їх гідроізоляція мають забезпечувати захист сховищ від негативного впливу ґрунтових вод, підтоплення і затоплення, а також забезпечувати герметизацію сховища.

Підлога приміщень сховищ, розташованих у водонасичених ґрунтах, повинна мати ухил 1 — 2 % у бік лотків, а останні — 2 - 3 % у бік водозбірника, з якого вода повинна викачуватись насосом (у сховищах без ДЕС — ручним насосом).

У входах у сховищах, СПП повинні встановлюватись захисно-герметичні двері (у зовнішній і внутрішній стінах тамбур-шлюзу або тамбурів) та герметичні (у внутрішній).

Конструкція захисної стінки–екрана враховує зниження потрапляння через входи іонізуючого випромінювання у приміщення та захист від проникнення уламків.

Вимоги до ПРУ та СПП із захисними властивостями ПРУ

Зовнішні огорожувальні конструкції, матеріал, з яких їх виконано, а також конструктивні схеми, що застосовуються під час проєктування та будівництва ПРУ, СПП із захисними властивостями ПРУ мають забезпечувати:

1. Стійкість до дії небезпечних факторів:

- дії іонізуючого випромінювання від радіоактивного забруднення місцевості, води та повітря, шляхом забезпечення нормативного коефіцієнту послаблення радіаційного впливу (коефіцієнта захисту);

- дії повітряної ударної хвилі від побічної дії зброї масового ураження з розрахунковим надмірним тиском;

- дії повітряної ударної хвилі при застосуванні звичайних засобів ураження;

- побічної дії звичайних засобів ураження;

- проникнення уламками засобів звичайного ураження;

- дії високих температур та продуктів горіння при пожежах.

2. Збереження цілісності під час усього періоду експлуатації;

3. Стійкість її окремих конструктивних елементів та споруди у цілому при аварійній (випадковій) розрахунковій ситуації до аварійної комбінації навантажень.

Для запобігання заносу радіоактивних речовин на вході до укриття влаштовується піддон з водою (за можливості проточною) для дезактивації взуття.

Для захисту входів в ПРУ, СПП, розташованих у цокольних, підвальних та підземних спорудах, рекомендовано передбачати входи, заїзди, коридори та тунелі, що мають поворот (або декілька поворотів) на 90 градусів. У цьому разі товщина стіни, розташованої проти входу, визначається розрахунком з урахуванням забезпечення нормативних A_3 , ΔP_{ex} (для тамбурів) та захисту від проникнення

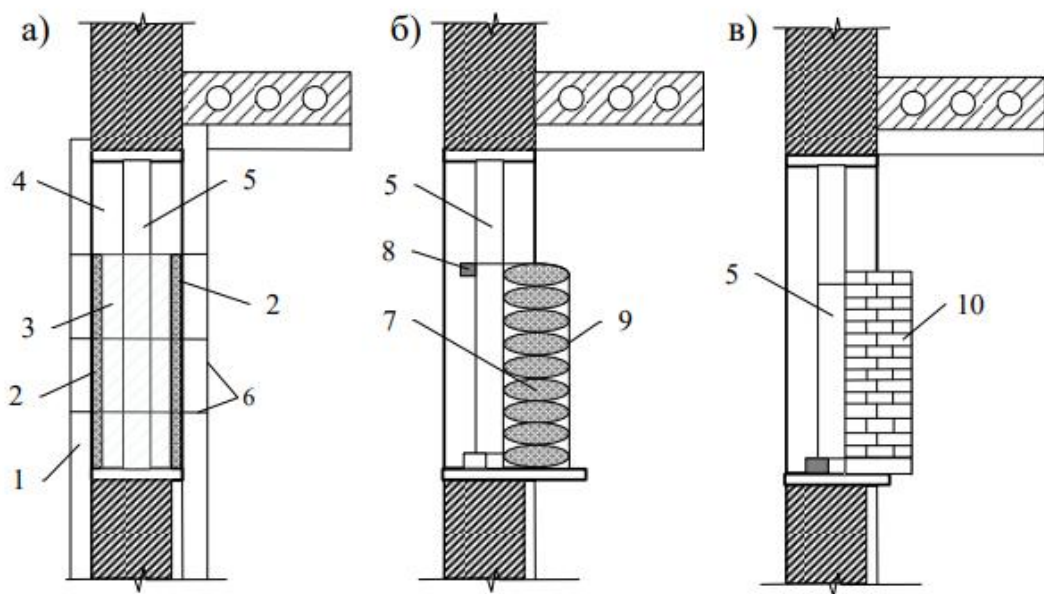
У разі облаштування ПРУ або СПП системою фільтровентиляції на вході до такої споруди мають встановлюватися захисно-герметичні або герметичні двері, а її облаштування віконними отворами не передбачається.

У разі необхідності підвищення захисних властивостей відповідно до значень, наведених у таблицях 1.1 та 1.2 або розташування захисних споруд та СПП або їх частин вище планувальної позначки землі, досягнення такими

спорадами встановлених показників їх захисних властивостей може забезпечуватися з використанням таких методів:

- обвалування ґрунтом;
- влаштування захисних екранів;
- використання багатошарових будівельних конструкцій.

Для закладання прорізів в огорожувальних конструкціях укриття, застосовують ґрунт (пісок), цеглу та інші матеріали [10]. Приклади закладання прорізів наведено на рисунку 6.1.



- | | | |
|-----------------------------|--|------------------------------|
| а – ґрунтом; | б – мішками з ґрунтом; | в – цегляною кладкою насухо. |
| 1 – брус дерев'яний; | 2 – дерев'яний щит на висоту закладання; | 3 – ґрунт; |
| 4 – світловий отвір; | 5 – віконний блок; | 6 – скрутки з проволочки; |
| 7 – мішки з ґрунтом; | 8 – брус для кріплення сітки; | 9 – сітка; |
| 10 – цегляна кладка насухо. | | |

Рисунок 6.1 – Закладання віконних прорізів

Для додаткового підвищення захисних властивостей допускається використання таких методів:

- додаткового обкладення бетонними (залізобетонними) будівельними конструкціями (виробами);
- встановлення габіонів, наповнених сипучими матеріалами;
- обкладання таких споруд мішками з сипучими матеріалами за умов забезпечення їх надійної фіксації та цілісності.

Забороняється використання для обвалування та для інших методів збільшення захисних властивостей застосування суміші фракцій щебню, гальки та каміння.

Варіант ущільнення притулу воріт по всьому периметру полотна наведено на рисунку 6.2.

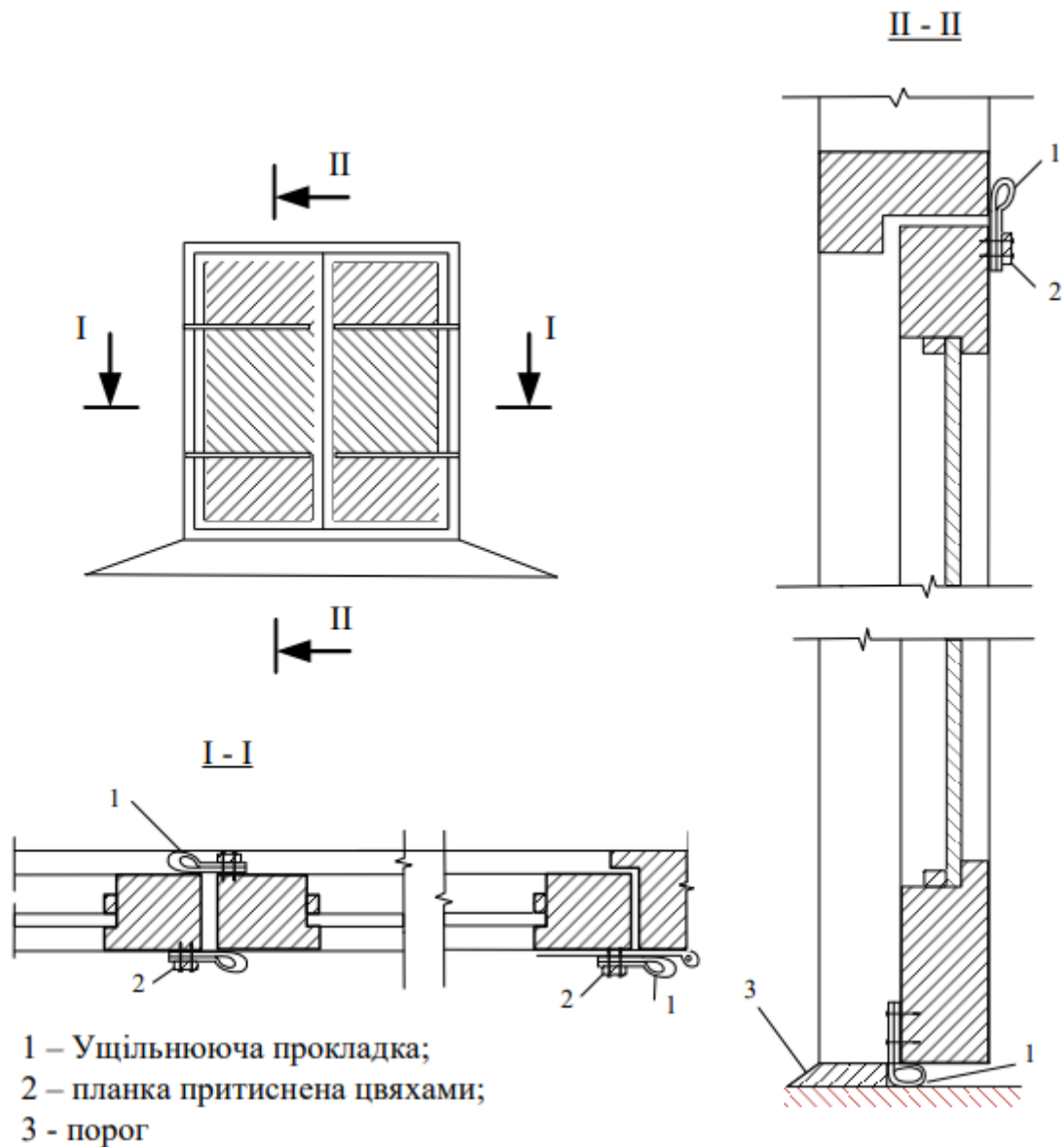


Рисунок 6.2 – Ущільнення притулу воріт

Входи до укриття у місцях прилягання полотна до дверних коробок підлягають ущільненню.

Для цього рекомендовано використовувати пористу м'яку гуму чи валик, зроблений зі щільної тканини, клейонки, дерматину, набитого ганчір'ям

так, щоб його товщина сягала від 3 до 4 см. Валик слід щільно закріпити по всьому периметру дверей.

Якщо СПП чи ПРУ розташовані у підвальних та цокольних поверхах, посилення стін з прорізами які виступають над поверхнею землі доцільно проводити шляхом обсіпання ґрунтом (рисунок 6.3), а в таблиці 6.1 наведені значення об'єму ґрунту необхідного для закладання прорізу шириною 1 м.

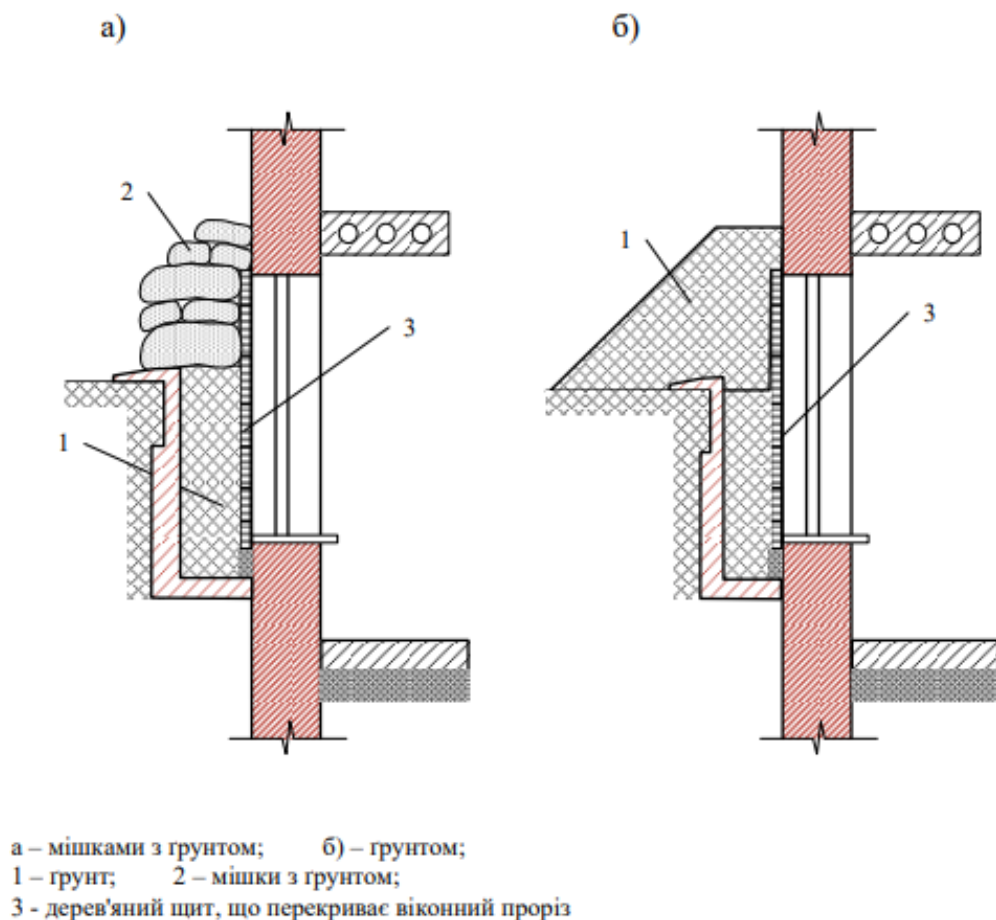


Рисунок 6.3 – Посилення стін цокольного поверху що виступають над поверхнею землі

Таблиця 6.1 – Об'єм ґрунту, необхідний для посилення стін цокольного поверху, які виступають над поверхнею землі (проріз шириною 1 м)

Висота прорізу над поверхнею землі, м	0,5	1,0	1,5
Вага 1 м ² стіни (кгс/ м ²)	Об'єм ґрунту (м ³)		
300	0,29	0,95	1,98

500	0,34	1,05	2,13
700	0,39	1,15	2,28
1000	0,49	1,35	2,58

Захист від іонізуючого випромінювання, що проникає крізь входи здійснюється шляхом влаштування стінок-екранів (рисунки 6.4, 6.5 та 6.6) або влаштуванням поворотів на 90° (рисунок 6.7). Товщина та висота стінки-екрану визначається розрахунком.

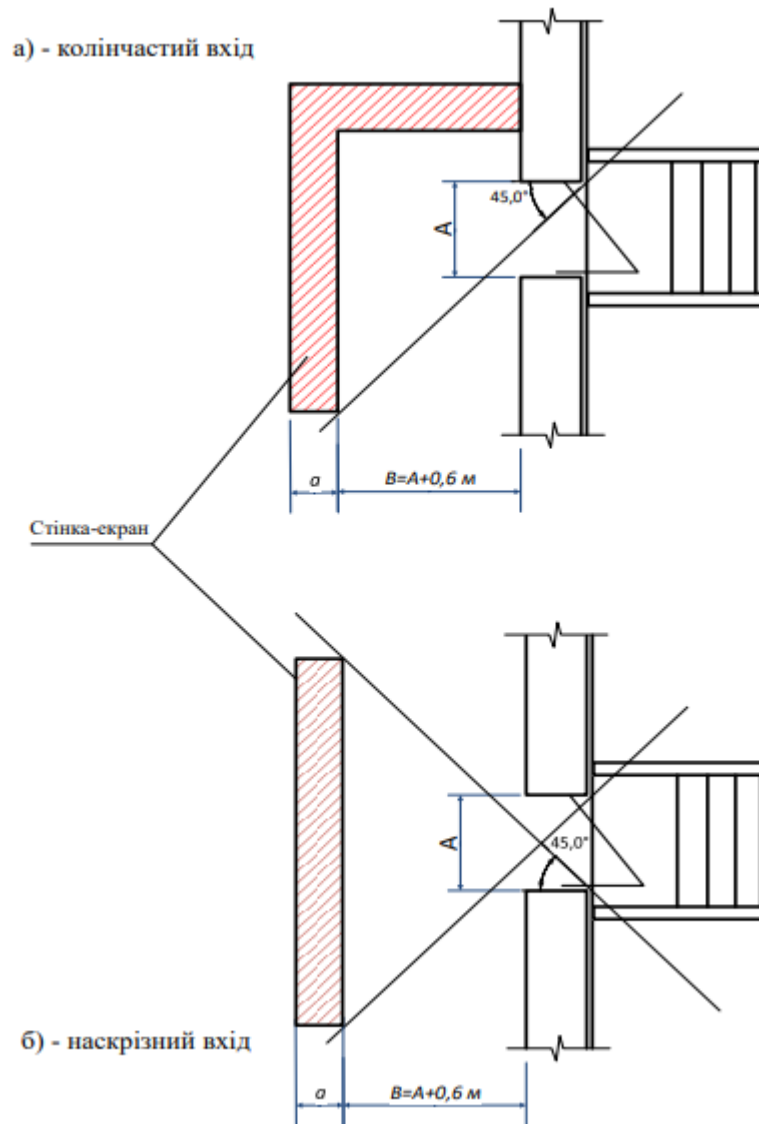
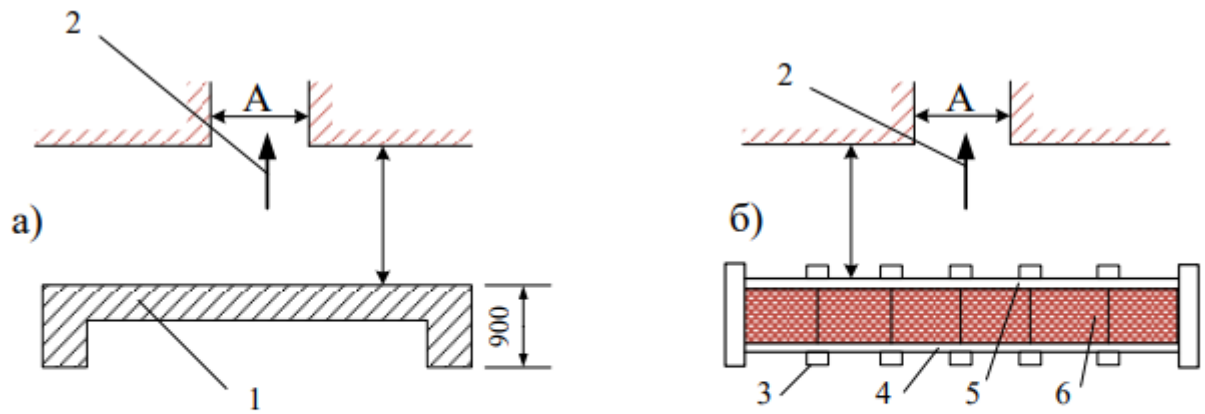


Рисунок 6.4 – Принципова схема розташування стінки-екрану біля входу у підвальне приміщення



Деталі екрану біля входу

а – виконаного з цегляної кладки; **б** – ґрунту;

1 – цегляна кладка; 2 – вхід у будівлю; 3 - стійки;

4 – дошки;

5 - дерев'яний щит;

6 – ґрунт.

Рисунок 6.5 – Влаштування стінки екрану біля входу

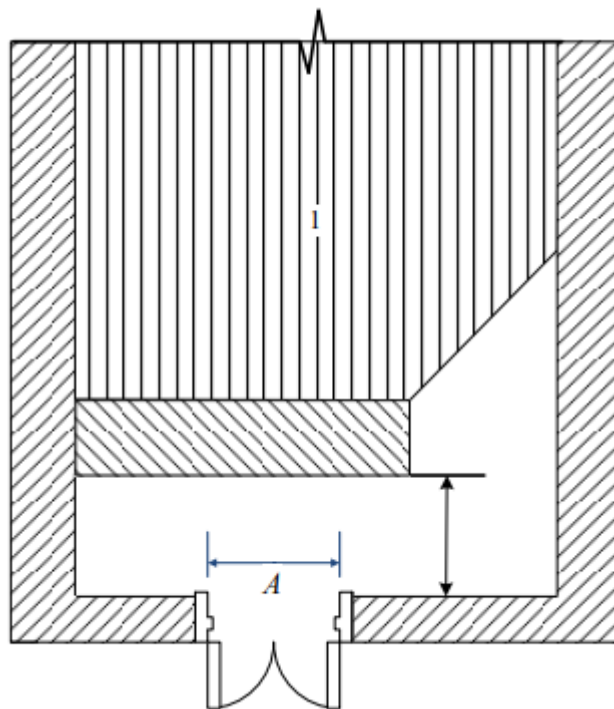


Рисунок 6.6 – Принципова схема розміщення стінки-екрану:
1 – приміщення для осіб що підлягають укриттю; 2 – місце для підсобних приміщень

В місцях сполучення полотна, прокладки встановлюють з обох сторін. Знизу прорізу встановлюють поріг, до якого притискають полотно з

прокладкою. Аналогічно ущільнюють притули віконниць, люків системи вентиляції, технологічних та інших пристроїв.

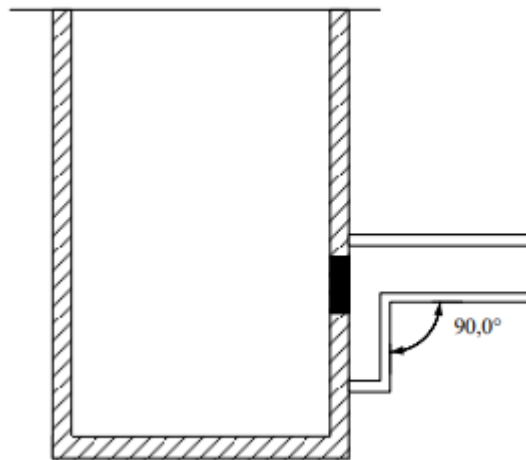


Рисунок 6.7 – Вхід з поворотом на 90 градусів: 1 – укриття; 2 – вхід; 3 – ділянка стіни, товщина якої визначається розрахунком

Питання для самоконтролю.

- 1. Які вимоги пред'являють до сховищ та СПП із захисними властивостями сховищ?*
- 2. Які вимоги пред'являють до ПРУ та СПП із захисними властивостями ПРУ?*
- 3. Які методи підвищення захисних властивостей ви знаєте?*
- 4. Наведіть приклади закладання віконних прорізів.*
- 5. Наведіть приклади посилення стін цокольного поверху.*
- 6. Наведіть приклади розташування стінки-екрану.*

7 Вимоги до оформлення розрахунково-графічної роботи

До складу розрахунково-графічної роботи (РГР) входить розрахунково-пояснювальна записка та графічна частина, виконана на форматі А2 – А4. На форматі графічно повинно бути зображено: графік визначення віддаленості захисних споруд та СПП від складів із вибуховими матеріалами; у стандартному масштабі 1:50 ... 1:1000 побудувати план та розріз СПП; прийнятий спосіб підвищення захисних властивостей СПП (за необхідності).

Розрахунково-пояснювальна записка включає в себе обґрунтування, пояснення, всі необхідні розрахунки та виконується на одній стороні аркуша стандартного формату А4. Структура записки містить в себе: титульний аркуш встановленої форми КПШ ім. Ігоря Сікорського; зміст РГР; завдання на РГР; вступ; послідовність виконання всіх завдань; висновки, список використаних джерел та, за необхідності, додатки.

При виконанні розрахунково-графічної роботи наводяться схеми, таблиці, рисунки, графіки та посилання на використані літературні джерела.

Наприкінці розрахунково-графічної роботи наводиться список використаних літературних джерел і нормативних документів.

Оформлення записки РГР виконують, дотримуючись наступних розмірів поля: праве, верхнє, лівє, нижнє – 20 мм. Шрифт тексту – Times New Roman, повинен бути чорним, висота букв, цифр та інших знаків – кегль 14, міжрядковий інтервал – півтора, вирівнювання – по ширині. Кожен абзац починається з нового рядка, при цьому відступ повинен становити 1,25 (1,27) мм. Записка та графічна частина повинні бути оформлені відповідно до вимог ДСТУ 3008:2015 та ДСТУ 9243.4:2023 [11, 12].

Всі сторінки записки, окрім титульного листа беруться в рамки. Рамка для перших аркушів змісту, завдання, розділів, загальних висновків, додатків (основний напис та додаткові графі для нього усіх видів текстових документів) наведено на рис. 7.1. Рамка для всіх наступних аркушів записки (текстових документів) наведена на рис. 7.2.

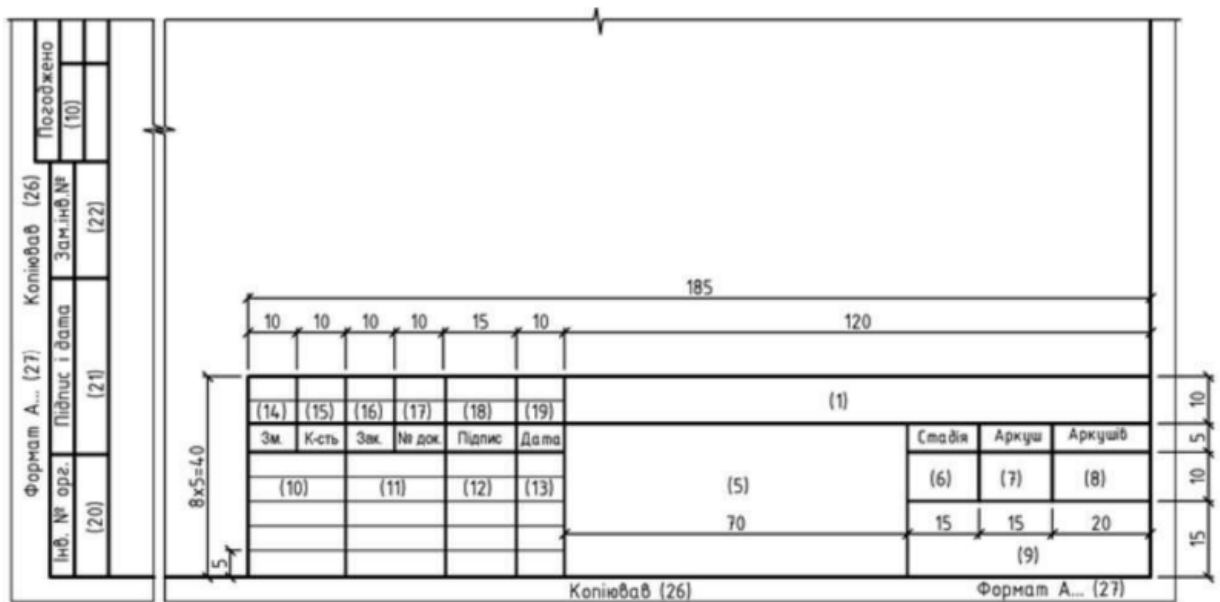


Рисунок 7.1 – Приклад оформлення перших аркушів

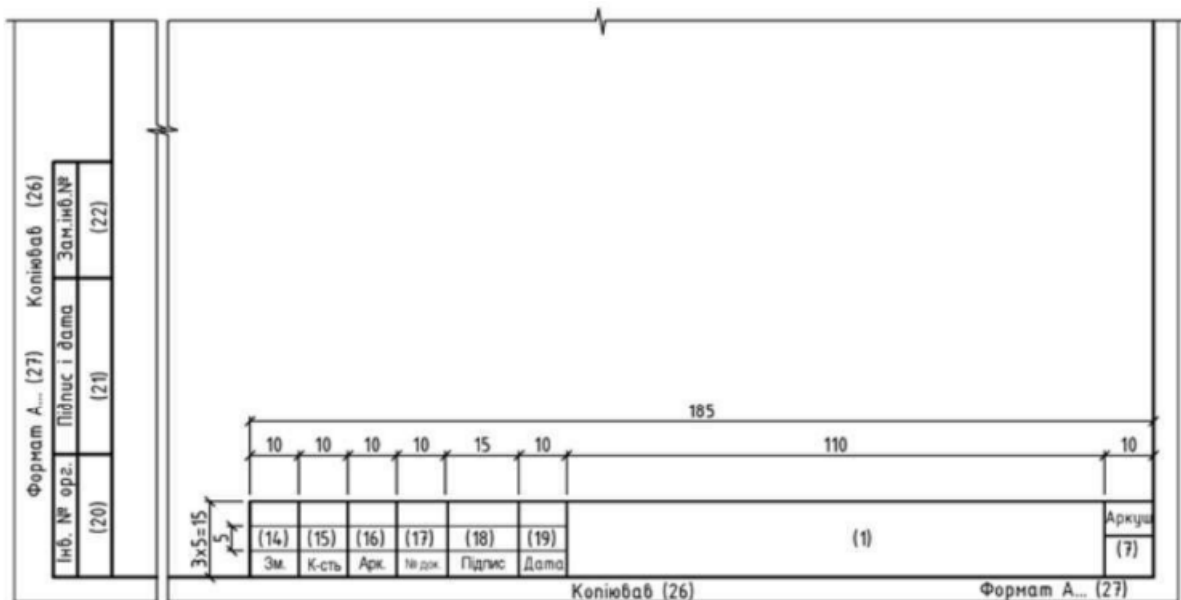


Рисунок 7.2 – Приклад оформлення всіх аркушів пояснювальної записки, крім перших

У графічній частині (креслення) аркуші теж беруться у рамки, рисунок 7.3.

Вказівки щодо заповнення написів у рамках (рис. 7.1, 7.2 та 7.3). У графах (номери граф наведені у дужках) наводять:

а) у графі 1 – шифр групи та порядковий номер за списком, наприклад «ОС-11.01» – тобто перший студент за списком групи ОС-11;

б) у графі 2 – вказується найменування об’єкта, наприклад «підвальне приміщення під СПП»;

в) у графі 3 – загальна назва креслення, наприклад «Розрахунок підземної споруди як СПП»;

г) у графі 4 – найменування зображень, розміщених на цьому кресленні, наприклад «графік визначення відстані, план, розріз СПП, тощо»;

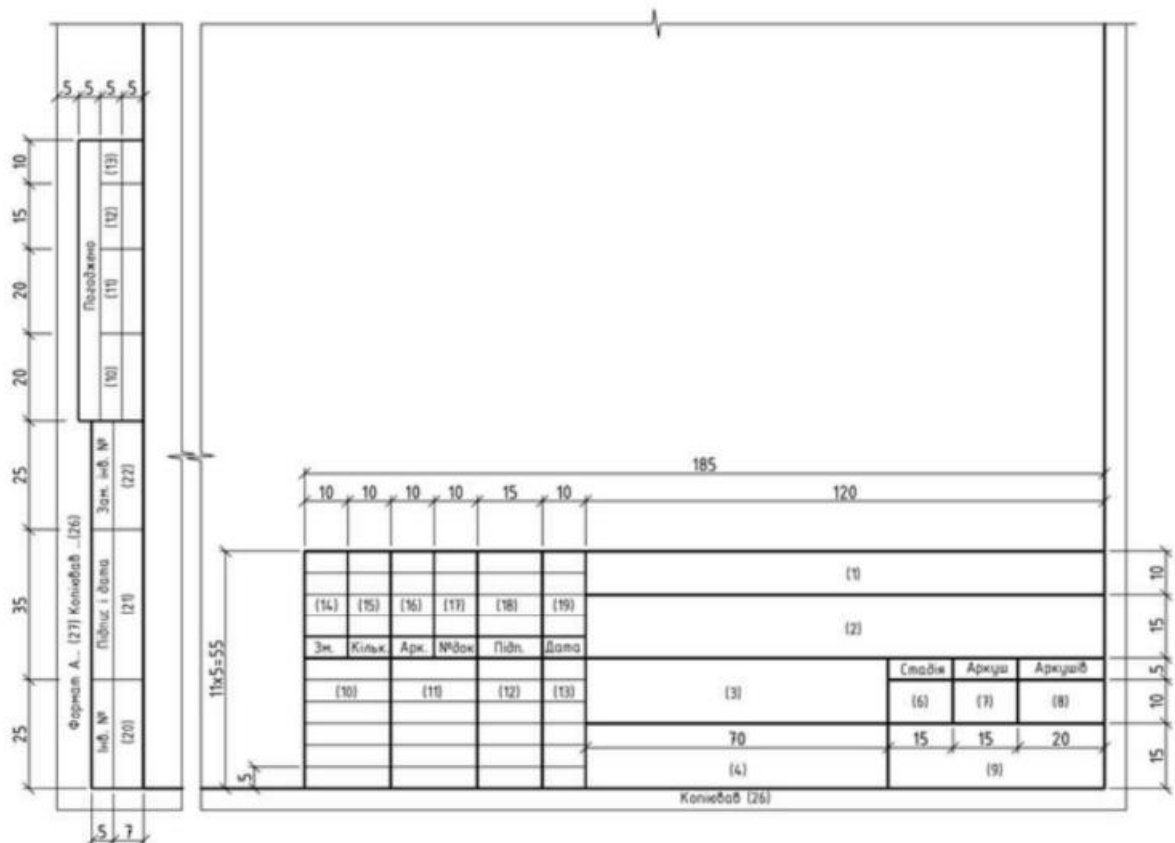


Рисунок 7.3 – Приклад оформлення всіх аркушів графічної частини (креслень)

д) у графі 5 – вказується найменування розділу, наприклад «ЗМІСТ, ВСТУП, Розділ 1. Назва, тощо»;

е) у графі 6 – вказується позначення проекту, наприклад «РГР, КП, КР, ДП, МД»;

ж) у графі 7 – вказується порядковий номер аркуша (креслення) або сторінки текстового документа;

и) у графі 8 – вказується загальна кількість аркушів документа (креслень);

к) у графі 9 – вказується найменування кафедри, наприклад «ГІ»;

л) у графі 10 – вказується характер виконаної роботи (розробив, перевірів, нормоконтроль тощо);

л) у графах 11 – 13 – вказуються прізвища та підписи осіб, вказаних у графі 10, та дату підписання.

Сторінки нумерують наскрізно арабськими цифрами, охоплюючи додатки (за необхідності). Номер сторінки проставляють праворуч у нижньому куті сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш входить до загальної нумерації сторінок. Номер сторінки на титульному аркуші не проставляється. Сторінки, на яких розміщено рисунки та таблиці, входять до загальної нумерацією сторінок.

Розділи, підрозділи, пункти, підпункти нумерують арабськими цифрами. Розділи роботи нумерують у межах викладення суті роботи і позначають арабськими цифрами без крапки, починаючи з цифри «1». Підрозділи як складові частини розділу нумерують у межах кожного розділу окремо. Номер підрозділу складається з номера відповідного розділу та номера підрозділу, відокремлених крапкою. Після номера підрозділу крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 тощо.

Пункти нумерують арабськими цифрами в межах кожного розділу або підрозділу. Номер пункту складається з номера розділу та порядкового номера пункту, або з номера розділу, порядкового номера підрозділу та порядкового номера пункту, які відокремлюють крапкою. Після номера пункту крапку не ставлять, наприклад, 1.1, 1.2 або 1.1.1, 1.1.2 тощо. Якщо текст поділяють лише на пункти, їх слід нумерувати, крім додатків, порядковими номерами.

Усі графічні матеріали розрахунково-графічної роботи (ескізи, діаграми, графіки, схеми, фотографії, рисунки, креслення тощо) повинні мати однаковий підпис «Рисунок».

Рисунок подають одразу після тексту, де вперше посилаються на нього, або якнайближче до нього на наступній сторінці, а за потреби – в додатках до роботи.

Нумерація рисунків – наскрізна в межах кожного розділу, арабськими цифрами і складається з номера розділу та порядкового номера рисунка в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «Рисунок 3.2» – другий рисунок третього розділу, крім рисунків у додатках.

Рисунки кожного додатка нумерують окремо. Номер рисунка додатка складається з позначки додатка (літера) та порядкового номера рисунка в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «Рисунок В.1 », тобто : перший рисунок додатка В. Далі назва рисунка.

Назва рисунка має відображати його зміст, бути конкретною та стислою. За потреби пояснювальні дані до рисунка подають безпосередньо після графічного матеріалу перед назвою рисунка. Назву рисунка друкують з великої літери та розміщують під ним посередині рядка, наприклад, «Рисунок 2.1 – Схема комутації зарядів».

Цифрові дані роботи треба оформлювати як таблицю відповідно до форми, поданої на рисунку 7.4.

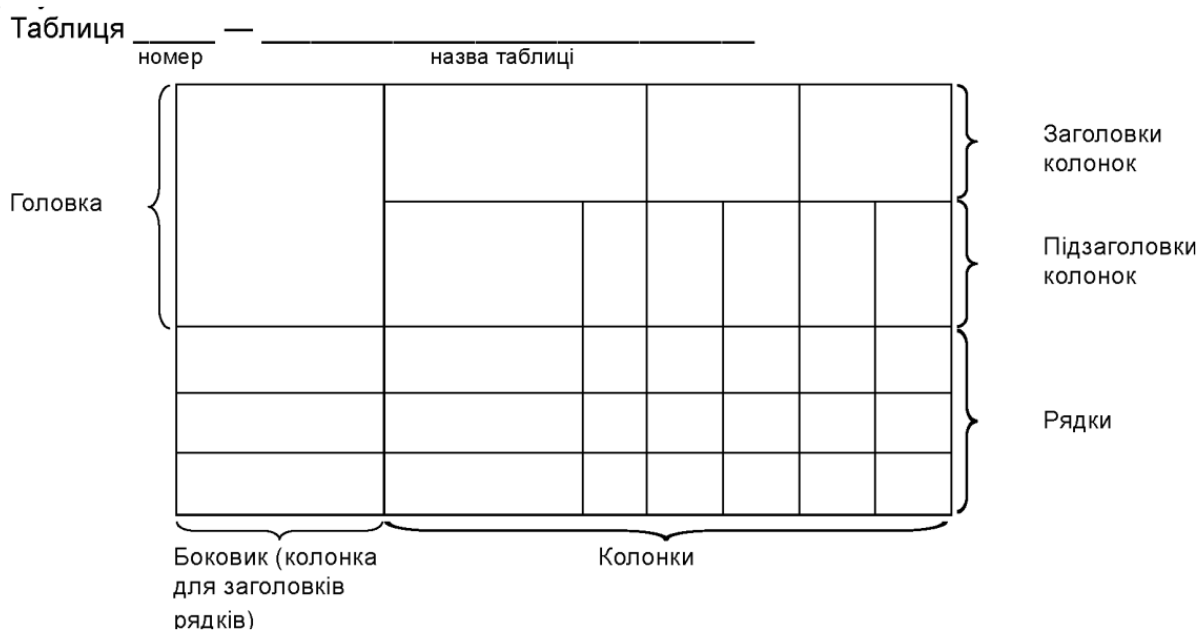


Рисунок 7.4 – Приклад оформлення таблиці

Горизонтальні й вертикальні лінії, що розмежовують рядки таблиці, можна не наводити, якщо це не ускладнює користування таблицею. Таблицю подають безпосередньо після тексту, у якому її згадано вперше, або на наступній сторінці. На кожену таблицю має бути посилання в тексті роботи із зазначенням її номера.

Нумерація таблиць – наскрізна в межах кожного розділу, арабськими цифрами і складається з номера розділу та порядкового номера таблиці в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «Таблиця 2.1» – перша таблиця другого розділу. Таблиці кожного додатка нумерують окремо. Номер таблиці додатка складається з позначення додатка (літера) та порядкового номера таблиці в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «Таблиця В.1 – Назва таблиці», тобто перша таблиця додатка В.

Якщо в тексті роботи подано лише одну таблицю, її нумерують. Назва таблиці має відображати її зміст, бути конкретною та стислою. Назву таблиці друкують з великої літери і розміщують над таблицею з абзацного відступу. Якщо рядки або колонки таблиці виходять за межі формату сторінки, таблицю поділяють на частини, розміщуючи одну частину під іншою або поруч, чи переносять частину таблиці на наступну сторінку. У кожній частині таблиці повторюють її головку та боковик. У разі поділу таблиці на частини дозволено її головку чи боковик замінити відповідно номерами колонок або рядків, нумеруючи їх арабськими цифрами в першій частині таблиці. Слово «Таблиця» подають лише один раз над першою частиною таблиці. Над іншими частинами таблиці з абзацного відступу друкують: «Продовження таблиці» або «Кінець таблиці» без повторення її назви.

Заголовки колонок таблиці починають з великої літери, а підзаголовки з малої літери, якщо вони становлять одне речення із заголовком. Підзаголовки, які мають самостійне значення, подають з великої літери. У кінці заголовків і підзаголовків таблиць крапки не ставлять. Переважна форма іменників у заголовках – однина.

Нумерація формул – наскрізна в межах кожного розділу, арабськими цифрами і складається з номера розділу та порядкового номера формули в цьому розділі, які відокремлюють крапкою, наприклад, «4.2» – друга формула четвертого розділу. Нумерація формул вирівнюється по правому краю, сама формула – по середині. Формули кожного додатка нумерують окремо. Номер формули додатка складається з позначення додатка (літера) та порядкового номера формули в додатку, відокремлених крапкою. Наприклад, «В.1», тобто перша формула додатка В.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.2-5:2023 Захисні споруди цивільного захисту. Київ, 2023.
2. ДБН В.1.2-4:2019 Інженерно-технічні заходи цивільного захисту. Київ, 2019.
3. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ, 2016.
4. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. Київ, 2019.
5. ДСТУ 9058:2020 Визначення протипожежних відстаней між об'єктами розрахунковими методами. Основні положення. Київ, 2020.
6. ДСТУ 8855:2019 Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). Київ, 2019.
7. ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. Київ, 2018.
8. ДСТУ-Б В-1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. Київ, 2010.
9. Кравець В.Г., Гайко Г.І., Ган А.Л., Ган О.В., Шайдецька Л.В. Геоінженерія мегаполіса: підземна урбаністика: підручник. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 660 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65405>
10. Методичні рекомендації щодо проектування та пристосування інженерних та інших споруд під протирадіаційні укриття. ДСНС. Київ, 2020.
11. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. Київ, 2015.
12. ДСТУ 9243.4:2023 Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації. Київ, 2023.

Електронне видання

**РОЗВИТОК МІСЬКИХ ПІДЗЕМНИХ СПОРУД ЯК ОБ'ЄКТІВ ПОДВІЙНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ
ПРАКТИКУМ**

Навчальний посібник

Укладачі: А. Л. Ган, О. В. Ган, Гайко Г.І.

Підписано у світ 29.05.2025

ФОП Цибульська В.О.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої
справи до Державного реєстру видавців,
виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої
продукції

ДК №6562 від 03.01.2019

ISBN 978-617-8324-45-2



9 786178 324452

Усі права застережено!

Будь-яку частину цього видання забороняється у будь-якій формі перекладати (зберігати у пошукових системах) та передавати будь-яким способом (фотокопіювальним, електронним або іншим) без письмової згоди власника авторських прав.