

Оцінка технічного стану захисної споруди з визначенням її відповідності протирадіаційному укриттю

- **Гасенко Антон Васильович**, д-р техн. наук, доц.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1045-8077>
- **Овсій Дмитро Миколайович**, д-р філософії
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7007-1857>
- **Семко Павло Олександрович**, канд. техн. наук
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5915-3082>
- **Усенко Дмитро Валерійович**, д-р філософії, доц.
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м. Полтава, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7133-0638>

Ядерна безпека є одним з важливих питань для будь-якої країни. Умови повномасштабної війни в Україні різко загострили питання реальної захисної спроможності укриттів, які масово облаштовують у підвальних і цокольних приміщеннях без належної перевірки відповідності властивостям захисних споруд цивільного захисту, зокрема і протирадіаційних укриттів. Навіть наявні протирадіаційні укриття, споруджені ще в минулому столітті, потребують перегляду відповідності сучасним вимогам щодо несучої здатності та послаблення іонізуючого випромінювання. У статті на конкретному об'єкті показано, як системна оцінка дозволяє встановити фактичну відповідність / невідповідність підвального приміщення будівлі ознакам протирадіаційного укриття за ДБН В.2.2-5:2023. Методика оцінки охоплювала натурне обстеження, аналіз об'ємно-планувальних рішень й інженерних систем, перевірки розрахунки несучої здатності конструкцій, визначення коефіцієнта послаблення іонізуючого випромінювання. Результати засвідчили низку критичних невідповідностей: відсутність механічної вентиляції, захисних дверей та аварійних виходів; дефіцит площі основних приміщень, обов'язкових допоміжних приміщень і санітарно-гігієнічного обладнання; прокладання мереж без захисних футлярів. За розрахунками несуча здатність плит перекриття і стін є недостатньою на повне еквівалентне навантаження у 22 рази та 1,5 рази відповідно, а коефіцієнт послаблення випромінювання у сотні разів нижчий за нормативний; навіть після первинних заходів (влаштування тамбурів, закладення прорізів, зовнішнього обвалування стін) показник залишається у 8–20 разів меншим за вимогу. Практичне значення роботи полягає в демонстрації проведення перевірок, що дозволяє органам місцевого самоврядування, балансоутримувачам та проєктантам ідентифікувати «вузькі місця» типових підвальних укриттів й обґрунтовано планувати підсилення конструкцій і комплектацію інженерних систем до досягнення нормативної відповідності.

Ключові слова: протирадіаційне укриття, технічний стан, несуча здатність, іонізуюче випромінювання.

© Гасенко А. В., Овсій Д. М., Семко П. О., Усенко Д. В., 2025

Вступ

Ядерна безпека є одним з важливих питань для будь-якої країни. Європейський Союз намагається

підтримувати високий рівень ядерної безпеки і працює над зміцненням міжнародних стандартів у цьому напрямі [1]. Проте, на сьогодні не існує органу з міжнародним статусом, що забезпечував би дотримання заходів з ядерної безпеки або

накладав покарання на тих, хто їх не виконує, як це сталося в Україні внаслідок збройної агресії. Сучасні умови воєнного часу загострили потребу в надійних захисних спорудах цивільного захисту для цивільного населення, зокрема у протирадіаційних укриттях. Однак значна частина укриттів, які зараз часто облаштовуються у підвальних та цокольних приміщеннях наявних будівель, фактично не відповідають нормативним вимогам до протирадіаційних укриттів. Вони часто розраховані лише як тимчасові найпростіші укриття й не мають необхідної конструктивної міцності, інженерних систем і коефіцієнта послаблення радіації. Це створює ризики хибного уявлення про рівень безпеки людей, що там перебувають, і вимагає науково обґрунтованої оцінки їхнього реального стану. Крім цього, навіть наявні протирадіаційні укриття, споруджені ще в минулому столітті, потребують перегляду відповідності сучасним нормативним вимогам. Саме тому технічна оцінка для встановлення відповідності / невідповідності підвальних приміщень, що використовуються як укриття, сучасним нормативним ознакам захисних споруд цивільного захисту з подальшими обґрунтованими рішеннями підсилення конструкцій і доукомплектуванням інженерних систем до досягнення нормативної відповідності є актуальним питанням.

Аналіз літературних даних

З метою захисту населення від наслідків вибухів та іонізуючого випромінювання під час застосування ядерної енергії у військових цілях споруджують захисні споруди цивільного захисту. Ключовим документом, що визначає сучасні вимоги до укриттів, є ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту» [2], який комплексно регламентує архітектурно-планувальні рішення, інженерне обладнання та вимоги до коефіцієнта послаблення радіаційного випромінювання. У роботі [3] проаналізовано положення організації укриття населення та сформульовано принципи визначення потреби в укриттях цивільного захисту в наявних житлових районах.

На сьогодні опубліковано цілу низку робіт, присвячених аналізу та гармонізації параметрів наявних захисних споруд, побудованих ще в минулому столітті та успадкованих Україною, вимогам сучасної нормативно-правової бази з ядерної і радіаційної безпеки. Зокрема, виконано огляд з акцентом на нових положеннях чинних в Україні норм і правил з ядерної та радіаційної безпеки стосовно врахування можливих зовнішніх як проектних, так і позапроектних впливів на атомні станції [4]–[5]. Також проаналізовано відповідність швидкоспоруджуваних модульних укриттів, поширених в публічному просторі міст, чинним нор-

мам [6]. Показано типові відхилення: відсутність вбудованих санітарних вузлів, належної вентиляції, інженерних мереж, а також проблеми з проектною документацією та процедурою введення в експлуатацію. Проте, в опублікованих працях не знайшов відображення комплексний аналіз технічного стану та експлуатаційних властивостей наявних протирадіаційних укриттів, влаштованих у підвальних приміщеннях будівель, побудованих у 60–80 роках минулого століття.

Хоча варто зауважити, що є досить велика кількість публікацій, у яких висвітлено результати аналізу несучої здатності позапроектним впливам окремих конструктивних частин чи елементів будівель. Зокрема виконано експериментально-чисельне дослідження плит з поліурейним покриттям повномасштабного сталевих укриття на дію газового вибуху [7]. У роботі [8] на основі параметричного оцінювання несучої здатності залізобетонної плити укриття на різні сценарії детонації показано, що така плита здатна витримувати надвисокі перевантаження тиском; виділено роль геометрії, армування і просторової схеми на перерозподіл зусиль під дією короткого імпульсу. Описано новий композитний матеріал для радіаційного захисту від фотонного випромінювання на основі важкого бетону, армованого базальт-борною фіброю [9]. Розглянуто роботу сталевих опорних конструкцій обладнання та трубопроводів енергоблоків атомних електростанцій на два одночасних епізодичних впливи: максимальну проектну аварію та землетрус [10]–[11].

Водночас варто виокремити публікації, що стосуються комплексної систематизації дії ударної хвилі на будівельні конструкції та етапність формування пошкоджень у малоповерхових і висотних будівлях з описом сценарію прогресуючого руйнування [12]. Визначено, що будівлі з монолітним залізобетонним каркасом є більш надійними через різні схеми перерозподілу в них зусиль. Такі будівлі теж досить раціональні для розміщення в них вбудованих укриттів цивільного захисту.

Перевагою роботи [13] є те, що в ній оцінено «структурне екранування» гамма-випромінювання в школах чи залах: наведені дійсно емпіричні коефіцієнти послаблення іонізуючого випромінювання залежно від типу будівлі й розміщення точок вимірювання.

Цінним у роботі [14] є те, що в ній надано практичні рекомендації для експлуатаційної придатності укриттів на нормативний час на основі аналізу нормативних режимів вентиляції: нормальний, резервний, аварійний. Змодельовано динаміку CO₂ у приміщеннях з людьми та показано, що за належних параметрів повітрообміну, концентрації не перевищують критичні. Розглянуто особливості охолодження приміщень і доцільність двох

окремих венткамер з різними повітрязаборами для великих протирадіаційних укриттів чи споруд подвійного призначення.

Отже, аналіз літературних джерел підтверджує актуальність питання узагальнення інформації щодо комплексного аналізу технічних станів найпростіших захисних сховищ цивільного захисту чи протирадіаційних укриттів, влаштованих у підвальних приміщеннях, із визначенням їх відповідності ознакам зазначених споруд згідно з чинними нормативами.

Постановка завдань дослідження та мета статті

Завданнями дослідження є: 1) аналіз результатів натурного обстеження, архітектурно-планувальних рішень і систем життєзабезпечення, виконання розрахункових перевірок міцності основних несучих конструкцій, а також визначення коефіцієнта послаблення іонізуючого випромінювання цих конструкцій конкретної захисної споруди – протирадіаційного укриття; 2) за необхідності визначення переліку робіт з капітального ремонту чи реконструкції цієї захисної споруди цивільного захисту для доведення її показників вимогам ДБН В.2.2-5:2023 [2]. Аналізована захисна споруда згідно з технічним паспортом належить до групи П-2 та розташована у підвальному приміщенні будівлі освітнього закладу і призначена як для учасників освітнього процесу, так і для мешканців громади.

Мета статті – на практиці показати методику комплексної оцінки захисної споруди відповідності протирадіаційному укриттю та засвідчити на цьому прикладі, що значна частина наявних підвальних укриттів не забезпечує вимог ДБН В.2.2-5:2023 [2] і не може бути класифікована під час приведення її в готовність як повноцінні протирадіаційні укриття без суттєвих конструктивних й інженерних доопрацювань.

Матеріали дослідження, експериментальна частина

Дослідженню підлягали будівельні конструкції захисної споруди цивільного захисту (цивільної оборони) – підвального приміщення спеціального призначення під двоповерховою будівлею освітнього призначення, що відповідно до технічного паспорта на будівлю має класифікуватися як протирадіаційне укриття групи П-2. Вік будівлі – орієнтовно 40–50 років. Спуск до входів з рівня прилеглої території виконаний по бетонних сходинках різної висоти шириною 700...1000 мм.

Базовими характеристиками захисної споруди – протирадіаційного укриття, розташованого в підвальному приміщенні двоповерхової будівлі

освітнього призначення, згідно з обліковою картою захисної споруди цивільного захисту є:

проектна місткість – 350 осіб;

хто укривається – учасники навчального процесу, а саме: 20 вихованців закладу дошкільної освіти; 24 учні 1–2 класів; 25 учнів 3–4 класів; 118 учнів 5–12 класів; 44 вчителі й вихователі, а також інші мешканці громади (119 осіб);

клас сховища (група протирадіаційного укриття) – П-2;

тип навчального закладу, на балансі якого перебуває укриття – навчально-виховний комплекс дошкільної, початкової та загальної середньої освіти;

загальна площа приміщень – 533,8 м², з них 360,6 м² – основні приміщення (приміщення для укриття учасників освітнього процесу та мешканців громади, медпункт); 165,6 м² – допоміжні приміщення (коридори, вбиральні, електрощитова, прохідні приміщення з санітарно-технічною зоною та ін.); 7,6 м² – вхідні / вихідні тамбури (див. рисунок 1);

загальний об'єм приміщень – 1150 м³;

кількість зовнішніх входів – 4 шт. (див. рисунок 1), з них тільки два входи захищені захисно-герметичними дверима;

аварійних виходів – немає;

енергопостачання, водопостачання та водовідведення – від загальних міських мереж;

вентиляція – природня;

кількість санітарно-технічних приладів – два унітази й один умивальник;

захисна споруда є підвальним приміщенням спеціального призначення (захисна споруда вбудована в будівлю), тому належить до споруд подвійного призначення, яка в мирний час використовується закладом освіти як тир.

За архітектурно-конструктивним рішенням підвальне приміщення виконано за стіною схемою. Несучими вертикальними елементами є стіни виконані з фундаментних бетонних блоків товщиною 400 мм (зовнішні) та керамзитобетонних блоків товщиною 500 мм (внутрішні). Місцями стіни виконані із силікатної цегли. Перекриття приміщень виконано із залізобетонних пустотних плит марки 63.15-8 (h = 220 мм).

Визначення технічного стану будівельних конструкцій об'єкта виконано згідно з додатком В та розділом 5 ДСТУ 9273:2024 [15]. Під час обстеження виявлені дефекти і пошкодження стін, які можуть впливати на їхню експлуатаційну придатність: соли, сліди замокання та біозабруднення, пліснява, грибок, що розвиваються як наслідок недостатньої зовнішньої гідроізоляції. Також наявні дефекти кладки у вигляді наскрізних отворів у стінах (рисунок 2, г), випадання / відсутність швів між бетонними блоками (рисунок 2, а–б) чи заповнення проміжків між бетонними блоками цеглою (рисунок 2, в).

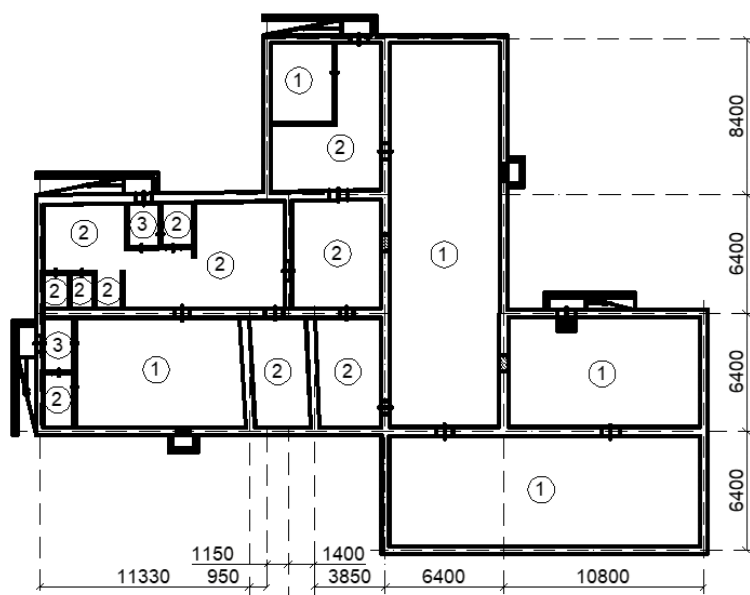


Рисунок 1 – План підвального приміщення, що використовується як протирадіаційне укриття:
1 – основні приміщення (67,5 % загальної площі); 2 – допоміжні приміщення (31 %); 3 – вхідні групи (1,5 %)



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Пошкодження зовнішніх несучих стін, що знижують їхню несучу здатність та коефіцієнт послаблення іонізуючого випромінювання: а) випадіння швів між фундаментними блоками; б) виконання кладки стін у пустошовку; в) заповнення проміжків між бетонними блоками цеглою; г) віконний проріз заповнений кладкою і металопластиковим вікном

Підпірні стінки входів мають загальний нахил та наскрізні вертикальні тріщини. **Технічний стан стін об'єкта оцінюється як задовільний (працездатний) (категорія 2).**

Показані на рисунку 2 пошкодження зовнішніх несучих стін знижують їхню несучу здатність на дію ударної хвилі, прикладену під кутом до стінових конструкцій, внаслідок штучного «навмисного» розрізання стіни на окремі блоки. Крім того, віконні отвори у стінах, хоч і заповнені металопластиковими вікнами, понижують коефіцієнт послаблення іонізуючого випромінювання. Улаштування за високою кладки стін із чотирьох рядів збірних бетонних фундаментних блоків товщиною $b_6 = 400$ мм і висотою $h_6 = 600$ мм та 6...7 рядів кладки товщиною $b_4 = 380$ мм з повнотілої глиняної цегли загальною висотою $h_6 = 500$ мм враховано в передумовах розрахункових перевірок несучої здатності стінових конструкцій за першою групою граничних станів.

Під час обстеження залізобетонних конструкцій перекриття встановлено їхню фактичну конструктивну схему та геометричні параметри; проаналізовано технічний стан, виявлено дефекти і пошкодження, а саме: численні отвори в плитах для пропуску мереж комунікацій, виконані без влаштування гідроізоляції, що призвело до пошкодження локальною корозією арматури плит, а в окремих місцях обриву арматурних стрижнів (місця з обривом арматурних стрижнів розташовані у приопорних третинах прольоту) (рисунк 3, а), висоли, тріщини; також наявне випадіння заповнення швів між плитами (рисунк 3, б). **Загалом, технічний стан несучих конструкцій залізобетонних пустотних плит перекриття об'єкта оцінюється як задовільний (працездатний) (категорія 2).**

Пошкодження конструкцій перекриття у вигляді обривів окремих арматурних стрижнів у розтягнутій зоні багатопустотних плит перекриття за результатами перевірок розрахунків за першою групою граничних станів знижують несучу здатність плит до 15 % порівняно з плитами без обривів стрижнів. Відсутність цементно-піщаного розчину заповнення швів між плитами перекриття знижують коефіцієнт послаблення іонізуючого випромінювання збірним залізобетонним перекриттям.

Аналіз відповідності наявних об'ємно-планувальних та архітектурно-будівельних рішень обстежуваного протирадіаційного укриття, що підлягає реконструкції (капітальному ремонту), вимогам чинної нормативної документації (ДБН В.2.2-5:2023 [2]) внесено в таблицю 1. Визначення нормативних мінімальних площ основних приміщень для укриття в захисних спорудах під час реконструкції (капітального ремонту) наведено в таблиці 2. Варто зазначити, що вимоги чинної нормативної документації [2] до реконструйованих укриттів можуть дещо відрізнятися від вимог нормативних документів, які були чинні на момент зведення та введення в експлуатацію зазначеного об'єкта.

Встановлено, що нормативним рішенням обстежуване укриття повністю відповідає лише щодо розміщення захисної споруди, розрахункової площі основних приміщень, підключення систем опалення, водопостачання і водовідведення та частково щодо об'ємно-планувальних рішень, а саме: висоти приміщень, ширини вхідних і внутрішніх дверних прорізів, переліку основних і допоміжних приміщень.



а)



б)

Рисунок 3 – Пошкодження залізобетонних плит перекриття, що знижують їхню несучу здатність та коефіцієнт послаблення іонізуючого випромінювання: а) пробиті отвори в плитах діаметром 30–250 мм для пропуску мереж комунікацій, корозія арматурних стрижнів; б) випадіння швів між плитами – повна відсутність огорожувального елементу

Таблиця 1 – Оцінка відповідності протирадіаційного укриття, влаштованого в підвальній частині, вимогам ДБН В.2.2.5-2023 [2]

№ п/п	Пункт ДБН В.2.2.5-2023 [2]	Нормативне найменування показника під час реконструкції (капітального ремонту) укриттів	Наявне рішення	Відмітка про відповідність
Розміщення захисних споруд та споруд подвійного призначення (СПП)				
1	п. 6.1	відносно оточуючої забудови проєктуються окремо розташованими, прибудованими і вбудованими	Обстежуваний об'єкт розташований під будівлею дошкільного підрозділу	Виконується
2	п. 6.2	прибудовані і вбудовані проєктуються у підземних, цокольних і підвальних поверхах		Виконується
3	п. 6.5	розміщують за межами зон можливих завад від інших будівель	Будівля дошкільного підрозділу стоїть окремо	Виконується
4	п. 6.6, 6	не допускаються наявності магістральних й інших транзитних тепло- та водопроводів, якщо немає двостороннього їх відключення	Магістральні транзитні тепло- та водопроводи у відсутні	Виконується
5	п. 6.10	прокладання внутрішніх мереж через приміщення допускається у захисних футлярах чи коробах	Внутрішні мережі каналізації влаштовані без коробів	Не викон.
Об'ємно-планувальні рішення				
Загальні положення				
6	п. 7.1.1	Забезпечення доступності та безпеки МГН*	Відсутні заходи з доступності (пандуси) та безпеки МГН	Не викон.
7	п. 7.1.2	Наявність пандусів для доступу МГН		Не викон.
8	п. 7.1.3	Наявність інформаційних табличок, інформаторів, покажчиків	Наявні таблички виходів	Частково виконується
9	п. 7.1.4	Ширина коридорів – не менше 1,2 м (при капітальному ремонті)	Ширина вхідних спусків 0,7–1,0 м	Не викон.
10	п. 7.1.5	Висота приміщень – не менше 2,5 м	Висота приміщень 2,54–2,70 м	Виконується
11	п. 7.1.7	Ширина вхідних і внутрішніх дверних прорізів при капітальному ремонті – не менше 0,8 м	Ширина вхідних і внутрішніх прорізів 0,8–1,0 м	Виконується
12	п. 7.1.8	Двері в основному приміщенні мають відчинятися назовні	Двері відчиняються назовні	Виконується
Основні та допоміжні приміщення протирадіаційних укриттів та споруд подвійного призначення із захисними властивостями протирадіаційних укриттів				
13	п. 7.2.2.2	Основні приміщення мають бути: основне приміщення для укриття; зона санітарного посту (рекомендовано); приміщення медпункту (рекомендовано для місткості до 600 осіб); пункт керування (обов'язково для місткості від 301 осіб); приміщення/зони для дітей до 11 років (рекомендовано); зони для годування та сповивання немовлят (рекомендовано); приміщення/зони для підігріву та прийняття їжі (рекомендовано); приміщення для перебування тварин (рекомендовано); приміщення іншого призначення.	є три приміщення для укриття; зона санітарного посту відсутня; є склад засобів індив. захисту; пункт керування відсутній; є приміщення для укриття дітей; є зона для годування немовлят; є зона для підігріву / прийняття їжі; приміщення для тварин відсутнє; є допоміжні прим.	Виконується Не викон. Виконується Не викон. Виконується Виконується Виконується Не викон. Виконується

Завершення таблиці 1

№ п/п	Пункт ДБН В 2.2.5-2023 [2]	Нормативне найменування показника під час реконструкції (капітального ремонту) укриттів	Наявне рішення	Відмітка про відповідність
14	п. 7.2.2.3	Обов'язкові допоміжні приміщ.: санітарно-гігієнічні приміщення; вентиляційні приміщення; зберігання забрудненого одягу. Рекомендовані допоміжні приміщ.: для аварійних джерел живлення складське приміщення для зберігання продовольства зона для зберігання води для зберігання відходів	Відсутні Відсутні Відсутні Відсутні Є кладові Є кладові Є кладові Відсутні	Не викон. Не викон. Не викон. Не викон. Виконується Виконується Виконується Не викон.
Розрахункова площа основних приміщень для укриття				
15	п. 7.3.1, додаток Б	Нормативна мінімальна сумарна площа для заявленої місткості: 337,4 м ²	Фактична площа основних приміщень 360,6 м ²	Виконується
Санітарно-гігієнічні приміщення				
16	п. 7.4.3	Для заявленої місткості потрібно 5 унітазів і 2 умивальники	Наявні 2 унітази та 1 умивальник	Не викон.
Захищені входи та виходи				
17	п. 7.5.3.1	Не менше двох входів із шириною дверних прорізів у просвіті не менше ніж 0,9 м	Є чотири входи виходи шириною прорізу 0,9...1,0 м	Виконується
18	п. 7.5.3.1 ¹	Мають бути входи, евакуаційні виходи та аварійні виходи із встановленням захисних дверей	Наявні два входи і два виходи без захисних дверей	Не викон.
Система вентиляції				
19	п. 11.2.2.1	Передбачати вентиляцію із механічним спонуканням	Є канали природньої вентиляції	Не викон.
Система опалення				
20	п. 11.2.3.2	Передбачати від загальних мереж теплопостачання, автономних чи індивід. систем	Опалення влаштоване від мереж теплопостачання	Виконується
Водопостачання				
21	п. 11.3.1	Передбачати від зовнішньої чи внутрішньої мережі	Водопостачання від зовн. мережі	Виконується
Каналізація				
22	п. 11.4.1	Передбачати прямою до об'єктові чи міської мережі	Прямоточна до об'єктові мережі	Виконується
Примітка: МГН – маломобільні групи населення				

Таблиця 2 – Визначення нормативних мінімальних площ основних приміщень для укриття у захисних спорудах під час реконструкції (капітального ремонту)

№ п/п	Пункт таблиці Б.1 ДБН В 2.2.5-2023 [2]	Норми мінімальної площі на одну особу в основному приміщенні	Розрахунок згідно з наявною кількістю учасників освітнього процесу та мешканців громади	Мінімальна площа основних приміщень, м ²
1	5.1	заклади дошкільної освіти 2 м ² / особу	20 вихованців × 2 м ²	40,0
2	5.2.1	для учнів 1–2 класів 1,6 м ² / особу	24 учні × 1,6 м ²	38,4
3	5.2.2	для учнів 3–4 класів 1,2 м ² / особу	25 учнів × 1,2 м ²	30,0
4	5.2.3	для учнів 5–12 класів 1,0 м ² / особу	118 учнів × 1,0 м ²	118,0

Завершення таблиці 2

№ п/п	Пункт таблиці Б.1 ДБН В.2.2-5-2023 [2]	Норми мінімальної площі на одну особу в основному приміщенні	Розрахунок згідно з наявною кількістю учасників освітнього процесу та мешканців громади	Мінімальна площа основних приміщень, м ²
5	5.5	інші працівники закладів освіти 0,9 м ² / особу	44 вчителів, вихователів × 0,9 м ²	39,6
6	3	громадські будівлі для мешканців громади 0,6 м ² / особу	119 мешканців × 0,6 м ²	71,4
ЗАГАЛОМ:				337,4

Перевірні розрахунки виконано для визначення: 1) несучої здатності залізобетонних пустотних плит перекриття; 2) несучої здатності стін із 4 рядів бетонних фундаментних блоків ($b = 400$ мм) та 6–7 рядів цегли ($b \approx 380$ мм); 3) коефіцієнта послаблення радіаційного впливу (коефіцієнт захисту). Нормативну основу розрахунків становлять вимоги таблиці А.2 додатка А (нормативні параметри ПРУ), розділу 14 (еквівалентне статичне навантаження від ударної хвилі, методика прикладання й перерахунку) і додатка Г (методика визначення коефіцієнта послаблення радіаційного випромінювання) ДБН В.2.2-5:2023 [2]. Чинні нормативні показники є вищими за ті, що були чинними на момент зведення об'єкта.

Розрахунок бетонних і залізобетонних несучих конструкцій з важкого бетону захисної споруди за граничним станом першої групи згідно з ДБН В.2.6-98:2009 [16] містить розрахунки щодо втрати несучої здатності у зв'язку з крихким руйнуванням під час сумісної дії зовнішніх навантажень та несприятливого впливу навколишнього середовища (вибухової хвилі). У розрахунках конструкцій за граничним станом першої групи за критерій вичерпання несучої здатності перерізів взято:

втрата рівноваги між внутрішніми та зовнішніми зусиллями (досягнення максимуму на діаграмах «момент – кривизна (прогин)» або «стискальна сила – деформація бетону найбільш стиснутої фібри»;

руйнування стиснутого бетону в разі досягнення фібровими деформаціями граничних значень або розрив усіх розтягнутих стрижнів арматури внаслідок досягнення в них граничних деформацій.

Оскільки розрахунки за першим граничним станом показали незадовільний результат, розрахунки на проникнення та вторинне сколювання не виконувалися.

На один погонний метр стрічкової несучої стіни діють: постійні навантаження від власної ваги конструкцій стіни і перекриття, тимчасові навантаження на перекриття від снігового покриву та додаткового тиску від дії ударної хвилі. Додатковий тиск від ударної хвилі взято відповідно до значення еквівалентного статичного

навантаження $P_n = 100$ кН/м² (для протирадіаційного укріття групи П-2) згідно з нормами ДБН В.2.2-5:2023 [2]. Епюра бічного тиску ґрунту на 1 п.м стіни підвальної частини споруди являє собою трикутник з нижньою ординатою q_1 , а епюра від динамічного навантаження – згідно з вимогами п.14.1.2.3 норм ДБН В.2.2-5:2023 [2] рівномірно розподілена за висотою стіни з ординатою P_2 (див. розрахункову схему стіни на рисунку 4).

За результатами розрахунку визначено, що міцність крайнього волокна в розтягнутій зоні (M_R) розрахункового перерізу елемента несучої стіни довжиною $l = 1$ п.м під час дії на неї згинального моменту рівна $M_R = 122,98$ кНм, що менше сумарного максимального значення згинального моменту, який діє на ділянку стіни протирадіаційного укріття згідно з розрахунковою схемою, показаною на рисунку 4, $M_{max} = 148,73$ кНм. Зафіксоване перевантаження складає приблизно в 1,21 раза більше допустимого.

На перекриття зі збірних залізобетонних багатопустотних плит діють: постійні навантаження від власної ваги, від ваги підлоги, тимчасові корисні (характеристичні) навантаження, навантаження від ваги можливих конструкцій, що зазнали руйнування (перекриття горища, покрівля), та від додаткового тиску від дії ударної хвилі, який взято згідно з нормами ДБН В.2.2-5:2023 [2] щодо значення еквівалентного статичного навантаження $P_n = 100$ кН/м², яке повинне витримувати протирадіаційне укріття групи П-2 (див. рисунок 5).

За результатами розрахунку встановлено, що несуча здатність на згин (M) збірної залізобетонної плити перекриття в 22,9 раза менша від значення максимального згинального моменту ($M_{Ed} = M_1$), який діє в розрахунковому її перерізі під час динамічного впливу на споруду вибухової хвилі з додатковим тимчасовим тиском 100 кН/м²:

$$M = 36,95 \text{ кНм} < M_{Ed} = M_1 = 845,19 \text{ кНм},$$

а для плит з пошкодженими арматурними стрижнями – у 26 разів:

$$M = 31,33 \text{ кНм} < M_{Ed} = M_1 = 845,19 \text{ кНм}.$$

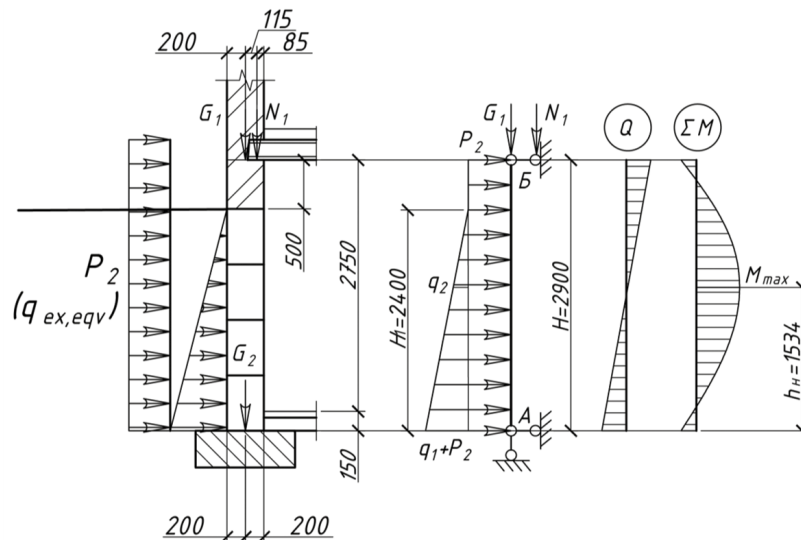


Рисунок 4 – Розрахункова схема стіни підвальної частини укриття, висотою $H = 2,9$ м із вказуванням навантажень та епюр внутрішніх зусиль

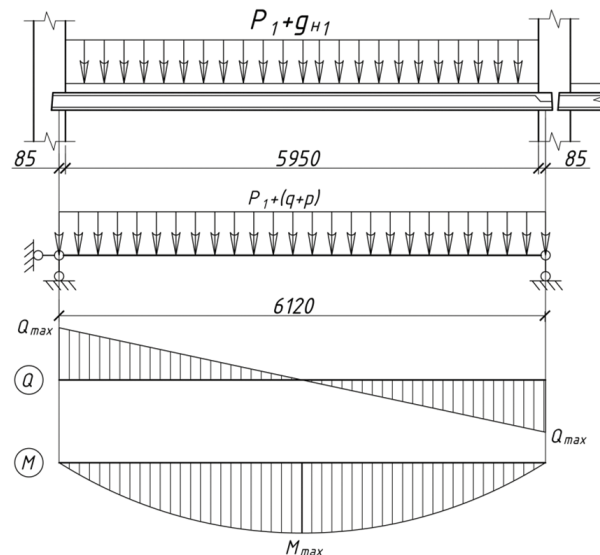


Рисунок 5 – Розрахункова схема плити перекриття з шириною перерізу $b = 1,5$ м та довжиною розрахункового прогону $l = 6,12$ м із вказуванням навантажень та епюр внутрішніх зусиль

Інтерпретація результатів та їхня апробація

За результатами аналізу встановлено, що протирадіаційне укриття, влаштоване в підвальному приміщенні, частково відповідає вимогам ДБН В.2.2.5-2023 [2] щодо розміщення (пп. 6.1, 6.2, 6.5, 6.6(б)), геометрії висоти та дверей (пп. 7.1.5, 7.1.7, 7.1.8), наявності основних залів для укриття, опалення, водопостачання і каналізації. Водночас наявні критичні невідповідності, які унеможливають підтвердження статусу протирадіаційного укриття: брак механічної вентиляції (п. 11.2.2.1), відсутність аварійних виходів і захисних дверей (п. 7.5.3.11), дефіцит площі основних приміщень (п. 7.3.1, дод. Б), недостатня санітарна оснащення (п. 7.4.3), відсутність низки обов'язкових допоміжних приміщень (п. 7.2.2.3, 7.2.2.5), відсутність внутрішніх / зовнішніх аварійних джерел живлення (п. 7.2.2.4), відсутність доступності для маломобільних груп населення (пп. 7.1.1–7.1.4), а також прокладання каналізації без захисних футлярів (п. 6.10). Сукупність порушень підтверджує, що об'єкт не відповідає мінімально потрібним вимогам до протирадіаційного укриття; підтвердження статусу протирадіаційного укриття можливе лише після усунення невідповідностей.

дів і захисних дверей (п. 7.5.3.11), дефіцит площі основних приміщень (п. 7.3.1, дод. Б), недостатня санітарна оснащення (п. 7.4.3), відсутність низки обов'язкових допоміжних приміщень (п. 7.2.2.3, 7.2.2.5), відсутність внутрішніх / зовнішніх аварійних джерел живлення (п. 7.2.2.4), відсутність доступності для маломобільних груп населення (пп. 7.1.1–7.1.4), а також прокладання каналізації без захисних футлярів (п. 6.10). Сукупність порушень підтверджує, що об'єкт не відповідає мінімально потрібним вимогам до протирадіаційного укриття; підтвердження статусу протирадіаційного укриття можливе лише після усунення невідповідностей.

Хоча технічний стан несучих конструкцій (стіл із бетонних блоків та перекриття із залізобетонних плит) оцінюється як задовільний, категорія технічного стану «2», перевірені розрахунки показують **недостатність** несучих властивостей споруди в наявному стані. Плити перекриття не забезпечують у 22 рази порівняно з власною несучою здатністю згинальну міцність під дією навантажень з урахуванням еквівалентного тиску 100 кН/м^2 , що унеможлиблює навіть перехід до перевірок за другою групою граничних станів. Несуча здатність стін з бетонних блоків (без вертикального / горизонтального армування) також **недостатня**: у разі великої позацентровості виникає розтяг у крайніх волокнах і тріщиноутворення із втратою стійкості; сумарний момент перевищує несучу спроможність приблизно у 1,21 рази. Розрахунковий коефіцієнт послаблення радіації **у сотні разів нижчий** за норматив, а після мінімальних заходів із влаштування тамбурів, екранування чи обвалування зовнішніх стін, ліквідація віконних прорізів тощо, усе ще у 8–20 разів менший за необхідний. Для забезпечення необхідної несучої здатності стінових конструкцій та конструкцій перекриття на дію еквівалентних статичних (від динамічних впливів техногенного характеру) навантажень необхідно виконати їхнє підсилення за допомогою влаштування додаткових вертикальних конструкцій із монолітного залізобетону паралельно наявним та додаткової монолітної залізобетонної плити по плитам чи додаткової розвантажувальної підпірної сталезалізобетонної рами, наприклад, згідно із вказівками [17].

Висновки

Аналіз результатів натурного обстеження, архітектурно-планувальних рішень і систем життєзабезпечення, виконання перевірок міцності основних несучих конструкцій, а також визначення коефіцієнта послаблення іонізуючого випромінювання цих конструкцій конкретної захисної споруди – протирадіаційного укриття, розташованого в підвальному приміщенні освітньої будівлі – під час планування робіт з її капітального ремонту показав, що споруда не забезпечує вимоги ДБН В.2.25:2023 [2] і не може бути класифікована як протирадіаційне укриття групи П-2 без конструктивних і інженерних доопрацювань. На підставі проведеної роботи органи місцевого самоврядування, балансоутримувачі та проєктанти можуть ідентифікувати «вузькі місця» протирадіаційних укриттів, влаштованих у типових підвальних приміщеннях, і обґрунтовано планувати в межах їх капітальних ремонтів перелік робіт з підсилення конструкцій і комплектації інженерних систем до утворення нормативної відповід-

ності. Тому наведене у статті дослідження має як науковий, так і прикладний характер, оскільки наведений матеріал може слугувати підґрунтям для розроблення проєкту капітального ремонту з введення у відповідність сучасним нормативним вимогам згідно з ДБН В.2.2-5:2023 [2] об'ємно-планувальних рішень і підсилення несучих будівельних конструкцій захисних споруд.

Стаття підготовлена в межах науково-технічної роботи №0125U000895 «Ресурсощадні технології прискореного відновлення пошкоджених будівель із влаштуванням захисних споруд цивільного захисту», яка фінансується за кошти держбюджету України.

Список використаної літератури

- Бібік Т. В., Борзенков В. В., Остапенко І. А. Захищеність ядерних установок та збройні конфлікти: уроки України. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2025. № 1(105). С. 62–69. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).07).
- ДБН В.2.2-5:2023. Захисні споруди цивільного захисту. Київ: Мінінфраструктури України. 2023.
- Hasenko A. V., Hasenko L. V., Slon V. V., Dariienko V. V. Identifying the need for civil protection shelters in existing residential areas. *Таврійський науковий вісник. Серія: Технічні науки*. 2025. № 1. С. 551–559. URL: <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.57>.
- Рижов Д. І., Єган С. М., Шугайло О. П. Про сучасні вимоги до оцінки безпеки атомних станцій щодо зовнішніх впливів природного характеру. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2023. № 2(98). С. 4–15. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).01](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).01).
- Кухоцький О. В., Лігоцький О. І., Шугайло О. П., Шепітчак А. В. Нормативно-правова база з ядерної та радіаційної безпеки для дослідницьких ядерних установок – стан, перспективи та підходи до гармонізації. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2023. № 4(100). С. 12–24. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.4\(100\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.4(100).02).
- Беліков А. С., Налисько М. М., Подкопаєв С. В., Шибя О. В., Журбенко В. М. Використання захисних модульних споруд та захист населення в умовах воєнного стану на території України. *Український журнал будівництва та архітектури*. 2025. № 2(026). С. 7–17. URL: <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.07.1138>.
- Gu M., Wang H., Chen G., Yu A., Dang W., Ling X. Experimental and numerical study on explosion resistance of polyurea-coated shelter in petrochemical industry. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14. 20643. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71339-w>.
- Anas S. M., Alam M., Umair M. Reinforced cement concrete (RCC) shelter and prediction of its blast loads capacity. *Materials Today: Proceedings*. 2023. Vol. 74. P. 547–568. URL: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.125>.

9. Романенко І. М., Трофименко О. Р., Носовський А. В. Дослідження різних видів бетонів для біологічного захисту контейнерів HI-STORM від фотонного випромінювання. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2023. №2(98). С. 44–52. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).04).
10. Shugaylo O., Bilyk S. Research of the Stress-Strain State for Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Components under Seismic Loads. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2022. № 3(95). С. 15–26. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3\(95\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3(95).02).
11. Шугайло О. П., Білик С. І. Розвиток методів оцінки безпеки сталевих опорних конструкцій обладнання і трубопроводів енергоблоків атомних станцій за сейсмічних навантажень. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2023. № 1(97). С. 20–29. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).03](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).03).
12. Іванченко Г. М., Гетун Г. В., Безклубенко І. С., Соломін А. В., Постернак О. М. Вплив вибухових навантажень на будівлі та споруди цивільного захисту населення. *Опір матеріалів і теорія споруд*. 2023. № 111. С. 39–48. URL: <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.39-48>.
13. Taoka M., Kudo R., Yamada R., Omori Y., Tanaka K., Hosoda M., Tokonami S. Structure shielding of school and gymnasium buildings against fallout gamma radiation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2024. Vol. 288. 117394. URL: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117394>.
14. Дзеджула В. В. Особливості влаштування вентиляції в захисних спорудах цивільного захисту. *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. 2023. Т. 35. № 2. С. 185–189. URL: <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-185-189>.
15. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. На заміну ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016 ; чинний від 2024-09-01. 78 с.
16. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. На заміну СНиП 2.03.01-84 ; чинний від 2011-06-01. Вид. офіц. Київ. 68 с.
17. Semko O. V., Hasenko A. V. Classification of self-stressed steel-concrete composite structures. *Lecture Notes in Civil Engineering*. 2022. Vol. 181. P. 367–374. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_34.
3. Hasenko, A. V., Hasenko, L. V., Slon, V. V., & Dariienko, V. V. (2025). Identifying the Need for Civil Protection Shelters in Existing Residential Areas. *Tavria Scientific Bulletin. Series: Technical Sciences*, 1, 551–559. <https://doi.org/10.32782/tnv-tech.2025.1.57>.
4. Ryzhov, D., Yehan, S., & Shugailo, O. (2023). On State-of-the-Art Requirements for NPP Safety Assessment Regarding External Natural Hazards. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(98), 4–15. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).01](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).01).
5. Kukhotskyi, O., Ligotskyi, O., Shugailo, O.-i., & Shepichak, A. (2023). Regulatory Framework on Nuclear and Radiation Safety for Research Nuclear Installations – Status, Prospects and Approaches to Harmonization. *Nuclear and Radiation Safety*, 4(100), 12–24. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.4\(100\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.4(100).02).
6. Bielikov, A., Nalysko, M., Podkopaev, S., Shiba, O., & Zhurbenko, V. (2025). Protective Module Buildings for Public Safety in Conditions of Martial Law in Ukraine. *Ukrainian Journal of Civil Engineering and Architecture*, 2(26), 7–17. <https://doi.org/10.30838/UJCEA.2312.270425.07.1138>.
7. Gu, M., Wang, H., Chen, G., Yu, A., Dang, W., & Ling, X. (2024). Experimental and Numerical Study on Explosion Resistance of Polyurea-Coated Shelter in Petrochemical Industry. *Scientific Reports*, 14, 20643. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-71339-w>.
8. Anas, S. M., Alam, M., & Umair, M. (2023). Reinforced Cement Concrete (RCC) Shelter and Prediction of its Blast Loads Capacity. *Materials Today: Proceedings*, 74, 547–568. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.09.125>.
9. Romanenko, I., Trofymenko, O., & Nosovskyi, A. (2023). Research of Different Concrete Types for Biological Protection of HI-STORM Casks against Photon Radiation. *Nuclear and Radiation Safety*, 2(98), 44–52. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2\(98\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.2(98).04).
10. Shugaylo, O., & Bilyk, S. (2022). Research of the Stress-Strain State for Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Components under Seismic Loads. *Nuclear and Radiation Safety*, 3(95), 15–26. [https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3\(95\).02](https://doi.org/10.32918/nrs.2022.3(95).02).
11. Shugaylo, O.-r., & Bilyk, S. (2023). Development of Safety Assessment Methods for Steel Support Structures of Nuclear Power Plant Equipment and Piping under Seismic Loads. *Nuclear and Radiation Safety*, 1(97), 20–29. [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).03](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).03).
12. Ivanchenko, H., Hetun, H., Bezklubenko, I., Solomin, A., & Posternak, O. (2023). Influence of Explosive Loads on Buildings and Structures of the Population Civil Protection. *Strength of Materials and Theory of Structures*, 111, 39–48. <https://doi.org/10.32347/2410-2547.2023.111.39-48>.
13. Taoka, M., Kudo, R., Yamada, R., Omori, Y., Tanaka, K., Hosoda, M., & Tokonami, S. (2024). Structure Shielding of School and Gymnasium Buildings Against Fallout Gamma Radiation from the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 288, 117394. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.117394>.
14. Dzhezdzhula, V. (2023). Ventilation Arrangement Features in Civil Defense Protective Structures. *Modern Technologies, Materials and Structures in Construction*, 35(2), 185–189. <https://doi.org/10.31649/2311-1429-2023-2-185-189>.

References

1. Bibik, T., Borzenkov, V., & Ostapenko, I. (2025). Nuclear Security and Armed Conflict: Lessons from Ukraine. *Nuclear and Radiation Safety*, 1(105), 62–69. [https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1\(105\).07](https://doi.org/10.32918/nrs.2025.1(105).07).
2. Ministry for Development of Communities and Territories of Ukraine. (2023). Civil Defense Protective Structures (DBN V.2.2-5:2023). [in Ukrainian].

15. SE "UkrNDNC". (2024). *Guidelines for the Inspection of Buildings and Structures for Determining and Assessing Their Technical Condition. Mechanical Resistance and Stability (DSTU 9273:2024)*. [in Ukrainian].

16. Ministry for Regional Development and Construction of Ukraine. (2011). *Concrete and Reinforced Concrete Structures: General Provisions (DBN V.2.6-98:2009)*. [in Ukrainian].

17. Semko, O., & Hasenko, A. (2022). Classification of Self-Stressed Steel-Concrete Composite Structures. *Lect. Notes in Civil Eng.*, 181, 367–374.

Assessment of the Technical Condition of the Protective Structure to Determine its Conformity to Radiation Shelter

A. Hasenko, D. Ovsii, P. Semko, D. Usenko

National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava, Ukraine

Nuclear safety is one of the priority areas for any country. The conditions of a full-scale war in Ukraine have sharply highlighted the issue of the real protective capacity of shelters, which are widely equipped in basements and ground-level spaces without proper verification of compliance with the properties of civil defense protective structures, including radiation shelters. In addition, even existing radiation shelters were built in the last century and require revision of compliance with modern regulatory requirements for load-bearing capacity and attenuation of radiation. The activities on a specific facility show how a systematic technical assessment

allows one to establish the actual compliance / non-compliance of the basement of a building with the features of a radiation shelter according to DBN V.2.2-5:2023. The assessment methodology included a field survey, analysis of spatial planning solutions and engineering systems, verification calculations of the load-bearing capacity of the main structures, and calculated radiation attenuation factor. The results revealed a number of critical inconsistencies: lack of mechanical ventilation, protective doors and emergency exits; shortage of space in main rooms, required auxiliary rooms, and sanitary and hygienic equipment; laying of networks without protective cases. According to calculations, the load-bearing capacity of the floor slabs and walls is insufficient for the full equivalent load by 22 times and 1.5 times, respectively. The calculated radiation attenuation factor is hundreds of times lower than the rated one. Even after the initial measures, the indicator remains 8-20 times less than the requirement. The practical significance of the effort lies in the demonstration of conducting inspections, which allows local governments, balance keepers and designers to identify "bottlenecks" of typical basement shelters and reasonably plan the reinforcement of structures and equipment of engineering systems to achieve regulatory compliance.

Keywords: radiation shelter, technical condition, load-bearing capacity, radiation.

Отримано 02.10.2025