

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівництва та експлуатації будівель, доріг та транспортних споруд

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри
_____ Савченко О.С.

«___»_____2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження та оптимізація ефективних конструктивних рішень будівель та споруд, їх елементів»

Виконав (ла)	_____	А.Д. Ткаченко
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)
Група		БУД 2401-1м
(Науковий) керівник	_____	О.П.Новицький
	(підпис)	(Прізвище, ініціали)

Суми – 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: будівельних конструкцій

Спеціальність: 192 "Будівництво та цивільна інженерія"

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ткаченко Анастасії Дмитрівни

Тема роботи: Дослідження та оптимізація ефективних конструктивних рішень будівель та споруд, їх елементів

Затверджено наказом по університету № 34/ОС від " 07 " січня 2025р.
Строк здачі студентом закінченої роботи: " ____ " грудня 2025 р.

Вихідні дані до роботи:

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

5. Перелік графічного та або мультимедійного матеріалу (з вказівкою обов'язкових креслень)

Керівник :

О.П.Новицький

(Прізвище, ініціали)

Завдання прийняв до виконання:

Здобувач

А.Д. Ткаченко

(Прізвище, ініціали)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу за освітнім ступенем магістр

ОПП Будівництво та цивільна інженерія

Здобувач вищої освіти :

Ткаченко Анастасія Дмитрівна

Тема роботи:

Дослідження та оптимізація ефективних конструктивних рішень будівель та споруд, їх елементів

Об'єм роботи:

кількість листів креслень/презентації _____

сторінок пояснювальної записки _____

Висновок про ступінь виконання роботи завданню (потрібне підкреслити):

у цілому зміст роботи розкритий недостатньо / частково / повністю;

робота відповідає / частково відповідає/не відповідає вимогам змісту робіт

Характеристика виконання кваліфікаційної роботи, переваги роботи

(ступінь використання здобувачем останніх досягнень будівельної галузі, використання програмних комплексів, репрезентативність роботи, тощо)

Найбільш суттєві зауваження / недоліки роботи: (за наявності з посиланням на відповідні розділи/сторінки)

Загальний висновок з роботи (потрібне підкреслити):

Автор кваліфікаційної роботи заслуговує на оцінку незадовільно/ задовільно/
добре / відмінно, та заслуговує/ не заслуговує присвоєння кваліфікації бакалавр
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія

Рецензент: _____

(підпис)

(посада)

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. Розділ 1. Загальна характеристика роботи
2. Розділ 2. Архітектурно-планувальні та конструктивні рішення:
 - 2.1 Особливості розташування та генеральний план;
 - 2.2 Об'ємно-планувальні рішення;
 - 2.3 Конструктивні рішення;
 - 2.4 Внутрішнє і зовнішнє оздоблення;
 - 2.5 Інженерно-технічне обладнання.;
 - 2.6 Експлуатаційна надійність споруди;
 - 2.7 Благоустрій та озеленення території;
 - 2.8 Контроль якості будівельно-монтажних робіт;
 - 2.9 Організаційні заходи з експлуатації укриття;
3. Розділ 3. Методика та результати досліджень:
 - 3.1 Загальні положення та постановка задачі;
 - 3.2 Обґрунтування вибору фібробетону:
 - 3.2.1 Загальна характеристика фібробетону;
 - 3.2.2 Характеристики поліпропіленової макрофібри;
 - 3.2.3 Переваги використання фібробетону;
 - 3.3 . Моделювання плити перекриття в програмному комплексі ЛІРА-САПР:
 - 3.3.1 Мета та принципи побудови розрахункової моделі;
 - 3.3.2 Особливості моделювання фібробетону;
 - 3.3.3 Завантаження;
 - 3.4 . Аналіз напружено-деформованого стану;
 - 3.5 . Армування: розрахунок, аналіз і прийняте рішення;

Висновки

Список використаних джерел

Додаток А

Додаток Б

Додаток В

Додаток Г

Вступ

Становлення сучасного будівництва супроводжується поступовим переходом від емпіричних підходів до проектування до систем, що ґрунтуються на комплексному аналізі роботи конструкцій. Сьогодні розроблення будівельних елементів передбачає не лише визначення їх несучої здатності, але й оцінку взаємодії низки чинників, які впливають на їхню роботу протягом усього терміну експлуатації. Такий підхід потребує глибшого дослідження механізмів деформування та руйнування конструкцій, а також пошуку шляхів удосконалення їх параметрів.

У сучасній інженерній практиці значну роль відіграють методи прогнозування поведінки елементів під впливом різноспрямованих навантажень. Вони дозволяють аналізувати реальні умови роботи конструкцій, враховуючи геометричні особливості, можливі неоднорідності матеріалів та складність силових схем. Завдяки цьому проєктувальники отримують можливість оцінювати роботу конструктивних систем більш точно, ніж це можливо за традиційними розрахунковими підходами.

Разом із цим важливого значення набуває дослідження впливу матеріальних характеристик на роботу конструктивних елементів. Зміни у складі матеріалу або структурі елемента можуть суттєво змінювати характер його напруженого стану, а отже — впливати на загальну надійність системи. Порівняння різних підходів до формування конструкцій дає змогу визначити, які саме рішення забезпечують найкраще співвідношення між міцністю, довговічністю та технологічністю.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Оптимізація конструктивних рішень будівель і споруд є одним із головних напрямів сучасної інженерної науки та практики. В умовах зростання вимог до безпеки, надійності, довговічності та економічності будівництва особливого значення набуває удосконалення елементів будівель шляхом впровадження раціональних схем роботи та нових матеріалів.

Використання фібробетонів у будівельних конструкціях є перспективним напрямом оптимізації, оскільки вони здатні забезпечити підвищену тріщиностійкість, стійкість до ударних та динамічних навантажень, збільшення залишкової несучої здатності та покращення енергопоглинання конструкцій. Це особливо важливо для захисних споруд, де конструктивні елементи мають працювати в екстремальних умовах.

Практична актуальність дослідження визначається необхідністю:

- підвищення ефективності конструктивних рішень у будівлях та спорудах різного призначення;
- використання сучасних числових методів (МСК) для оптимізації елементів конструкцій;
- впровадження інноваційних матеріалів, що забезпечують кращі експлуатаційні властивості;
- вдосконалення конструкцій ПРУ і споруд цивільного захисту;
- зменшення матеріалоємності та вартості будівництва без зниження рівня безпеки.

Наукова актуальність полягає у необхідності розроблення підходів до оптимізації конструктивних елементів із застосуванням фібробетону та оцінки їх ефективності на основі розрахункових моделей.

У межах даної магістерської роботи дослідження спрямоване не лише на теоретичний аналіз властивостей фібробетону, а й на глибоке інженерне опрацювання конкретного конструктивного елемента реальної захисної споруди. Робота виконана на базі протирадіаційного укриття, яке розглядається як об'єкт

підвищеної відповідальності, що функціонує в умовах дії як статичних, так і можливих динамічних та аварійних навантажень.

Особливістю даної роботи є те, що об'єкт дослідження має не умовний, а реальний характер, оскільки укриття перебуває у стадії практичної реалізації. Це дозволило виконати аналіз не лише за проєктними матеріалами, а й з урахуванням фактичних умов будівництва, що суттєво підвищує прикладну цінність отриманих результатів. У роботі використано реальні габаритні характеристики споруди, конструктивну схему, типові вузли, а також реальні експлуатаційні та аварійні навантаження.

Протирадіаційні укриття, як об'єкти цивільного захисту, мають суттєві відмінності від звичайних цивільних будівель. До них висуваються жорсткі вимоги щодо:

- несучої здатності конструкцій;
- просторової жорсткості;
- тріщиностійкості;
- герметичності;
- стійкості до дії ударних хвиль;
- можливості автономної експлуатації.

Саме тому вибір плити перекриття як основного елемента для оптимізації є обґрунтованим. Плита перекриття в ПРУ сприймає дію маси ґрунтового засипання, власної ваги, корисних навантажень, а також додаткових аварійних впливів. Таким чином, цей елемент працює в найбільш напруженому режимі, а його оптимізація дає максимальний техніко-економічний ефект.

У роботі фібробетон розглядається не як допоміжний матеріал, а як повноцінна альтернатива традиційним залізобетонним рішенням. Аналізується його роль у формуванні напружено-деформованого стану конструкції, тріщиностійкості, жорсткості та залишкової несучої здатності. Особлива увага приділяється роботі поліпропіленової макрофібри як елемента дисперсного армування, що забезпечує ефективний перерозподіл напружень у зоні тріщиноутворення.

Важливим аспектом роботи є застосування сучасних числових методів розрахунку. Усі основні дослідження виконані з використанням методу скінченних елементів у програмному комплексі ЛПРА-САПР. Це дозволило:

- змодельовати реальну просторову роботу плити;
- отримати поля переміщень, напружень і моментів;
- оцінити концентрації напружень;
- провести коректне порівняння двох варіантів конструктивного рішення.

Робота має чітко сформовану логіку побудови:

- на першому етапі виконується аналіз сучасних конструктивних рішень та матеріалів;
- на другому — формується модель реального об'єкта;
- на третьому — виконується числове моделювання та розрахунок;
- на четвертому — проводиться оптимізація конструктивного рішення;
- на п'ятому — здійснюється техніко-економічне порівняння.

Такий підхід дозволяє забезпечити не фрагментарний, а комплексний характер дослідження.

Суттєвим елементом роботи є також аналіз фактичних інженерних рішень, що реалізуються на будівельному майданчику. Зокрема, у ході виконання переддипломної практики були зафіксовані зміни в проєктних рішеннях, у тому числі у виборі матеріалів гідроізоляції. Це дозволило не лише порівняти проєктні та реалізовані рішення, а й зробити обґрунтовані висновки щодо їх економічної та експлуатаційної доцільності.

Отже, дана магістерська робота поєднує в собі:

- теоретичний аналіз сучасних матеріалів;
- інженерні розрахунки із застосуванням ПК ЛПРА-САПР;
- дослідження реального об'єкта цивільного захисту;
- оптимізацію конструктивного елемента;
- техніко-економічне обґрунтування запропонованого рішення.

Саме така сукупність чинників дозволяє розглядати виконане дослідження як інженерну роботу прикладного характеру, орієнтовану на реальні умови проєктування та будівництва.

Мета і завдання дослідження

Мета: дослідження та оптимізація конструктивних рішень будівель і споруд шляхом застосування сучасних матеріалів та числового моделювання на прикладі протирадіаційного укриття.

Основні завдання:

1. Виконати аналіз сучасних підходів до проєктування несучих конструкцій, включаючи огляд нормативних вимог, матеріалів і конструктивних рішень, які застосовуються в цивільному будівництві.
2. Описати архітектурні та конструктивні рішення обраного об'єкта дослідження — протирадіаційного укриття.
3. Дослідити властивості фібробетону та можливості його застосування у конструкціях.
4. Побудувати числову модель плити перекриття з урахуванням властивостей фібробетону та виконати розрахунок у ПК ЛІРА-САПР.
5. Проаналізувати результати та встановити ефективність оптимізованого конструктивного рішення.
6. Сформулювати рекомендації щодо застосування оптимізованих конструкцій у будівельній практиці.

Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження: процес оптимізації конструктивних рішень будівель і споруд з урахуванням вимог надійності, безпеки та матеріалоефективності.

Предмет дослідження: оптимізація та підвищення ефективності конструктивного рішення плити перекриття ПРУ з використанням фібробетону.

Методи дослідження

У роботі використано такі методи:

1. Аналітичний метод — для аналізу наукових публікацій, нормативних документів та існуючих конструктивних рішень плит перекриття та захисних споруд.
2. Метод порівняльного аналізу — для оцінювання ефективності різних матеріалів і конструктивних варіантів, зокрема традиційного бетону та фібробетону.

3. Метод скінченних елементів (МСК) — для числового моделювання напружено-деформованого стану плити перекриття ПРУ в програмному комплексі ЛПРА-САПР.

4. Метод оптимізаційного аналізу — для визначення раціональних параметрів конструктивного рішення (товщини, схеми армування, властивостей матеріалу) з використанням критеріїв міцності, жорсткості та матеріалоемності.

5. Метод економіко-кошторисного аналізу — для визначення матеріальних витрат та порівняння вартості конструктивних рішень.

Наукова новизна

Наукова новизна магістерської роботи полягає у розвитку підходів до оптимізації конструктивних елементів будівель і споруд шляхом застосування сучасних матеріалів та удосконалених розрахункових моделей. У роботі запропоновано інженерну методику підвищення ефективності плоских залізобетонних конструкцій на прикладі плити перекриття протирадіаційного укриття з використанням фібробетону. Особливістю проведеного дослідження є комплексне врахування роботи фібробетону, що дозволило оцінити його вплив на напружено-деформований стан та жорсткісні характеристики елемента у порівнянні з традиційними рішеннями.

Практичне значення

Практичне значення одержаних результатів полягає у можливості їх безпосереднього застосування під час проектування та оптимізації конструктивних елементів будівель і споруд, зокрема об'єктів цивільного захисту. На основі проведених досліджень сформовано рекомендації щодо раціонального використання фібробетону для плит перекриття, що дозволяє підвищити їх тріщиностійкість, жорсткість та експлуатаційну надійність без суттєвого збільшення матеріальних витрат. Отримані результати можуть бути використані проектними організаціями при розробленні як нових протирадіаційних укриттів, так і при модернізації існуючих конструкцій.

Апробація та структура роботи

Результати магістерської роботи пройшли апробацію та були опубліковані у вигляді двох тез доповідей у матеріалах «5th International Scientific and Practical Conference “Research in Science, Technology and Economics” (10–12 грудня 2025 р., м. Люксембург, Люксембург)».

РОЗДІЛ 2

АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ ТА КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ

2.1. Особливості розташування та генеральний план



Рисунок 2.1. Візуалізація об'єкту

Проектована захисна споруда належить до категорії протирадіаційних укриттів (ПРУ) і розміщується як вбудована підземна будівля на території навчального закладу. Укриття виконує функцію захисту населення від небезпечних факторів надзвичайних ситуацій, зокрема від радіаційного забруднення, уламкових уражень та впливу повітряної ударної хвилі. При формуванні архітектурно-конструктивного рішення було враховано вимоги [1], які визначають мінімальні параметри міцності, стійкості, герметичності та функціональної організації приміщень.

Споруда має компактні габарити — близько $26,35 \text{ м} \times 35,3 \text{ м}$ — і повністю заглиблена у ґрунт, що значно підвищує її захисні властивості. Конструктивна схема представлена монолітною коробчастою системою зі стінами товщиною 300–350 мм, внутрішніми діафрагмами жорсткості та масивною плитою перекриття. Усі основні конструкції виконуються з важкого монолітного бетону з обов'язковою гідроізоляцією, що обумовлено специфікою підземного

розміщення. Така схема забезпечує рівномірне розподілення навантажень, високу жорсткість та стійкість споруди до дії динамічних впливів.

Проект відповідає класу наслідків СС2 (розрахунок наведено в ДОДАТКУ А), що визначає підвищені вимоги до надійності елементів, коефіцієнт захисту (K_z) – 1000 (розрахунок наведено в ДОДАТКУ Б). Запроєктований термін експлуатації споруди — 100 років.

Споруда призначена для укриття визначеної кількості людей – 200 осіб, протягом нормативного часу перебування. Об'ємно-планувальна структура забезпечує можливість автономної роботи ПРУ у випадку втрати зовнішніх мереж, включаючи наявність власних систем вентиляції, водопостачання, електроживлення та санітарно-гігієнічного вузла.

Захисна споруда знаходиться в межах території навчального комплексу, у безпосередній близькості до основних будівель, що дозволяє забезпечити швидкий доступ до укриття у випадку оголошення сигналу тривоги. Вбудоване розміщення у підземному рівні дозволило раціонально використати існуючий простір, не порушуючи загальної композиції території та не збільшуючи площу забудови.

Розміщення входів і виходів було визначено з урахуванням вимог щодо безпечного руху людей та нормативної кількості евакуаційних шляхів. Вхідна група передбачає наявність тамбур-шлюзу, який виконує роль бар'єру між зовнішнім середовищем та внутрішнім простором ПРУ, зменшуючи можливість проникнення забрудненого повітря. Підходи до укриття забезпечені вільними проходами без перешкод, що відповідає вимогам доступності. На генеральному плані відображено прив'язку споруди до існуючих інженерних мереж та рельєфу місцевості, що важливо для забезпечення належного водовідведення та гідроізоляції конструкцій.

Табл. 2.1. Основні ТЕП по генплану

№ п/п	Показники	Одиниці виміру	Величини в один. вим.
1	2	3	4
1	Площа земельної ділянки	Га	1.1039
2	Площа забудови	м ²	103
3	Площа проїздів та майданчиків, що проектується	м ²	451
4	Площа тротуарів та доріжок, що проектується	м ²	78
5	Площа озеленення, що проектується	м ²	1638

2.2. Об'ємно-планувальні рішення

Планувальна структура укриття розроблена відповідно до принципів функціонального зонування, що регламентуються у [1]. Основний об'єм споруди становить зал укриття, у якому розміщується більшість людей. Це приміщення має простору форму, оптимальне співвідношення ширини та довжини, а також достатню висоту для забезпечення комфортного перебування. Площа залу визначена виходячи з норми мінімальної площі на одну особу, що враховує можливість розміщення сидячих місць, переходів та місць для зберігання необхідного майна.

До складу укриття також входять допоміжні приміщення: тамбур-шлюз, санітарний вузол, приміщення для чергового або відповідальної особи, комора для інвентарю та технічний вузол, де розміщується обладнання системи вентиляції. Тамбур-шлюз виконує захисну функцію, запобігаючи проникненню пилу, отруйних речовин або забрудненого зовнішнього повітря у момент відкриття входних дверей. Приміщення санітарного вузла обладнується мінімальним набором сантехнічних приладів і забезпечується автономною системою водовідведення. Приміщення чергового призначене для зберігання документації, засобів зв'язку та керування інженерними системами ПРУ.

2.3. Конструктивні рішення

Підземна споруда цивільного захисту заглиблена від рівня землі на приблизно 2,2–2,3 м. Конструктивна схема передбачає монолітний залізобетонний каркас, жорсткість якого забезпечують стіни-діафрагми завтовшки 300–350 мм. Така конструктивна схема дозволяє забезпечити високий рівень міцності та тріщиностійкості, а також рівномірний перерозподіл навантажень між елементами споруди. Основні несучі конструкції працюють у комплексі, утворюючи замкнутий силовий контур, здатний протистояти тиску ґрунту та динамічним впливам,

Фундамент

Фундамент являє собою суцільну монолітну залізобетонну плиту товщиною 500 мм з бетону класу C25/30, що охоплює весь контур підземної частини укриття. Такий тип фундаменту забезпечує рівномірну передачу навантаження на основу та високу жорсткість конструкції, що є критично важливим для підземних споруд, які працюють в умовах:

- горизонтального та вертикального тиску ґрунту;
- можливого підняття ґрунтових вод;
- дії імпульсних навантажень від ударної хвилі;
- нерівномірних локальних зусиль від масивних залізобетонних стін.

Плитний фундамент проектується на всю площу споруди, утворюючи жорстку підшву, разом зі стінами формуючи коробчасту просторову систему. Він відповідає вимогам [2] та [1] та є найбільш доцільним до використання для підземних укриттів такого типу.

Плита перекриття

Плита перекриття є ключовим елементом конструктивної системи, оскільки вона сприймає навантаження від ґрунтового масиву, власної ваги та можливих динамічних впливів. Проектом передбачено виконання плити з монолітного бетону класу C25/30 товщиною 400 мм. Конструкція плити включає три шари арматурних сіток Ø12 мм з кроком 150 мм, які виконують протиуламкову функцію та забезпечують рівномірний розподіл напружень по товщині елемента. У місцях підвищених згинальних моментів передбачено додаткове армування

арматурою більших діаметрів. Плита працює сумісно зі стінами, створюючи замкнену коробчасту конструкцію, що забезпечує високу тривкість до зовнішніх навантажень.

Стіни та перегородки

Зовнішні стіни укриття виконані з монолітного залізобетону класу C25/30, що гарантує необхідну міцність і стійкість під час експлуатації. Товщина стін визначена відповідно до вимог щодо захисних властивостей огорожувальних конструкцій та завдань, які має виконувати ПРУ. Армування стін передбачає наявність двох робочих сіток арматури, розташованих у зовнішній та внутрішній зонах. Сітки з'єднані між собою хомутами та перемичками, які забезпечують просторову роботу конструкцій. Захисний шар бетону витримано згідно з вимогами [3], що забезпечує корозійну стійкість арматури та довговічність елемента.

Внутрішні перегородки виконуються з повнотілої керамічної цегли марки М150 на розчині М100. Сходові клітки — монолітні, залізобетонні. Надбудова над евакуаційним виходом також споруджується з монолітного залізобетону.

Табл. 2.2. Специфікація стін та перегородок

Позначення	Найменування	Кіл.	Маса, од., кг	Примітка
Цегла керамічна М150, 250х120х65мм з розшивкою швів на цементно-піщаному р-ні М100	Стіна $\delta=250\text{мм}$	19		м ³
ДСТУ Б В.2.6-173:2011	Сітка $\varnothing 4\text{Вр1}$, чар.50х50 шир.200мм для цегл. перегородки $\delta=250\text{мм}$	110	0,85	п.м.
ДСТУ 3760:2019	$\varnothing 6\text{A400C L}=670\text{мм}$	42	0,149	
ДСТУ 3436-96	[30, $\ell=150\text{мм}$, крок 1200мм	24	4,77	
	Дюбель hps-1 6/5х30	24		
	Монтажна піна вознесіюка, V=750мл	123		
	Матеріали к Виду А:			
ДСТУ 3436-96	[30, $\ell=3000\text{мм}$	3	95,4	286,2кг
ДСТУ 3436-96	[30, $\ell=3500\text{мм}$	1	111,3	різати за місцем
ДСТУ 8540-2015	-8х250, $\ell=450\text{мм}$	3	7,06	21,18кг
	Дюбель hps-1 6/5х30	14		
	Монтажна піна вознесіюка, V=750мл	57		

Двері

Дверні блоки передбачені металеві: захисно-герметичні — на входах до приміщень укриття; внутрішні — з ПВХ-профілю, а також протипожежні для технічних зон. Ширина дверних прорізів у чистоті становить не менше 900 мм.

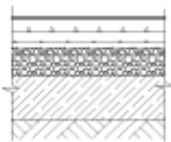
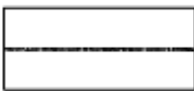
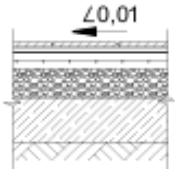
Табл. 2.3. Специфікація елементів заповнення дверних прорізів

Марка поз.	Позначення	Найменування	Кількість на поверх			Примітка
			на від. -5,400; -2,700	на від. 0,000	Всього	
		Дверні блоки зовнішні металеві з порошковим фарбуванням, утеплені, з порогом не більш 20мм, з ущільненням в притулах, з пристроями для самозачинення, замок-ключ барашек, ручки нажимні				див. п.п. 1, 2, 4
ДЗМ-1	Індивідуального виготовлення ТУ У 25.1-38587375-001:2016 (ЕІ 60)	Дверний блок одностулковий, ДЗ 18-10 проріз 1000х1800h		1*	1	Замок ключ-засувка
ДЗМ-2		Дверний блок одностулковий, лівий, ДЗ 21-10 проріз 1100х2100h	1		1	без замка
ДЗМ-3		Дверний блок одностулковий, ДЗ 21-12 проріз 1200х2100h	2	1*	3	замок тільки на позн. 0,000
ДЗМ-4		Дверний блок одностулковий, лівий, ДЗ 21-12 проріз 1200х2100h		2	2	замок тільки на позн. 0,000
		Дверні блоки захисні, герметичні, металеві з посиленням, глухі з ущільненням в притулах. Комплектація: спеціальна рама, посилені пелі, ручки, механізм закривання з рукоятками з обох боків				див. п.п.7
ДЗ-1	ТОВ «ВЕСЬ МИР БРОНЕДВЕРЕЙ» www.dveri.com.ua Індивідуального виготовлення ТУ У 25.1-38587375-001:2016 (ЕІ 60)	Дверний блок одностулковий, лівий, ДГ 21-10 проріз 1000х2100h	1		1	
ДЗ-2		Дверний блок одностулковий, лівий, ДГ 21-11 проріз 1100х2100h	1		1	
ДЗ-3		Дверний блок одностулковий, ДГ 21-12 проріз 1200х2100h	1		1	
		Дверні блоки внутрішні металеві протипожежні, глухі, з порошковим фарбуванням, з ущільненням в притулах, з пристроями для самозачинення, замок "ключ-барашек",				Межа вогнестійкості ЕІ 30 див. п.п.1,3
ДП-1	ООО "ЛІБРА ЗЕТ" тел: 067-639-22-82	Дверний блок одностулковий, ДП 21-10 проріз 1000х2100h	1		1	з порогом 20мм
ДП-2		Дверний блок одностулковий, лівий, ДП 21-10 проріз 1000х2100h	3		3	з порогом 20мм
ДП-3		Дверний блок одностулковий, лівий, ДП 21-12 проріз 1200х2100h	2		2	без ключа, з білою фарбою порогом
ДП-4		Дверний блок одностулковий, лівий, ДП 21-11 проріз 1100х2100h	3		3	з порогом 20мм
		Дверні блоки внутрішні, металопластикові, глухі, без порога, з ущільненням в притулах, замок-ключ барашек, ручки нажимні				див. п.п.1
ДВ-1		Дверний блок одностулковий, ДГ 21-12 проріз 1200х2100h	1		1	
ДВ-2		Дверний блок одностулковий, лівий, ДГ 21-12 проріз 1200х2100h	1		1	
ДВ-3		Дверний блок одностулковий, ДГ 21-10 проріз 1100х2100h	2		2	без замка
ДВ-4		Дверний блок одностулковий, лівий, ДГ 21-11 проріз 1100х2100h	1		1	без замка
		Дверні блоки внутрішні металеві, порошковим фарбуванням, глухі, з ущільненням в притулах, з замком				див. п.п.1
ДМ-1		Дверний блок одностулковий, ДМ 21-10 проріз 1000х2100h	1		1	
ДМ-2		Дверний блок одностулковий, лівий, ДМ 21-11 проріз 1100х2100h	1		1	
		Дверний блок герметичний утеплений (для форкамери)				
ДУС-1	Серія 5.904-4	Дверний блок Дус 1,25х0,5 на проріз 505х1255*(h) низ на відм. -5,100	2		2	

Підлоги

Улаштування підлог є ключовим етапом у процесі будівництва, адже воно впливає не лише на комфорт і зовнішній вигляд приміщення, а й визначає його практичність та тривалу експлуатацію. Основою підлоги слугує полістиролбетонна стяжка товщиною 220 мм, що дає змогу розміщувати інженерні комунікації.

Табл. 2.4. специфікація стін та перегородок

Назва або номер приміщення	Тип підлоги за проект.	Схема підлоги або номер вузла за серією	Елементи підлоги та їх товщина	Площа підлоги, м ²
001; 002; 004-012; 014; 015; 023-029; 031	1		Захисне покриття - фарба Siltec Beton Pro -3шари (витрата на 1 шар 1,4л/м ²) кольорована на базі FA (RAL 7044) Грунтування Siltec Universal E-100 тонким шаром (витрата 0,1л/1м ²) для зняття пилу (або обезпилити); Шліфування поверхні; Покриття - бетон кл. C20/25 армов. сіткою з арм. Ø10 A400C, чар. 200x200 - 80 мм; Підстиляючий шар - полістиролбетон D=350 кг/м ³ - 220 мм; Основа - монолітна з/б плита див. КБ	649,0
			Модульне покриття Килимок-пазл для дітей EVA ЛАСТІВЧИН ХВІСТ TATAMI 1000*1000*20 мм ПОКРИТТЯ ДЛЯ КИМНАТ Код: KT 0068 https://evolution-sport.com.ua (12м ² - 2шт, 6м ² - 2шт)	36,0
016; 017; 018; 019; 020; 021; 022	2	 Плінтус керамогранітний h=300мм 90 п.м	Затирання швів - CERESIT CE40 ; Покриття - плитка керамогранітна ТОВ "INTERCERAMA" "LINDEN 13" INTER GRES, 16 120 13 032/7 коричневий темний або "LINDEN 13" INTER GRES, 16 120 13 071/7 сірий світлий, або "CEDRO 11" INTER GRES, 15 60 11 031 коричневий світлий, к/к R 10, клас зносостійкості 3 - 8 мм; Клей Siltec T-803 - 5мм (витрата сухої суміші на 1м ² при товщ.1мм - 1,35кг); Гідроізоляція - Siltec V-30 - 3,0 мм (витрата суміші 4,5кг/1м ² /3мм товщ) завести на стіну на 300мм - 33,0м ² ; Грунтування Siltec Universal E-100 (витрата 0,1л/1м ²); Стяжка вирівнююча - цементно - піщаний розчин M150 армов. Ø4Br1, чар. 100x100 з ухилом 1% до трапу - 60 мм; Підстиляючий шар - полістиролбетон D=350 кг/м ³ - 220 мм; Основа - монолітна з/б плита див. КБ - 500мм	80,0
001; 013; 101; 102 Сходові марши, сходові площадки на проміжних позначках	3		Фарба Siltec Beton Pro - 3 шари (витрата на 1 шар 1,4л/м ²) кольорована на базі FA (RAL 7044) Грунтування Siltec Universal E-100 тонким шаром (витрата 0,1л/1м ²) для зняття пилу (або обезпилити); Шліфування поверхні; Основа - монолітні залізобетонні сходові марши (сходінки і прусіхидці), та площадки на проміжних позначках див. КБ	60,0 (Витрата дана на всі поверхні сходової клітини)

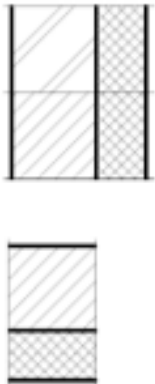
2.4 Внутрішнє і зовнішнє оздоблення

Внутрішнє оздоблення виконується з використанням негорючих або таких, що мають клас пожежної небезпеки не вище Г2, Д2, Т2, з урахуванням безпечного перебування людей.

Стіни та стеля проходять ґрунтування, шпаклювання й подальше фарбування інтер'єрними фарбами.

Надземна частина евакуаційного входу-виходу утеплюється за системою скріпленої теплоізоляції з нанесенням тонкошарових штукатурок. Для теплоізоляції використовують мінераловатні плити щільністю 120 кг/м³ завтовшки 200 мм. Покрівля надбудов утеплюється мінераловатними плитами щільністю 110–180 кг/м³ товщиною 300 мм, після чого влаштовується похила стяжка та покриття з ПВХ-мембрани.

Табл. 2.5. Склад зовнішніх стін

Тип стіни	Схема стіни	Дані елементів зовнішніх стін	Площа, м²
ТИП 1 зовнішні стіни, парпет, низ плити перекриття		(Утеплення фасадів методом скріпленої теплоізоляції по системі "Ceresit"): - Декоративна штукатурка силікон-силікатна Ceresit CT174 камешкова кольорована; - Грунтуюча фарба Ceresit CT 15Silikone; - Захисний шар Ceresit CT 190 армований лугостійкою сіткою Ceresit CN325 - 5мм; - Утеплювач - плита мінераловатна ТЕХНОФАС Оптима (компанія SWEETONDALE), $\gamma=120\text{кг/м}^3$, $\lambda_B=0,041\text{ Вт/м}^\circ\text{C}$, (або аналог), кріпити тарільчастими фасадними анкерами (5шт на 1м^2) -200мм; - Клейова суміш Ceresit CT 190 - 10мм; - Грунтовка Ceresit CT 17; - Стіни - з/б монолітні за кресл. КБ або кладка з керамічної цегли товщ. - 250мм (Склад внутрішнього примикання до парпетної стіни див. специфікацію арк. по вузлу 2(9))	180*
ТИП 2 (стіни підземної частини з рівня землі до низу відм. -2,300)		- ґрунт зворотньої засипки; - Захисний шар - шиповидна мембрана з фільтром - Утеплювач - екструдований пінополістирол $\gamma=30\text{кг/м}^3$ - 50мм; - Гідроізоляція - інтегрована ТПО мембрана - Стіни - з.б. монолітна за кресл. КБ або кладка з керамічної цегли товщ. - 250мм	200*
ТИП 3 (стіни підземної частини з позначки -2,300 до відм. низу фунда-ментної плити)		- ґрунт зворотньої засипки; - Захисний шар - шиповидна мембрана з фільтром - Гідроізоляція - інтегрована ТПО мембрана - Стіни - з.б. монолітна за кресл. КБ - 350 мм	810,0
ТИП 4 зовнішні стіни (шахта димови-далення, шахта аварійного виходу)		(Утеплення фасадів методом скріпленої теплоізоляції по системі "Ceresit"): - Декоративна штукатурка силікон-силікатна Ceresit CT174 камешкова кольорована; - Грунтуюча фарба Ceresit CT 15Silikone; - Захисний шар Ceresit CT 190 армований лугостійкою сіткою Ceresit CN325 - 5мм; - Утеплювач - плита мінераловатна ТЕХНОФАС Оптима (компанія SWEETONDALE), $\gamma=120\text{кг/м}^3$, $\lambda_B=0,041\text{ Вт/м}^\circ\text{C}$, (або аналог), кріпити тарільчастими фасадними анкерами (5шт на 1м^2) -50мм; - Клейова суміш Ceresit CT 190 - 10мм; - Грунтовка Ceresit CT 17; - Стіни - з.б. монолітна за кресл. КБ	40,0

* - уточнюється при виконанні робіт

Гідроізоляція підземної частини споруди

Оскільки протирадіаційне укриття є заглибленою спорудою, питання надійного захисту від впливу ґрунтових та поверхневих вод має принципове значення для забезпечення його довговічності, герметичності та безпечної експлуатації. Гідроізоляція в даному випадку виконує не лише захисну, а й конструктивно важливу функцію, оскільки запобігає зволоженню несучих елементів і розвитку корозійних процесів у залізобетоні.

На стадії проєктування для улаштування гідроізоляції підземної частини споруди була передбачена система матеріалів Sika, яка включає рулонні та обмазувальні гідроізоляційні матеріали, що забезпечують комплексний захист фундаментної плити та зовнішніх поверхонь стін. Проєктне рішення відповідало сучасним вимогам до герметичності підземних споруд цивільного захисту.

Проте в процесі виконання будівельно-монтажних робіт, за результатами аналізу вартості матеріалів та техніко-економічних показників, було прийняте рішення про заміну проєктної системи Sika на гідроізоляційні матеріали виробництва Мареї. Фактичне застосування матеріалів Мареї дозволило забезпечити необхідний рівень водонепроникності конструкцій при одночасному зниженні загальної вартості гідроізоляційних робіт та витрат матеріалів.

Улаштування гідроізоляції виконувалося по фундаментній плиті та зовнішніх вертикальних поверхнях стін з дотриманням вимог до підготовки основи: очищення, ґрунтування, улаштування вирівнювального шару. Особлива увага приділялася герметизації робочих та деформаційних швів, місць введення інженерних комунікацій, а також зон примикання стін до фундаментної плити.

Практичні спостереження, виконані під час проходження переддипломної практики, показали, що застосована система гідроізоляції Мареї забезпечує необхідні експлуатаційні характеристики, має зручну технологію нанесення та скорочує тривалість виконання робіт. Крім того, аналіз кошторисної документації підтвердив, що вибір альтернативної гідроізоляційної системи дав змогу оптимізувати фінансові витрати без погіршення якості захисту споруди від вологи.

Таким чином, прийняте фактичне рішення щодо застосування матеріалів Мареї замість проєктних матеріалів Sika є технічно обґрунтованим та економічно доцільним, що підтверджує важливість аналізу альтернативних інженерних рішень на стадії реалізації будівельних проєктів.

2.5 Інженерно-технічне обладнання.

Опалення

Систему опалення передбачено з використанням електричних нагрівальних приладів. Розрахункова температура повітря у приміщеннях встановлена на рівні

+18 °С як для звичайного режиму експлуатації (у мирний час), так і для періоду перебування людей в укритті. Заплановано встановлення електричних конвекторів, оснащених вбудованими терморегуляторами. Система керування включає два датчики температури: один контролює температуру повітря в кімнаті та дозволяє задавати індивідуальні параметри для кожного приміщення, інший — стежить за температурою поверхні нагрівального приладу, що підвищує рівень безпеки його експлуатації.

Електропостачання та резервне живлення

Система електропостачання протирадіаційного укриття запроектована з урахуванням вимог до надійності, безперервності живлення та можливості автономної роботи у разі аварійних відключень зовнішніх електричних мереж. Основне живлення укриття здійснюється від централізованої мережі електропостачання будівлі навчального закладу через окрему ввідно-розподільчу панель.

Електроспоживачі ПРУ належать до споживачів I категорії надійності, оскільки від стабільності їх роботи залежить безпечне перебування людей у захисній споруді. До них належать: вентиляційні та фільтровентиляційні установки, аварійне й основне освітлення, насосне обладнання системи водопостачання, засоби зв'язку та оповіщення.

З метою забезпечення автономної роботи укриття у разі повного знеструмлення проектом передбачено резервне джерело живлення — дизель-генераторну установку (ДГУ). Введення дизель-генератора в роботу здійснюється автоматично за допомогою пристрою автоматичного введення резерву (АВР) після зникнення напруги в основній мережі.

Потужність ДГУ визначається на основі сумарного електричного навантаження всіх відповідальних споживачів з урахуванням коефіцієнтів одночасності та пускових струмів електродвигунів. Дизель-генератор розміщується у спеціально виділеному приміщенні з дотриманням вимог пожежної безпеки, шумоізоляції та вентиляції.

Запас дизельного палива забезпечує автономну роботу укриття протягом не менше 24–48 годин, що відповідає нормативному часу перебування людей у

протирадіаційному укритті. Паливні ємності розміщуються в окремій безпечній зоні з улаштуванням піддону для запобігання витоку палива.

Система внутрішнього електропостачання виконана із застосуванням кабелів у негорючій ізоляції з низьким газо- та димовиділенням. Прокладання кабельних трас здійснюється у металевих лотках та трубах. Для захисту електрообладнання передбачені автоматичні вимикачі, пристрої захисного відключення та контур заземлення.

Особлива увага приділена аварійному освітленню, яке забезпечує нормативну освітленість шляхів евакуації, основних приміщень перебування людей та технічних зон. Аварійні світильники працюють як від дизель-генератора, так і від автономних акумуляторних батарей.

Таким чином, прийнята система електропостачання з дизель-генераторною установкою забезпечує високий рівень надійності, автономності та безпеки функціонування протирадіаційного укриття.

Пожежна сигналізація та система оповіщення

З метою своєчасного виявлення пожежі в приміщеннях ПРУ передбачено встановлення автоматичної системи пожежної сигналізації. У приміщеннях встановлюються димові та теплові пожежні сповіщувачі, які реагують на підвищення температури або задимлення.

Система пожежної сигналізації інтегрована з системою світлового та звукового оповіщення людей про пожежу. У разі спрацювання сигналізації автоматично вмикається аварійне освітлення та подається звуковий сигнал оповіщення.

Всі елементи пожежної сигналізації підключені до резервного електроживлення, що забезпечує її працездатність навіть у разі відключення зовнішньої електромережі. Час виявлення загоряння не перевищує нормативних значень для підземних споруд.

Слабкострумові системи

У протирадіаційному укритті передбачено слабкострумові системи зв'язку та оповіщення, які забезпечують передачу інформації між відповідальними особами та оперативний зв'язок із зовнішніми службами.

До складу слабкострумівих систем входять:

- система гучномовного оповіщення;
- телефонний або диспетчерський зв'язок;
- локальні сигнальні пристрої.

Слабкострумові мережі прокладаються в окремих кабельних каналах, незалежно від силових електричних ліній. Живлення систем здійснюється як від основної електромережі, так і від резервного джерела живлення.

Вентиляція

Передбачено встановлення припливно-витяжної вентиляційної системи з механічним приводом. Параметри повітрообміну визначено відповідно до [1] для режиму укриття та [4] для нормальної експлуатації будівлі в мирний час.

Для забезпечення необхідного повітрообміну в захисній споруді застосовуються припливно-витяжні вентиляційні установки, у складі яких передбачені рекупераційні теплообмінники та електричні нагрівальні елементи. Використання рекуперації дозволяє частково повертати теплову енергію з витяжного повітря та зменшувати витрати електроенергії на підігрів припливного потоку. Розподіл повітря у приміщеннях здійснюється через регульовані повітророзподільні елементи.

Повітрозабір організований через монолітну теплоізольовану шахту, виконану в межах архітектурно-будівельних та конструктивних рішень. Підтримання заданого температурного режиму, а також захист обладнання від можливого обмерзання забезпечуються автоматизованими системами керування, передбаченими в інженерному розділі.

Кратність повітрообміну в режимі укриття приймається не менше нормативного значення для захисних споруд.

Обладнання прийнято від виробника «Аеростар» (Україна) та розміщується у венткамері. Витяжна вентиляція санвузлів — механічна загальнообмінна, з використанням вентиляторів «ВЕНТС» типу ТТ ПРО з низьким рівнем шуму.

Внутрішні мережі водопроводу та каналізації

Водопостачання захисної споруди передбачено від внутрішніх мереж господарсько-питного водопроводу навчального закладу з забезпеченням

необхідного робочого тиску у міській системі. Для забезпечення автономної роботи укриття створюється резерв питної води шляхом встановлення накопичувальних ємностей. Загальний об'єм запасу прийнято з урахуванням нормативного споживання води для людей, що перебувають в укритті, а також потреб пожежогасіння.

Забір та подача води до системи здійснюються за допомогою насосної установки типу Wilo-Isar BOOST5-E-5, яка забезпечує стабільну роботу водопровідної мережі укриття. Акумуляуючі баки включені у проточну систему, що дозволяє підтримувати якість води та забезпечує її оновлення з установленою періодичністю. Подача води до укриття виконується трубопроводом малого діаметра, що відповідає розрахунковим витратам.

Для забезпечення пожежної безпеки передбачено внутрішнє протипожежне водопостачання, розраховане на безперервну роботу одного пожежного крана протягом нормативного часу. Це дозволяє забезпечити ефективне гасіння можливого загоряння без залучення зовнішніх джерел води. Гаряче водопостачання реалізується за допомогою електричних водонагрівачів.

Відведення господарсько-побутових стічних вод із приміщень захисної споруди здійснюється у внутрішню каналізаційну мережу будівлі з подальшим підключенням до зовнішніх мереж відповідно до прийнятих проєктних рішень.

2.6. Експлуатаційна надійність споруди

Експлуатаційна надійність протирадіаційного укриття є одним із ключових показників його ефективності, оскільки від стабільної та безперебійної роботи всіх конструктивних елементів і інженерних систем залежить безпека людей у надзвичайних ситуаціях. На відміну від звичайних будівель, споруди цивільного захисту повинні зберігати працездатність не лише в умовах нормальної експлуатації, а й у режимі підвищених навантажень та автономної роботи.

Надійність роботи конструкцій та інженерних систем оцінюється відповідно до вимог діючих ДБН, що регламентують експлуатацію споруд цивільного захисту. Несучі конструкції проєктуються з урахуванням підвищених коефіцієнтів запасу міцності, що забезпечує їхню стійкість до дії статичних і динамічних навантажень, зокрема тиску ґрунту та ударної хвилі. Просторова

коробчаста схема будівлі підвищує загальну жорсткість споруди та зменшує ризик розвитку прогресуючих руйнувань.

Особливу роль у забезпеченні експлуатаційної надійності відіграє гідроізоляційний захист, оскільки підземна частина укриття постійно перебуває під впливом вологи. Система гідроізоляції у поєднанні з дренажем та захисними шарами запобігає зволоженню залізобетонних конструкцій, що значно знижує ризик корозії арматури та втрати міцнісних характеристик бетону протягом тривалого періоду експлуатації.

Надійність експлуатації інженерних систем забезпечується за рахунок їх резервування та автономності. Система електропостачання має резервне джерело живлення у вигляді дизель-генераторної установки, що гарантує безперебійну роботу вентиляції, освітлення, насосного обладнання та засобів зв'язку у разі відключення зовнішньої електромережі. Запас палива для дизель-генератора розрахований на забезпечення автономної роботи укриття протягом нормативного часу перебування людей.

Система вентиляції є однією з найважливіших для забезпечення безпечних умов перебування людей. Вона підлягає періодичному технічному огляду та випробуванню, зокрема перевірці працездатності вентиляторів, фільтрувальних елементів, автоматики та резервного живлення. Контроль герметичності повітроводів і фільтрів є необхідною умовою збереження їхніх захисних властивостей.

Водопостачання та каналізація також належать до систем, від яких безпосередньо залежить експлуатаційна надійність укриття. Регламентні роботи передбачають перевірку стану баків запасу води, насосних агрегатів, запірної арматури та резервуарів для стічних вод. Умови автономної роботи вимагають постійної готовності цих систем до функціонування без підключення до зовнішніх мереж.

Для підтримання надійного стану інженерних мереж в укритті передбачається система періодичного технічного обслуговування, яка включає планові огляди, профілактичні випробування та своєчасний ремонт обладнання.

Особлива увага приділяється перевірці працездатності аварійних режимів, зокрема автоматичного введення резервного живлення та аварійного освітлення.

Експлуатаційна надійність споруди також забезпечується організаційними заходами. До них належать наявність інструкцій з експлуатації, планів евакуації, графіків перевірки інженерних систем, а також призначення відповідальних осіб за технічний стан укриття. Персонал, який обслуговує споруду, повинен проходити періодичні інструктажі з техніки безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

Таким чином, експлуатаційна надійність протирадіаційного укриття формується за рахунок поєднання конструктивної міцності, резервування інженерних систем, надійного гідроізоляційного захисту та правильно організованого технічного обслуговування. Сукупність цих заходів забезпечує тривалу та безпечну експлуатацію споруди в умовах як нормального режиму, так і надзвичайних ситуацій.

2.7. Благоустрій та озеленення території

Після завершення будівельно-монтажних робіт за даним проєктом виконуються заходи з комплексного благоустрою території над підземною спорудою укриття. Проєктними рішеннями передбачено облаштування водонепроникного вимощення навколо надземних частин евакуаційних виходів і шахти аварійного виходу шириною відповідно 1,5 м та 1,0 м, улаштування пішохідних доріжок до входів у ПРУ та ДГ, відновлення твердих покриттів проїздів, а також озеленення зони над захисною спорудою шляхом влаштування газону.

У благоустрої застосовуються такі типи покриттів: тверді (вимощення, тротуари) та газонні. Покриття, передбачені проєктом, характеризуються міцністю, придатністю до ремонту та екологічністю, а їх вибір здійснено відповідно до функціонального призначення. Нахили твердих покриттів забезпечують відведення поверхневих вод згідно з чинними нормами.

Проєктні рішення включають створення безбар'єрного середовища для осіб з порушеннями мобільності відповідно до вимог [5]. Територія навчального закладу обладнується засобами безпеки, орієнтування та доступу до інформації,

зокрема для людей із вадами зору. Це передбачає використання тактильних елементів доступності у вигляді тактильних смуг (ТС), виконаних із попереджувальної та направляючої тактильної плитки згідно з [6]. Початок ТС розміщується не ближче ніж за 0,8 м до потенційно небезпечного об'єкта або перешкоди. Такі смуги встановлюються паралельно відповідній перешкоді, а їх ширина визначається шириною зони, яку необхідно позначити на шляху руху.

2.8 Контроль якості будівельно-монтажних робіт

Контроль якості будівельно-монтажних робіт є обов'язковою умовою забезпечення надійності, безпеки та довговічності протирадіаційного укриття. З огляду на підвищені вимоги до споруд цивільного захисту, контроль здійснюється згідно з вимогами нормативних документів та експлуатаційних регламентів, що гарантує відповідність фактичних характеристик споруди проектним параметрам, на всіх етапах будівництва: від вхідного контролю матеріалів до приймання завершених конструктивних елементів та інженерних систем.

Основним завданням контролю якості є недопущення застосування неякісних матеріалів, порушень технології виконання робіт та відхилень від проектних рішень, які можуть призвести до зниження несучої здатності конструкцій або погіршення експлуатаційних характеристик укриття.

Вхідний контроль матеріалів

На етапі вхідного контролю перевіряється відповідність будівельних матеріалів вимогам проектної документації та нормативних документів. Для конструктивних елементів укриття особливе значення має контроль якості бетонної суміші та арматурної сталі. Перевіряється наявність сертифікатів відповідності, паспортів якості, маркування, а також візуальний стан матеріалів.

Бетонна суміш підлягає контролю за такими показниками, як рухливість, однорідність та відповідність класу міцності. За необхідності виконуються контрольні зразки-куби для визначення фактичної міцності бетону. Арматурна сталь перевіряється на відповідність діаметру, класу міцності та відсутність корозійних ушкоджень.

Окрему увагу приділяють матеріалам гідроізоляції, оскільки від їх якості безпосередньо залежить довговічність підземної частини споруди. Перевіряється цілісність рулонних матеріалів, терміни їх придатності, відповідність системи гідроізоляції проєктному або погодженому фактичному рішення.

Операційний контроль під час виконання робіт

Операційний контроль здійснюється безпосередньо в процесі виконання будівельно-монтажних робіт. Він включає перевірку дотримання технології бетонування, правильності встановлення опалубки, армування, улаштування гідроізоляції та монтажу інженерних систем.

Під час улаштування монолітних залізобетонних конструкцій контролюється правильність розташування арматури, захисний шар бетону, якість ущільнення бетонної суміші, відсутність розшарування та порожнин. Недотримання цих вимог може призвести до зниження несучої здатності конструкцій та появи тріщин у процесі експлуатації.

При виконанні гідроізоляційних робіт контролюється підготовка основи, суцільність ізоляційного шару, якість герметизації стиків, введень інженерних комунікацій та робочих швів. Будь-які пошкодження гідроізоляції усуваються до моменту засипки ґрунтом.

Монтаж інженерних систем також підлягає постійному контролю. Перевіряється правильність прокладання трубопроводів, кабельних трас, монтаж вентиляційного обладнання, насосів, електрощитів, а також виконання заземлення та підключення резервного електроживлення.

Приймання прихованих робіт

Особливо відповідальним етапом контролю якості є приймання прихованих робіт. До них належать роботи, які після завершення стають недоступними для візуального огляду: армування, гідроізоляція, прокладання інженерних мереж у конструкціях, заземлення.

Приймання прихованих робіт здійснюється спеціальною комісією з оформленням відповідних актів. Лише після їх підписання дозволяється виконання наступних будівельних операцій, зокрема бетонування або зворотна засипка ґрунту.

Авторський та технічний нагляд

Важливу роль у забезпеченні якості будівельно-монтажних робіт відіграють авторський і технічний нагляд. Авторський нагляд здійснюється проектною організацією з метою контролю відповідності виконуваних робіт проектним рішенням. У разі виявлення відхилень або необхідності коригувань надаються технічні рекомендації.

Технічний нагляд здійснюється представниками замовника та включає контроль обсягів і якості виконаних робіт, відповідність матеріалів проекту, дотримання вимог будівельних норм і правил, а також перевірку виконавчої документації.

Заключний контроль та випробування систем

Після завершення будівельно-монтажних робіт проводиться заключний контроль, який включає перевірку зовнішнього стану конструкцій, відповідності фактичних розмірів проектним, а також випробування інженерних систем.

Випробування вентиляційних систем здійснюється з перевіркою повітрообміну та працездатності автоматики. Система електропостачання перевіряється в основному та резервному режимах із запуском дизель-генераторної установки. Водопровід і каналізація проходять випробування на герметичність та працездатність насосного обладнання.

Таким чином, система контролю якості будівельно-монтажних робіт охоплює всі етапи зведення протирадіаційного укриття — від приймання матеріалів до пусконаладжувальних робіт. Комплексний підхід до контролю забезпечує відповідність споруди проектним рішенням, вимогам безпеки та експлуатаційної надійності.

2.9 Організаційні заходи з експлуатації укриття

Організаційні заходи з експлуатації протирадіаційного укриття спрямовані на забезпечення його постійної готовності до використання за призначенням, безпечного перебування людей та чіткої взаємодії відповідальних осіб у разі виникнення надзвичайних ситуацій і здійснюються відповідно до норм цивільного захисту та внутрішніх регламентів об'єкта. На відміну від інженерних і конструктивних рішень, організаційні заходи регулюють порядок

доступу до укриття, режим його утримання, а також дії персоналу і населення під час приведення споруди в готовність.

Для забезпечення належного експлуатаційного стану укриття призначається відповідальна особа або група осіб, які здійснюють постійний контроль за його технічним і санітарним станом. До їх обов'язків належать організація оглядів приміщень, перевірка дверей, люків, евакуаційних виходів, справності замків, освітлення та чистоти шляхів руху. Відповідальні особи також контролюють наявність і збереження обладнання, лав, санітарних вузлів, ємностей із запасом води та інших елементів, необхідних для перебування людей.

Експлуатація укриття в мирний час здійснюється у режимі постійної готовності. У цей період укриття може використовуватись як допоміжне приміщення лише за умови, що це не перешкоджає його швидкому приведенню у робочий стан. Забороняється зберігання в укритті сторонніх предметів, горючих матеріалів або обладнання, яке ускладнює доступ до входів, вентиляційних каналів чи шляхів евакуації.

Одним із основних організаційних заходів є регламентне обслуговування укриття, яке включає періодичні огляди та перевірки. Огляди проводяться за встановленим графіком із фіксацією результатів у спеціальному журналі. Під час оглядів перевіряється стан інженерних систем, працездатність освітлення, вентиляції, резервного електроживлення, справність санітарно-технічного обладнання, а також загальний стан приміщень.

Особливе значення має організація дій під час сигналу повітряної тривоги або іншої надзвичайної ситуації. За відповідальними особами закріплюється обов'язок оперативного відкриття укриття, організації пропуску людей, контролю порядку розміщення осіб у приміщеннях та підтримання спокійної обстановки. Персонал повинен бути заздалегідь проінструктований щодо своїх дій, маршрутів руху, порядку користування укриттям та основних правил безпеки.

Важливим елементом організаційних заходів є проведення періодичних інструктажів і навчань. Під час таких заходів пояснюється порядок дій у разі надзвичайної ситуації, правила перебування в укритті, користування

санітарними вузлами, поводження з електрообладнанням та інженерними системами. Проведення навчальних тренувань сприяє зменшенню паніки та підвищує рівень готовності персоналу і користувачів укриття.

Для ефективної експлуатації укриття велике значення має ведення експлуатаційної документації. У журналах обліку фіксуються результати оглядів, відомості про проведені ремонтні роботи, перевірки вентиляції, дизель-генератора, насосного обладнання, а також факти проведення інструктажів. Наявність такої документації дозволяє систематизувати інформацію про технічний стан споруди та своєчасно виявляти можливі несправності.

Організаційні заходи також передбачають забезпечення безперешкодного доступу до укриття для всіх категорій населення, у тому числі для маломобільних груп. Для цього входи до укриття повинні бути вільними від сторонніх предметів, доступними у будь-який час та обладнаними відповідними інформаційними покажчиками. Двері укриття не повинні бути зачинені таким чином, щоб унеможливити їх швидке відкриття у разі небезпеки.

Контроль за дотриманням організаційних заходів з експлуатації укриття здійснюється з боку адміністрації об'єкта та відповідних служб цивільного захисту. У разі виявлення порушень або несправностей вживаються заходи щодо їх негайного усунення.

Таким чином, організаційні заходи з експлуатації укриття є невід'ємною складовою загальної системи безпеки. Вони забезпечують постійну готовність споруди до використання, чіткий порядок дій у надзвичайних ситуаціях та безпечні умови перебування людей. Поєднання технічної надійності споруди та правильно організованої експлуатації є запорукою ефективного функціонування протирадіаційного укриття за його основним призначенням. Контроль здійснюється відповідно до вимог чинних нормативних документів у сфері цивільного захисту.

Пожежна безпека

Даний пункт приведено у ДОДАТКУ В.

Охорона праці

Даний пункт приведено у ДОДАТКУ Г.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Загальні положення та постановка задачі

Проектована захисна споруда є підземним протирадіаційним укриттям, у конструктивній схемі якого ключову роль відіграє плита перекриття. Цей елемент працює в умовах поєднання декількох несприятливих факторів: постійного тиску ґрунтового масиву, власної ваги конструкцій та можливого імпульсного навантаження від повітряної ударної хвилі. З огляду на це, підбір конструкції плити має особливе значення для забезпечення нормативної стійкості, тріщиностійкості та протиуламковості.

Традиційно в укриттях застосовуються масивні залізобетонні плити товщиною 400 мм і більше. Однак сучасний розвиток матеріалів дозволяє зменшити товщину конструкції без втрати несучої здатності за рахунок використання модифікованих бетонів з дисперсною арматурою. У даному дослідженні розглядається плита товщиною 350 мм, виготовлена з бетону C20/25, модифікованого поліпропіленовими макроволокнами, що підвищують її енергопоглинання та протиуламковість.

Метою розділу є формування та аналіз розрахункової моделі плити перекриття із застосуванням методу скінченних елементів, визначення її напружено-деформованого стану, підбір арматури та обґрунтування доцільності застосування фібробетону в умовах захисної споруди.

3.2. Обґрунтування вибору фібробетону

3.2.1. Загальна характеристика фібробетону

Фібробетон — це композиційний матеріал, у якому у цементно-піщану матрицю рівномірно вводяться короткі дисперсні волокна. На відміну від традиційного бетону, який працює переважно до моменту утворення тріщини і після неї швидко втрачає несучу здатність, фібробетон має здатність сприймати частину навантаження після розтріскування завдяки механізму «fiber-bridging» — мостовому ефекту волокон.

До складу фібробетону вводять різні види волокон: сталеві, полімерні, базальтові, скляні, целюлозні, комбіновані. Кожен тип забезпечує свою групу

властивостей: міцність, деформаційну здатність, стійкість до ударів, тріщиностійкість.

На рисунку 3.1 зображено «crack bridging diagram». Вона показує, як волокна перешкоджають розкриттю тріщини, утримують її, розподіляють напруження, і дуже добре ілюструє перевагу фібробетону.

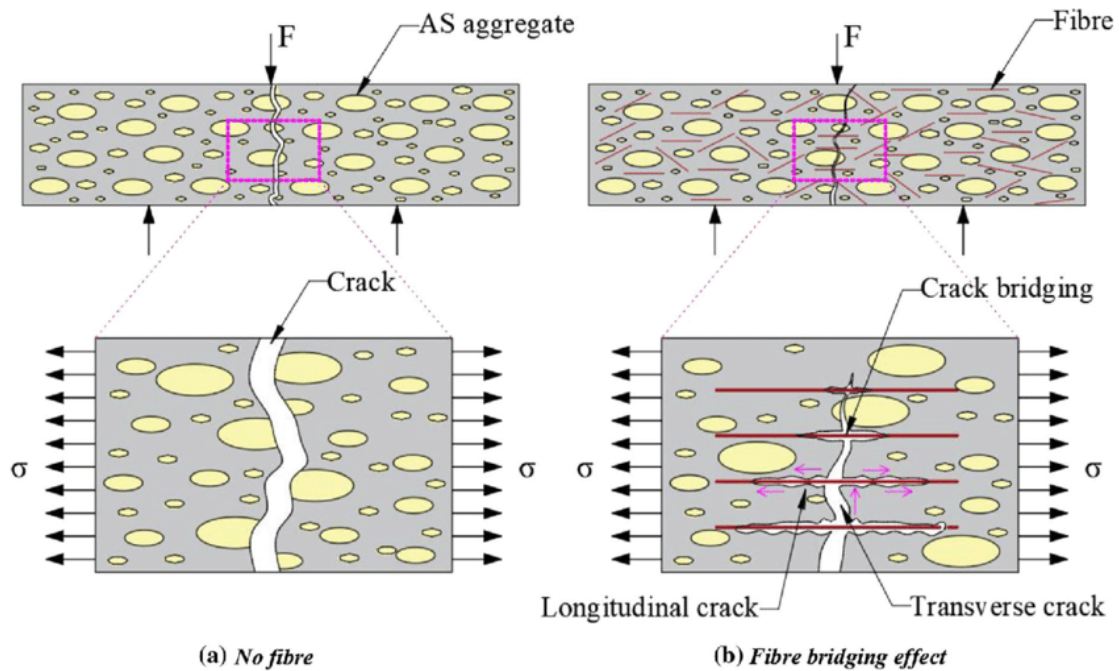


Рисунок 3.1 Діаграма перекриття тріщин

Класифікація волокон у фібробетоні

Згідно з [7] волокна поділяються на:

- сталеві волокна (рис. 3.2)

Надають матеріалу високу післятріщинну міцність, рекомендовані для промислових підлог.

- базальтові та скляні волокна (рис. 3.3)

Підвищують жаростійкість, але застосовуються рідше через нижчу пластичність при ударних навантаженнях.

- полімерні мікро- та макроволокна (рис. 3.4)

Мікрофібра (довжина 6–12 мм) запобігає усадковим тріщинам у ранньому віці. Макрофібра (40–60 мм) забезпечує післятріщинну роботу та енергоємність конструкції.

Рисунок 3.2 Сталеві волокна



Рисунок 3.3 Скляні волокна



Рисунок 3.4 Полімерні волокна



У контексті роботи ПРУ поліпропіленова макрофібра має ключову перевагу: забезпечує зв'язність матеріалу після руйнування цементної матриці. Вона забезпечує підвищення тріщиностійкості та енергоємності конструкції, не збільшуючи її вагу і не створюючи ризиків корозії. Полімерні структурні

волокна класу 2 за [7] дозволені для несучих елементів, що працюють під динамічними та імпульсними навантаженнями, і є більш придатними для умов експлуатації захисної споруди, ніж сталеві фібри.

3.2.2. Характеристики поліпропіленової макрофібри

Макрофібра, прийнята у проєкті, має дозування 0,60 % по об'єму, що еквівалентно 4,5 кг/м³.

Табл. 3.1 Прийняті характеристики поліпропіленової макрофібри

№	Параметр	Позначення	Прийняте значення	Примітка
1	Тип волокон	–	Поліпропіленова макрофібра	Дисперсне армування бетону
2	Довжина волокна	L_f	45 мм	Типовий розмір для конструкційного фібробетону
3	Еквівалентний діаметр	d_f	1,0 мм	Моноволокно профільоване
4	Міцність фібри на розтяг	f_{tf}	500 МПа	Згідно типовим технічним даним
6	Модуль пружності фібри	E_f	9 ГПа	Згідно типовим технічним даним
7	Дозування макрофібри	–	0,6 % по об'єму = 4,5 кг/м ³	Використано в моделі плити укриття
8	Післятріщинна міцність бетону при СМОД (розкриття тріщини в місці її отвору) 0,5 мм	f_{R1}	0,45 МПа	Враховує роботу фібробетону після утворення тріщини
9	Післятріщинна міцність бетону при СМОД (розкриття тріщини в місці її отвору) 2,5 мм	f_{R2}	0,60 МПа	Параметр енергоємності та протиуламковості

Ці показники відповідають даним [8], [10] та експериментальним результатам [9].

3.2.3. Переваги використання фібробетону

Для плити перекриття укриття важливими є:

1. Тріщиностійкість

Фібра зменшує ширину тріщин і перешкоджає їх неконтрольованому розвитку, що особливо актуально при дії імпульсного навантаження.

2. Протиуламковість

Звичайний бетон при вибуховому навантаженні може руйнуватися з викидом уламків, що створює загрозу життю укритих осіб. Фібробетон утримує уламки всередині плити.

3. Енергоємність та деформаційна здатність

Матеріал поглинає частину енергії ударної хвилі завдяки пластичному розтягненню волокон.

4. Зменшення товщини конструкції

Фібробетон дозволяє зменшити товщину плити без втрати несучої здатності.

5. Підвищення довговічності

Фібра зменшує кількість тріщин усадки та термічних тріщин у ранньому віці.

3.3. Моделювання плити перекриття в програмному комплексі ЛПРА-САПР

3.3.1. Мета та принципи побудови розрахункової моделі

Застосування методу скінченних елементів у дослідженні напружено-деформованого стану плити перекриття є найбільш ефективним інструментом, оскільки дозволяє врахувати реальну просторову роботу конструкції в умовах складного навантаження. Особливо це актуально для плити захисної споруди, яка працює не тільки під статичними діями, але й під дією короткочасного імпульсного навантаження від ударної хвилі.

Основна мета побудови моделі — отримати просторово узгоджену картину роботи плити, а саме:

- розподіл моментів у двох напрямках;
- деформації у різних комбінаціях навантажень;
- визначення зон, у яких необхідне локальне посилення арматури;
- аналіз поведінки конструкції при зменшеній товщині та модифікованих властивостях бетону.

На відміну від традиційного ручного розрахунку плит, МСЕ дозволяє бачити реальну картину перерозподілу зусиль між стінами та плитою — явище, яке є вирішальним для плит ПРУ.

Плита перекриття моделювалася за допомогою пластинчастих елементів SE81/82.

Ці елементи враховують:

- згинальні деформації (M_x , M_y);
- крутильні моменти (M_{xy});
- мембранні напруження (N_x , N_y);
- деформації зсуву.

Таким чином, можливо відтворити реальну просторову роботу конструкції, яка в умовах ПРУ є вирішальною, оскільки при дії ударної хвилі плита працює не тільки на згин, але й на розтяг та стиск у площині.

Лінії примикання плити до стін були змодельовані як жорсткі защемлення, що відповідає реальній монолітній схемі. Це дозволило відтворити:

- ефект рамної роботи конструкції;
- формування мембранних зусиль у плиті;
- значний перерозподіл моментів у бік стін.

У результаті модель відображає природний перехід від згинальної роботи посередині плити до мембранної — ближче до контура опирання.

3.3.2. Особливості моделювання фібробетону

Традиційні моделі бетону у ЛПРА-САПР не враховують післятріщинну роботу, що є характерною для дисперсноармованих бетонів. Проте існують методи, які дозволяють непрямо врахувати вплив фібри:

1. Підвищення умовної міцності на розтяг.

Поліпропіленові макроволокна забезпечують утримання тріщини після її утворення, підвищуючи ефективну міцність бетону.

2. Збільшення рівномірності напружень у матеріалі.

Фібра «зв'язує» структуру бетону, зменшує локальні піки напружень, що підтверджено численними експериментами.

3. Зменшення ширини тріщин.

Це не змінює необхідної арматури, але змінює реальну роботу плити в момент дії вибуху.

Таким чином, у моделі використано консервативний підхід: фібра не зменшує необхідний обсяг арматури, але підвищує реалістичність оцінки поведінки конструкції.

Табл. 3.2 Прийняті розрахункові характеристики фібробетону

№	Параметр бетону	Позначення	Прийняте значення	Примітка
1	Щільність фібробетону	ρ	2350 кг/м ³	З урахуванням заповнювачів і додавання фібри
2	Модуль пружності бетону	E_{cm}	29 500 МПа	Трохи підвищене значення порівняно з базовим C20/25
3	Міцність на стиск кубика	$f_{ck,cube}$	32,0 МПа	Прийнята для моделювання за результатами класу C20/25
4	Міцність на стиск призми	$f_{ck,prism}$	25,6 МПа	$0,8 \cdot f_{ck,cube}$
5	Середня міцність на розтяг при згині / розтягуванні	f_{ctm}	3,2 МПа	З урахуванням дисперсного армування макрофіброю
6	Деформація бетону при досягненні розрахункової міцності на стиск	$\varepsilon_{cl,ck}$	2,0 ‰ ($2,0 \times 10^{-3}$)	Відповідає деформативності важкого бетону класу C20/25
7	Гранична деформація бетону в стані руйнування	$\varepsilon_{cu1,cd}$	3,5 ‰ ($3,5 \times 10^{-3}$)	Прийнято для опису пластичної стадії роботи бетону

3.3.2. Завантаження

У розрахунковій моделі було враховано всі види навантажень, що можуть виникати протягом експлуатації захисної споруди, включаючи аварійні навантаження, які не виникають у звичайних умовах, але повинні бути розглянуті для ПРУ:

- постійні навантаження;

До постійних навантажень відносяться:

- ✓ Власна вага плити, яка автоматично враховується програмою через налаштування параметрів матеріалу та його розмірних характеристик, табл. 3.1;

Табл. 3.3 Жорсткісні показники

Таблиця жорсткостей (поточні)		
Файл Редагувати Опції		
A	B	C
Таблиця жорсткостей (поточні)		
Тип жорсткості	Ім'я	Параметри (переріз-(см) в'язь-(т,м) розп.вага-(т,м))
1	Пластина Н 30 (Стіна 30 см)	$E=3e+006, V=0.2, H=30, Ro=2.5$
2	Пластина Н 35 (Плита 35 см)	$E=2.95e+006, V=0.2, H=35, Ro=2.35$
3	Пластина Н 35 (Стіна 35 см)	$E=3e+006, V=0.2, H=35, Ro=2.5$

- ✓ Вага захисного шару бетону, стяжок та вирівнювальних шарів.

$$q=\gamma \cdot h=23,55 \cdot 0,1327=3,13 \text{ кН/м}^2$$

- ✓ Тиск ґрунту, який є одним з основних навантажень.

Ґрунт над плитою має товщину 2,3 м, що створює навантаження:

$$q=\gamma \cdot h=18,54 \cdot 2.3=42,65 \text{ кН/м}^2;$$

- Аварійні впливи, зокрема ударна хвиля — найнебезпечніший вид навантаження та унікальний для будівельного, оскільки вона:

- ✓ діє імпульсно;
- ✓ має дуже малу тривалість;
- ✓ створює різке збільшення тиску;
- ✓ працює не як статичний, а як квазідинамічний вплив.

Надмірний тиск 100 кПа відповідає:

- середньому розміру вибуху на відстані;
- вимогам для ПРУ;
- умовам реального використання в умовах військових загроз.

У моделі навантаження прикладалося:

- ✓ перпендикулярно до площини плити,
- ✓ у напрямку всередину споруди (вниз),
- ✓ короткочасно, у відповідній комбінації

Саме ударна хвиля формує найбільші згинальні моменти, тому її правильне моделювання є критичним.

ЛІРА-САПР автоматично формує комбінації навантажень:

- нормальні комбінації (РСН) — для перевірки експлуатаційних станів;

- розрахункові комбінації для міцності (МІН/МАКС);
- аварійні комбінації (РСЗ) — у яких ударна хвиля стає визначальним чинником.

Комбінації враховують нормативні коефіцієнти надійності та поєднання.

Плита повинна витримувати РСЗ навіть без утворення критичних тріщин.

Табл. 3.4 Розрахункові сполучення зусиль

Розрахункові Сполучення Зусиль

Номер таблиці РСЗ:

Ім'я таблиці РСЗ:

Будівельні норми:

Номер завантаження: Завантаження 1 - власна вага

Вид завантаження:

К надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС:
 для II-го ГС:
 для аварійних сполучень:

N групи об'єднаних тимчасових завантажень:

Враховувати знакозмінність: ☐

N групи взаємовиключаючих завантажень:

NN супутніх завантажень:

Відношення коефіцієнтів γ_m / γ_{fe} :

Відношення P_q / P_{ch} :

Не враховувати для II-го стану: ☐

Обмеження для кранів та гальм: ☐ Кран ☐ Гальмо ☐

Коефіцієнти для РСЗ

#	1 основ.	2 основ.	Аварійн.	Авар. (б/с)	5 сполуч.	6 сполуч.	7 сполуч.	8 сполуч.	9 сполуч.	10 сполуч.	11 сполуч.	12 сполуч.	13 сполуч.	14 сполуч.	15 сполуч.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Зведена таблиця для обчислення РСЗ:

N°	Ім'я завант...	Вид	Параметри РСЗ	Коефіцієнти РСЗ
1	Завантаже...	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Завантаже...	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Завантаже...	Епізодичне...	6 0 0 0 0 0 0 1.00 0.00	0.00 0.00 0.00 1.00

Табл. 3.5 Розрахункові сполучення навантажень

Розрахункові сполучення навантажень

Номер таблиці РСН:

Ім'я таблиці РСН:

ДБН В.1.2 - 2:2006

☐ Динаміка по модулю

☐ Визначальні РСН

Коеф. надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС:
 для II-го ГС:
 для аварійних сполучень:

У розрахунковій схемі задані:
☒ розрахункові навантаження
☐ нормативні навантаження

☒ Не враховувати сейсміку для II-го ГС

☒ Не враховувати особливе завантаж. для II-го ГС

N завантаж.	Найменування	Вид	Знакозмінн.	Взаємовикл.	γ_m / γ_{fe}	P_q / P_{ch}	1.РСН1
1	Завантаження 1 - власна вага	Постійне(п)	+		1.1	1.0	1.
2	Завантаження 2 - верхні шари	Постійне(п)	+		1.1	1.0	1.
3	Завантаження 3 - тиск ударно	Епізодичне (Еп)	+		1.0	0.0	1.

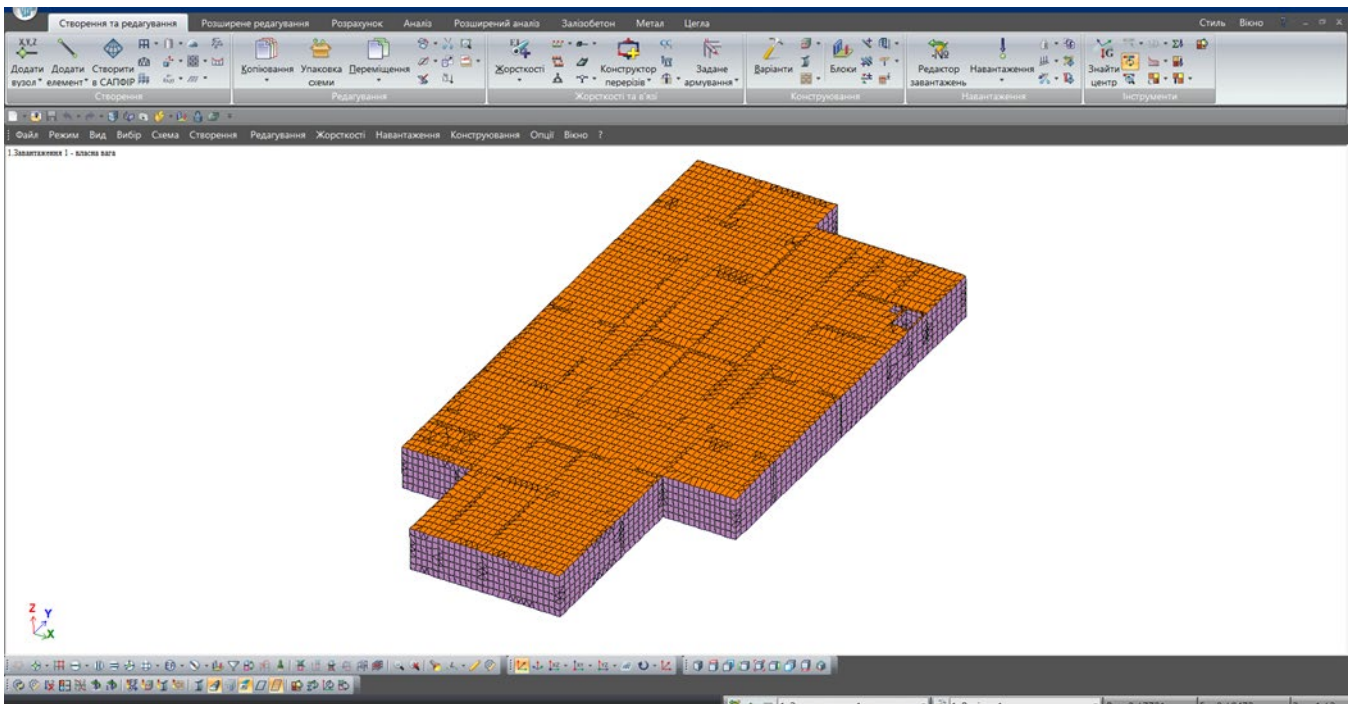
1 основне
 2 основне
 Аварійне (С)
 Аварійне (б/С)

$\Sigma P + D + K + (K_p + T) + M$

Додати

Коефіцієнти

Рисунок 3.5 Розрахункова схема монолітного перекриття



3.5. Аналіз напружено-деформованого стану

Отримані за допомогою ЛПРА-САПР результати дозволяють комплексно оцінити поведінку плити при різних видах навантажень, визначити критичні точки та зони, що потребують посиленого армування.

Переміщення і прогини

Аналіз карт прогинів показав:

- форма деформацій відповідає защемленим плитам;
- максимальний прогин не перевищує нормативних значень;
- післятріщинна робота фібробетону зменшує локальні деформації.

Таким чином, навіть при аварійному навантаженні плита зберігає працездатність.

Згинальні моменти в напрямку X та Y

Карти моментів M_x та M_y продемонстрували:

- у напрямку X найбільші моменти зосереджені над опорними лініями (рис. 3.6 та 3.9);
- у напрямку Y моменти розподілені більш рівномірно (рис. 3.7 та 3.8);
- максимальні значення M_{max} спостерігаються у центрі плити та у кутах (рис. 3.8 та 3.9).

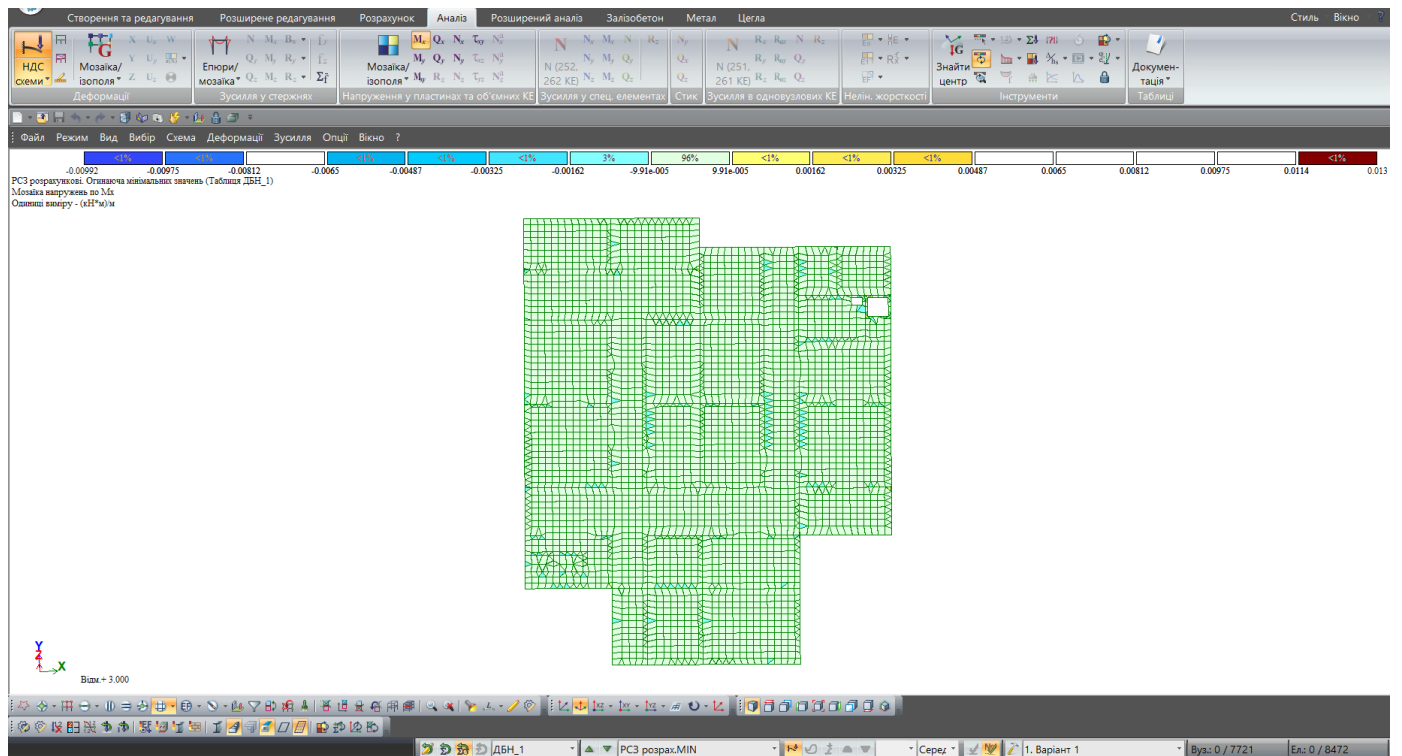


Рисунок 3.6 Мозаїка згинальних моментів $M_{x,min}$

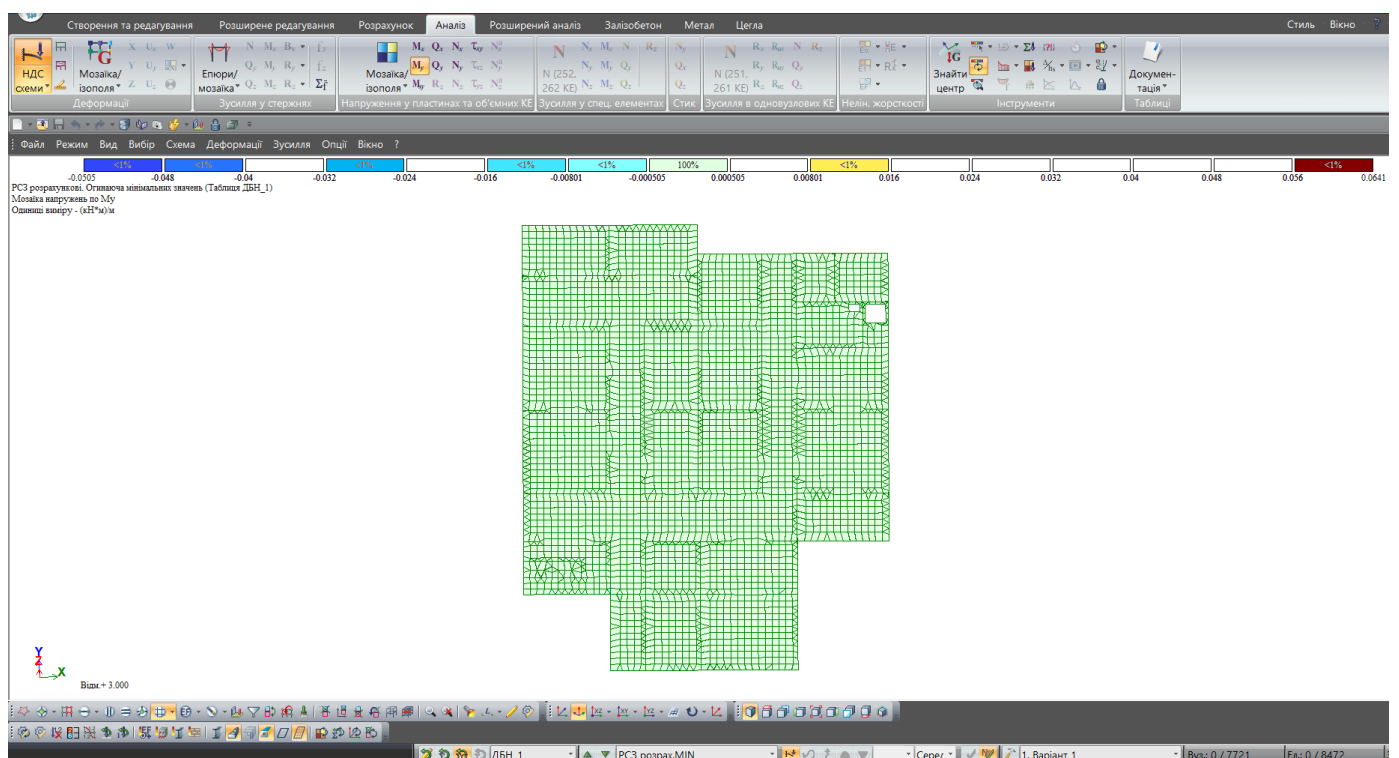


Рисунок 3.7 Мозаїка згинальних моментів $M_{y,min}$

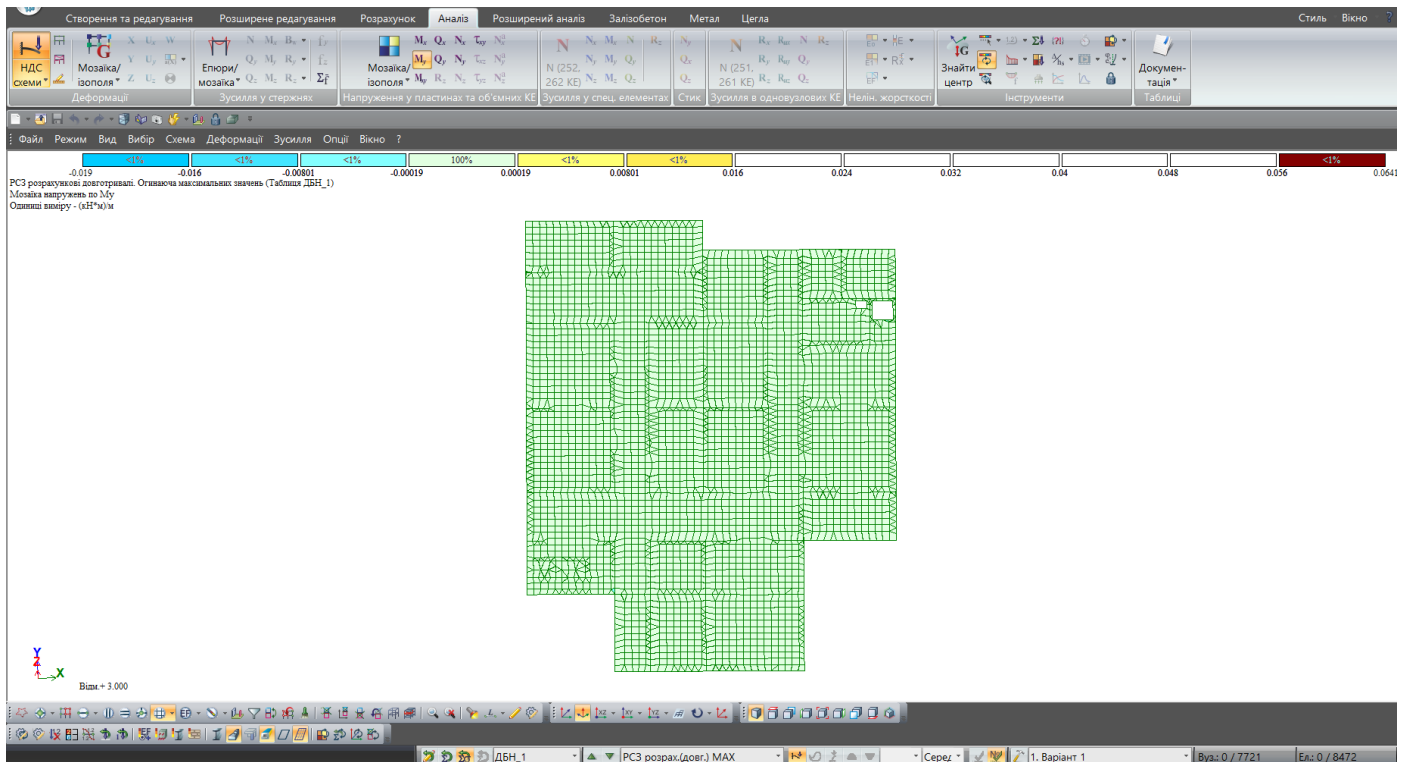


Рисунок 3.8 Мозаїка згинальних моментів $M_{y,max}$

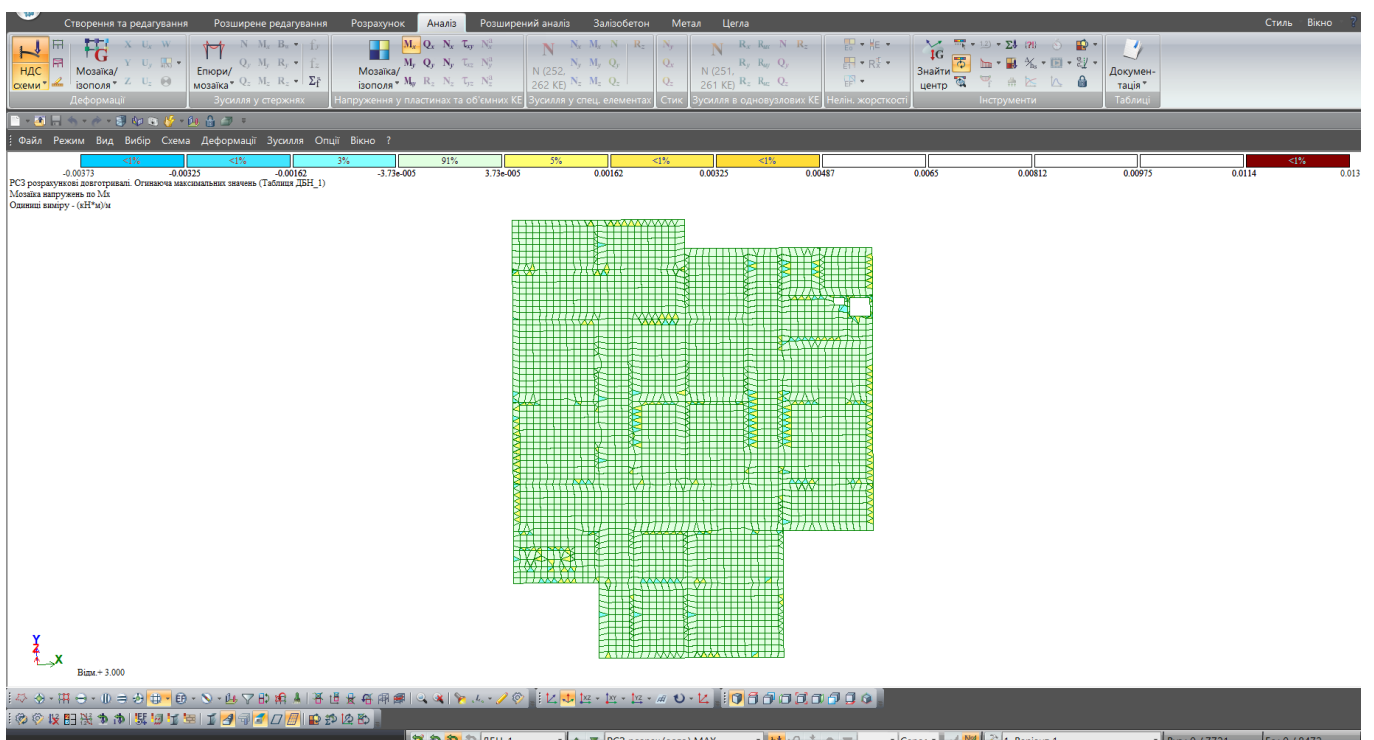


Рисунок 3.9 Мозаїка згинальних моментів M_x

Ці результати слугують основою для визначення робочої арматури.

3.6. Армування: розрахунок, аналіз і прийняте рішення

Згідно з [3] мінімальна кількість арматури для плит становить:

$$A_{s,min}=0.1\% \cdot b \cdot h$$

Для нашої плити:

$$A_{s,min}=0,001 \cdot 1000 \cdot 350=350 \text{ мм}^2/\text{м}$$

Це відповідає Ø10/200.

За результатами автоматичного підбору отримано:

- Ø12/150 у двох напрямках (рис. 3.10)

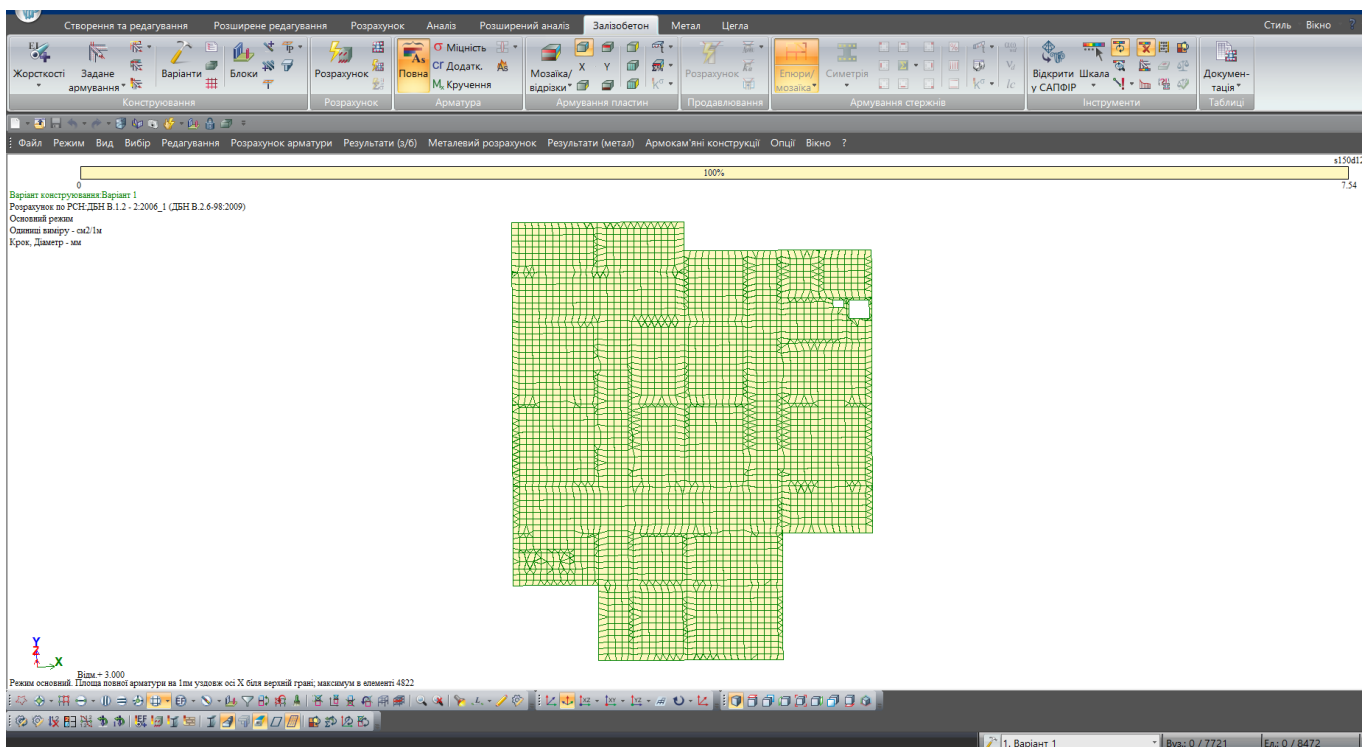


Рисунок 3.10 Карта необхідної площі арматури A_s по верхній грані плити в напрямку X

Інші напрями розрахунку (A_{sy} , нижня арматура) показали аналогічний характер розподілу.

Це мінімальна необхідна робоча арматура.

На відміну від звичайних плит, перекриття ПРУ за [1] зобов'язане мати три протиуламкові сітки Ø12/150, із взаємним зміщенням на 1/3 кроку.

Ці сітки не лише перешкоджають відриву відшарованих частин бетону при вибуху, але й забезпечують додаткову несучу здатність.

Концентрації напружень у кутових зонах та вздовж примикань

У стикових зонах плити та стін спостерігається підвищений рівень напружень, що відповідає загальним закономірностям роботи рамно-плитних систем. Такі зони при аварійному навантаженні можуть бути найбільш уразливими й потребують посиленого армування.

Завдяки цьому аналізу визначено місця розташування додаткових стрижнів Ø16 та Ø20.

Прийняте робоче армування плити

На основі розрахункових моментів та вимог [1]:

- загальною робочою арматурою приймається комплект $3 \times \text{Ø}12/150$;
- у зонах пікових моментів додається Ø16/150 або Ø20/150;
- у кутах — посилення додатковими сітками Ø12.

Порівняння з проектним рішенням

У проекті застосовано:

- 400-мм плиту,
- бетон C25/30,
- арматуру Ø12–Ø28.

Оптимізований варіант:

- має товщину 350 мм,
- використовує фібробетон,
- потребує менше сталі,
- забезпечує вищу протиуламковість,
- має кращу енергоємність.

Порівняння свідчить про можливість технологічної та конструктивної оптимізації.

Для порівняння вартості матеріалів було проаналізовано витрати на бетон у проектному та оптимізованому варіантах плити перекриття.

У проектному рішенні прийнято плиту товщиною 400 мм з бетону класу C25/30 об'ємом 328 м³. За кошторисною ціною 3065,00 грн/м³ загальна вартість бетонної суміші становить приблизно 1,005 млн грн.

В оптимізованому варіанті розглядається плита зменшеної товщини — 350 мм, із бетону C20/25, модифікованого поліпропіленовою макрофіброю. Об'єм бетону в цьому випадку складає 287 м³. Навіть якщо прийняти підвищену вартість фібробетону (орієнтовно 3278,80 грн/м³, що відповідає надбавці близько 12 % до базової ціни 2927,50 грн/м³), сумарна вартість бетонної суміші для плити зменшується до близько 941 тис грн.

Таким чином, лише за рахунок зменшення об'єму бетону при переході до плити товщиною 350 мм досягається економія на рівні близько 64 тис. грн. При цьому розрахункова несуча здатність та вимоги до надійності конструкції залишаються забезпеченими.

Додатково слід зазначити, що в оптимізованому варіанті також є зменшення витрати арматури та трудомісткості робіт, але у межах даної роботи детальний перерахунок усіх кошторисних складових не здійснювався, оскільки економічний ефект уже підтверджено на рівні витрат на бетон.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено дослідження конструктивного елемента будівлі з метою оцінювання його роботи та визначення можливостей удосконалення шляхом зміни матеріальних характеристик та раціоналізації армування. Дослідження виконано з використанням аналітичних методів та числового моделювання, що дозволило отримати узагальнені технічні та інженерні висновки.

1. На основі теоретичного аналізу сучасних конструктивних рішень і матеріалів уточнено підходи до проектування плит перекриття, які працюють під дією складних комбінованих навантажень. Встановлено, що використання модифікованого бетону та комбінованого армування є перспективним засобом підвищення надійності конструкцій без істотного збільшення матеріалоємності.

2. Сформовано та реалізовано методику числового дослідження плити з використанням методу скінченних елементів. Модель дозволила якісно оцінити розподіл внутрішніх зусиль, зокрема згинальних моментів у двох напрямках. Незважаючи на обмежений обсяг числових розрахунків, отримані результати забезпечили необхідну інженерну інформативність.

3. За результатами моделювання виявлено характерні зони підвищених моментів у місцях примикання плити до стін та поблизу отворів. Встановлено, що значення моментів залишаються відносно невеликими для плити заданої товщини, що свідчить про достатній запас несучої здатності.

4. Виконано порівняння потреби в армуванні, визначеної за результатами моделювання, з конструктивними вимогами нормативних документів для захисних споруд. Показано, що нормативна мінімальна протиуламкова сітка (три шари $\varnothing 12/150$) суттєво перевищує необхідну площу арматури за розрахунком на міцність, однак є обов'язковою з огляду на специфічні експлуатаційні умови.

5. Порівняння прийнятого конструктивного рішення з проектним варіантом показало, що зміна матеріалу та обґрунтоване перерозподілення армування можуть забезпечити підвищення ефективності елемента без погіршення його працездатності. Запропонований підхід може бути

використаний як основа для подальших практичних та наукових досліджень у сфері вдосконалення конструкцій.

6. Встановлено, що навіть при підвищеній вартості 1 м³ фібробетону зменшення товщини плити перекриття з 400 мм до 350 мм забезпечує реальний економічний ефект уже на стадії витрат на бетон за рахунок скорочення його загального об'єму. Таким чином, оптимізоване конструктивне рішення є не лише технічно доцільним, але й економічно обґрунтованим.

Отримані результати мають як практичне, так і методичне значення, оскільки демонструють можливість застосування сучасних інженерних підходів для аналізу та оптимізації будівельних елементів. Підхід, реалізований у роботі, може бути рекомендований для використання під час проектування конструкцій, що працюють у складних умовах навантаження, а також для розвитку подальших досліджень у галузі раціоналізації будівельних конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.2-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»
2. ДБН В.2.1-10:2018 «Основи та фундаменти»
3. ДБН В.2.6-98:2009 "Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення"
4. ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"
5. ДБН В.2.2-40:2018 "Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення"
6. ДСТУ ISO 23599 Вироби для надання допомоги сліпим і людям зі слабким зором. Тактильні індикатори пішохідної зони (ISO 23599:2012, IDT)
7. ДСТУ EN 14889-2:2022 Фібра для бетону. Частина 2. Фібра полімерна. Визначення, вимоги та оцінка відповідності (EN 14889-2:2006, IDT)
8. The 2010 fib MODEL CODE FOR CONCRETE STRUCTURES: A NEW APPROACH IN STRUCTURAL ENGINEERING
9. Statistical analysis of an experimental database on residual flexural strengths of fiber reinforced concretes: Performance-based equations by Eduardo Galeote. Alvaro Picazo. Marcos G. Alberti, Albert de la Fuente, Alejandro Enfedaque, Jaime C, Galvez. Antonio Aguado.
10. ДСТУ-Н Б В.2.6-218:2016 Настанова з проектування та виготовлення конструкцій з дисперсноармованого бетону

**Розрахунок класу наслідків (відповідальності) відповідно до ДСТУ
8855:2019**

Функціональне призначення споруда цивільного захисту
об'єкта:

Назва проєкту: Нове будівництво захисної споруди цивільного захисту (ПРУ)

Призначення та Нове будівництво захисної споруди цивільного
характеристика проєкту: захисту (ПРУ)

1. Кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті - N1

Нове будівництво захисної споруди цивільного захисту (ПРУ)		0
Всього		0

Кількість осіб, які постійно перебувають на об'єкті N1 = 0

За кількістю осіб, які постійно перебувають на об'єкті, об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС1.

2. Кількість осіб, які періодично перебувають на об'єкті - N2

Тимчасове перебування людей на об'єкті визначається згідно
технологічних рішень та нормативних документів _____ 200
людей. _____

Нове будівництво захисної споруди цивільного захисту (ПРУ)		200
Всього		200

Сумарне значення N1 = 200

За кількістю осіб, які періодично перебувають на об'єкті, об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

3. Кількість осіб, які знаходяться зовні об'єкта - N3

Нове будівництво захисної споруди цивільного захисту (ПРУ)		400
Всього		400

Сумарне значення $N3 = N2 + N1 = 400$

За кількістю осіб, які перебувають зовні об'єкта, об'єкт відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

4. Обсяг можливого економічного збитку.

Нове будівництво захисної споруди цивільного захисту (ПРУ)	мрзп	3358,2
С - коефіцієнт, що враховує відносну частку основних фондів, які повністю губляться під час аварії		0,45
Рі - ціна основних фондів, які можуть бути втрачені, під якою слід розуміти загальну вартість, визначену на підставі ДБН Д. 1.1-1 або за даними об'єкта аналога (тис. грн.)		100000,000
Тef - середнє значення встановленого терміну експлуатації основних фондів (років)		100
Каі - коефіцієнт амортизаційних відрахувань основних фондів		0,01000
Збитки, понесені в результаті втрати матеріальних цінностей ДСТУ 8855: 2019 п.4.12 (тис. грн.) *		0
м.р.з.п. - мінімальний рівень заробітної плати (грн.)		6700,00

$$\Phi = 0.45 * 100000.00 * (1 - 1/2 * 100.00 * 0.01000) = 22500,0 \text{ тис. грн.}$$

$$\Phi_{\text{мрзп}} = (22500,0 + 0) / (6700.00 * 0.001) = 3358,2$$

Всього			3358,2
--------	--	--	--------

Визначена сума не перевищує обсяг допустимого економічного збитку для класу наслідків (відповідальності) СС2.

5. Припинення функціонування об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, зв'язку, енергетики.

Приймаємо, що відмова функціонування об'єкта не впливає на припинення роботи об'єктів транспорту, зв'язку, енергетики. Клас наслідків не заданий.

Висновок. За всіма наведеними розрахунками характеристик можливих наслідків у відповідності з таблицею 1 об'єкт Нове будівництво захисної

споруди цивільного захисту (ПРУ) відноситься до класу наслідків (відповідальності) СС2.

РОЗРАХУНОК КОЕФІЦІЄНТА ПРОТИРАДІАЦІЙНОГО ЗАХИСТУ

Протирадіаційні укриття повинні забезпечувати захист осіб, що укриваються від впливу іонізуючого випромінювання при радіоактивному забрудненні місцевості, і розраховуватися на безперервне перебування у них розрахункової кількості осіб, що укриваються протягом двох діб.

Залежно від місця розміщення укриттів, повинні мати ступінь послаблення проникаючої радіації зовнішнього випромінювання – коефіцієнт захисту K_z , нормативне значення якого потрібно приймати згідно із додатком А ДБН В.2.2 5:2023.

Ступінь захисту приховуваних від іонізуючих випромінювання при радіоактивному зараженні місцевості слід визначати розрахунком відповідно до зазначеного у завданні на проектування коефіцієнту захисту протирадіаційного укриття ($K_z = 1000$) (ДБН В. 2.2- 5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»).

Огороджувальні конструкції укриттів повинні забезпечувати послаблення радіаційного впливу до допустимого рівня.

Проведено розрахунок коефіцієнта захисту перекриття протирадіаційного укриття. Загальні характеристики захисної споруди цивільного захисту:

22.2. Вид захисної споруди цивільного захисту – протирадіаційне укриття (далі – ПРУ);

22.3. Захисні властивості ПРУ – група укриття – П-1 (згідно Завдання на проектування); коефіцієнт захисту (K_z) – 1000; надмірний тиск ударної хвилі ΔP , кПа – 100;

22.4. Місце розміщення ПРУ групи П-1 знаходиться у межах зон – можливих незначних (слабких) руйнувань, можливого небезпечного сильного радіоактивного забруднення, що визначена для віднесеного до відповідних груп цивільного захисту населеного пункту та зоні можливого небезпечного сильного радіоактивного забруднення віднесених до категорій цивільного захисту об'єктів;

22.5. Кількість осіб, які переховуються – 200 осіб;

22.6. Норма площі на одну особу в основному приміщенні для укриття – прийнята відповідно до вимог Додатку Б ДБН В.2.2.-5:2023 «Захисні споруди цивільного захисту»;

22.7. Розміщення ПРУ у забудові – окремо розташоване (на відстані від будівель і споруд, що дорівнює їх висоті), заглиблене (підземне);

22.8. Конструкція ПРУ – монолітна залізобетонна підземна споруда з двома виходами сходових клітин на поверхню землі;

22.9. Режим вентиляції – режим І – чиста вентиляція;

22.10. Обґрунтування ефективного використання ПРУ у мирний час для господарських, культурних і побутових потреб та строків приведення їх у готовність для використання за призначенням – приміщення для проведення навчальних та позашкільних занять, приведення у готовність до прийому населення у термін, що не перевищує 12 годин;

22.11. Розрахунковий термін перебування населення, що укривається у ПРУ – 48 годин.

Загальний розмір ПРУ у плані у вісях 1-7/А-Л – 26,35х35,3 м.

Характеристика перекриття ПРУ.

Перекриття – монолітні залізобетонні товщиною 400 мм з бетону С25/30, арматура класу А500С і А240С ДСТУ 3760: 2019.

Грунт – товщина шару 2,3 м Щільність бетону С25/30 - 2,3-2,5 т/м³.

Для окремо розташованих повністю заглиблених у грунт ПРУ чи СПП, або повністю обвалованих споруд (укриттів) незалежно від планувальної відмітки, фактичний (розрахунковий) коефіцієнт послаблення радіаційного впливу $K_{з\phi} = A_{з\phi}$, і відповідно визначається за формулою Г.1

$$A_{з\phi} \leq A_{з\Phi} = 1,18 (K_{у,i} \times K_{н,i}) \times K_p \times K_N / (K_{у,i} + K_{н,i}), \text{ (Г.1)}$$

де:

$A_{з\phi}$ – нормативний ступінь послаблення, який приймається згідно з таблицею А.1 додатку А ДБН В.2.2.-5:2023 залежно від класу споруди;

$A_{з\Phi}$ – розрахунковий ступінь послаблення;

$K_{у,i}$ – коефіцієнт послаблення дози гамма-випромінювання огорожувальною конструкцією з одного або декількох і-тих шарів матеріалу,

що приймається для шару матеріалу за таблицею Г.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 Г.1 та дорівнює добутку їх значень, якщо шарів матеріалів декілька;

KN – коефіцієнт, що враховує товщину шару матеріалу, значення якого визначається за таблицею Г.4;

K_p – коефіцієнт умов розташування сховищ чи СПП. Коефіцієнт умов розташування, K_p , визначається за формулою:

$$K_p = K_{заб} / K_{буд}, (Г.2)$$

де:

$K_{заб}$ – коефіцієнт, який враховує зниження дози проникаючої радіації у забудові та приймається за таблицею Г.2;

$K_{буд}$ – коефіцієнт, який приймається за таблицею Г.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 Г.3.

$$K_p = K_{заб} / K_{буд} \quad K_p = 1/1=1$$

Таблиця Г.1 Коефіцієнт послаблення дози гамма-випромінювання та нейтронів проникаючої радіації товщею матеріалів

Товщина шару матеріалу, см	Бетон $\rho = 2,4 \text{ г/см}^3$ вологість 10%		Цегла $\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$ вологість 5%		Грунт $\rho = 1,95 \text{ г/см}^3$ 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_γ	K_n	K_γ	K_n	K_γ	K_n	K_γ	K_n	K_γ	K_n	K_γ
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	$1,0 \cdot 10^6$	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 Г.2

арактер забудови	Висота будинків, м	Щільність забудови, %	Коефіцієнт Кзаб
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 10% , або при середній висоті навколишніх будівель менше 8 м, коефіцієнт Кзаб 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 Г.3

Матеріал стін	Товщина стін, см	Вага м.кв., 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 Кбуд												
Цегляна кладка (щільність: ρ ≥ 1500 кг/м3)	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: ρ ≥ 1800 кг/м3)	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, в 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 враховуються 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 $K_{буд}$ 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 1 м.кв. перекриття, значення коефіцієнта $K_{буд}$ розраховується за товщиною стіни, яка має вагу рівнозначну вазі перекриття.

Примітка 3.

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

Примітка 4.

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

Таблиця Г.4

Матеріал	Щільність матеріалу ρ , г/см ³	Вологість W, %	Товщина, см	KN
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
			від 110 до 150	0,9
Суглинок	1,95	19	від 10 до 40	1,4
Ліс	2,3	19	від 40 до 150	1,2
Глина	2,1	20	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 цегли	1,84	5	від 10 до 20	1,4
			від 20 до 35	1,2
			від 35 до 50	1,0
Кладка із силікатної цегли	1,5	3	від 50 до 80	0,9
			від 80 до 100	0,7
			від 10 до 20	1,5
Керамзитобетон	1,35	8	від 20 до 30	1,4
			від 30 до 65	1,2
			від 65 до 150	1,0
			від 10 до 20	3,0
			від 20 до 150	3,4
Поліетилен	0,9	-	від 10 до 15	2,7
Дерево	0,7	30	від 10 до 15	3,4
			від 15 до 150	0,7
Сталь	7,8	-	10-150	0,7

Обчислюємо коефіцієнт захисту:

$$A3 \leq A3\Phi = 1,18 (K_{y,i} \times K_{n,i}) \times K_p \times KN / (K_{y,i} + K_{n,i})$$

$$A3 \leq A3\Phi = 1,18 (14 \times 106 \times 12000) \times 1 \times 0,9 / (14 \times 106 + 12000) = 12733$$

Необхідний ступінь захисту для укріттів П-1 дорівнює 1000.

Коефіцієнт захисту проектного протирадіаційного укріття $A3\phi = 12733$;

Умова:

$$A3 \leq A3\Phi - \text{виконується.}$$

$$1000 < 12733$$

Конструктивні рішення протирадіаційного укріття забезпечують необхідний ступінь послаблення радіаційного впливу.

Пожежна безпека

При виробництві будівельно-монтажних робіт необхідно дотримуватися наказу МВС України від 30.12.2014 р. за №1417 «Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні», ДСТУ 8828:2019 «Пожежна безпека. Загальні положення».

До початку основних будівельних робіт на об'єкті має бути забезпечене протипожежне водопостачання від пожежних гідрантів на водогінній мережі.

Біля пожежного гідранта встановити світловий показчик.

Замовник спільно з генпідрядною (підрядною) організацією зобов'язаний призначити наказом відповідальних за пожежну безпеку осіб від замовника та генпідрядною (підрядної) організації по об'єкту в цілому і по окремих ділянках.

Особи, відповідальні за пожежну безпеку на об'єкті, повинні:

- організувати вивчення та забезпечити контроль за виконанням на споруджуваних об'єктах цих Правил, а також протипожежних заходів проєктів організації та виконання робіт працівниками, зайнятими під час проведення вогневих, фарбувальних та будівельно-монтажних робіт;

- забезпечити проведення з працюючими на будівництві інструктажів та перевірки знань з питань пожежної безпеки;

- встановити на об'єктах, що споруджуються, режим паління, проведення вогневих та інших пожежонебезпечних робіт, порядок прибирання, вивезення, утилізації горючих будівельних відходів;

- здійснювати заходи щодо забезпечення об'єктів засобами зв'язку, протипожежним водопостачанням, знаками пожежної безпеки, а також первинними засобами пожежогасіння;

- утримувати в справному стані та постійній готовності до застосування первинні засоби пожежогасіння і зв'язку;

- не допускати ведення будівельно-монтажних робіт, якщо відсутні протипожежне водопостачання, дороги, під'їзди та зв'язок;

- на території об'єкта забороняється розводити багаття для спалювання сміття, розігрівання бітуму, обігріву робітників;

– необхідно встановити пожежні щити з набором інвентарю та ящиків з піском на території об'єкту та побутових приміщеннях.

Під'їзд пожежних машин здійснюється по існуючим асфальтованим проїздам.

Зовнішнє пожежогасіння здійснюється від існуючого пожежного гідранта на існуючій мережі водопроводу.

Об'єкт будівництва, у відповідності до Правил пожежної безпеки в Україні, повинен бути забезпечений первинними засобами пожежогасіння з розрахунку:

– на 200м² площі підлоги – один вогнегасник (якщо площа поверху менша 200м² – два вогнегасники на поверх), бочка з водою, ящик з піском;

– на кожні 2м довжини риштування (на поверхах) – один вогнегасник (але не менше двох на поверсі), а на кожні 100м довжини риштування – бочка з водою;

– на 200м² площі покриття з утеплювачем та покрівлями з горючих матеріалів груп горючості Г3, Г4 згідно ДБН.1.1-7-2016 «Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва» – один вогнегасник, бочка з водою, ящик з піском;

– у місці встановлення теплогенераторів, калориферів – два вогнегасники та ящик з піском на кожний агрегат. Зазначені місця повинні оснащуватися вогнегасниками водяними або водопінними місткістю 10кг або порошковими місткістю не менше 5 г згідно ДСТУ 3675-98 «Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги і методи випробувань».

Охорона праці

Організація і виконання будівельно-монтажних робіт повинні відповідати вимогам:

- Закон України «Про охорону праці» від 14.10.92р.;
- Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону праці» від 21.11.02р.;
- ДБН В. 2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
- ДБН В.1.2-10:2021 «Захист від шуму. Норми проєктування»;
- ДБН В.2.5-75:2013 «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди»;
- ДСТУ-Н Б В.2.5-68:2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації»;
- ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму»;
- ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку»;
- НПАОП 0.00-1.15-07 «Правила охорони праці під час виконання робіт на висоті»; – Правил безпечного зведення та безпечної експлуатації будівель і споруд; – Галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці, затверджених в установленому порядку; – Гігієнічних нормативів, санітарних правил і норм, затверджених Міністерством охорони здоров'я України. При виробництві будівельно-монтажних робіт необхідно суворо дотримуватися вимог глав ДБН А.3.2-2-2009 (НПАОП 45.2-7.02-12) «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», а також норм і правил, затверджених органами Держнаглядохоронпраці України. До будівельно-монтажних робіт дозволяється приступати лише при наявності затвердженого проєкту виробництва робіт (ПВР). При складанні ПВР необхідно враховувати особливості монтажу в обмежених умовах, коли важко розгорнути монтовані конструкції та обладнання. Відповідальність за виконання заходів з техніки безпеки, охорони праці, промсанітарії, пожежної та екологічної безпеки покладається на керівників робіт, призначених наказом. Відповідальна особа здійснює організаційне керівництво роботами безпосередньо або через бригадира.

Розпорядження та вказівки відповідальної особи є обов'язковими для всіх працюючих на об'єкті. Охорона праці робітників повинна забезпечуватися видачею адміністрацією необхідних засобів індивідуального захисту (спеціального одягу, взуття та ін), виконанням заходів щодо колективного захисту робітників (огороження, освітлення, вентиляція, захисні і запобіжні пристрої і пристосування тощо), санітарно-побутовими приміщеннями і пристроями у відповідності з діючими нормами і характером виконуваних робіт. Робочим повинні бути створені необхідні умови праці, харчування та відпочинку. Роботи виконуються в спецвзутті та спецодязі. Рішення з охорони праці повинні враховуватись і знаходити відображення в організаційно-технологічних картах та схемах на виробництво робіт. При розробці методів і послідовності виконання робіт слід враховувати небезпечні зони, які виникають в процесі робіт. При необхідності виконання робіт у небезпечних зонах повинні передбачатися заходи щодо захисту працюючих. Санітарно-побутові приміщення повинні розміщуватися поза небезпечних зон. У вагончику для відпочинку робітників повинні перебувати і постійно поповнюватися аптечка з медикаментами, носилки, фіксуючі шини та інші засоби для надання першої медичної допомоги. Всі працюючі повинні бути забезпечені питною водою. Робота з механізмами, пристроями, інвентарем та інструментами повинна вестися у відповідності з інструкціями з їх експлуатації. Робітники, які виконують роботи, зобов'язані знати: – небезпечні і шкідливі для організму виробничі фактори виконуваних робіт; – шкідливі речовини і компоненти використовуваних матеріалів і характер їх впливу на організм людини; – правила особистої гігієни; – інструкції з технології виробництва робіт, утримання робочого місця, техніки безпеки, виробничої санітарії, протипожежної безпеки; – правила надання першої медичної допомоги. Особа, відповідальна за безпечне виробництво робіт, зобов'язана: – ознайомити робітників з Робочою технологічною картою під розпис; – стежити за справним станом інструментів, механізмів та пристосувань; – роз'яснити працівникам їх обов'язки та послідовність виконання операцій. Застосовані при виробництві робіт устаткування, оснащення і пристосування повинні відповідати умовам безпеки

виконання робіт. Подання матеріалів на робочі місця повинна здійснюватися в технологічній послідовності, що забезпечує безпеку робіт. Складувати матеріали та обладнання на робочих місцях слід так, щоб вони не створювали небезпеку при виконанні робіт і не обмежували проходи. Металеві частини будівельних механізмів з електроприводом повинні бути заземлені. Будівельний майданчик, щоб уникнути доступу сторонніх осіб, повинен бути огороженим. Конструкція огороження повинна задовольняти вимогам ДСТУ Б В.2.8-43:2011. «Будівельний майданчик», ділянки робіт, робочі місця, проїзди й проходи до них у темний час доби повинні бути освітлені. Освітленість повинна бути рівномірною, без сліпучої дії освітлювальних пристосувань на працюючих і становити не менш 2лк. Провадження робіт у неосвітлених місцях не допускається. Про проведення інструктажів, повинна бути відмітка в спеціальному журналі під розпис. Журнал повинен зберігатися у відповідального за проведення робіт на об'єкті або в будівельній організації. З усіма працівниками повинен проводитися вступний інструктаж і інструктаж на робочих місцях по техніці безпеки, пожежній безпеці й виробничій санітарії.

Перелік основних небезпечних і шкідливих виробничих факторів наведений у табл. 19.1.

Таблиця 19.1

Найменування фактору	Спосіб виключення шкідливого фактору
Наявність не обгороджених перепадів по висоті 1,3м і більше, небезпека па- діння з висоти	Пристрій інвентарних огорожень, застосування за- побіжних поясів.
Наявність пилу : - від дії шліфувальної машинки (пил абразивна й металева – ГДК – 4мг/м ³)	Застосування непроникаючого протипилового спец- одягу, респіраторів РП-ДО й захисних окулярів. Контроль за станом повітря робочої зони згідно з наказом МОЗ України від 14.07.2020р. за №1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допусти- мого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» (zareestrovaniy u Ministerstvi yustitsii Ukraini 03.08.2020p. za №741/35024.)
Небезпека перебування людей поблизу зон переміщення вантажу вантажопідйомним краном	Установка знаків безпеки
Небезпека можливого падіння предметів поблизу будинку	Установка огороження будівельного майданчика й знаків безпеки.
Наявність шуму й вібрації від ручних машин. Гранично-допустимий рівень звуку на робочому місці – 80 дБА. Гранично- допустимий рівень локальної вібрації – 109 дб.	Застосування засобів індивідуального захисту від шуму - противошуми й заглушки, а від вібрації - спеціальні рукавички й рукавиці. Контроль за вібрацією здійснюється згідно ДСН 3.3.6.039-99.