

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання і дизайну

ПОГОДЖЕНО

**Декан факультету
конструювання і дизайну**

_____ Іван РОГОВСЬКИЙ
(підпис)

“ ” _____ 2026 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри будівництва

_____ Ігор ЯКОВЕНКО
(підпис)

“ ” _____ 2026 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему «Проектування будівлі закритих тенісних кортів на чотири ділянки
у м. Чернігові»**

Спеціальність 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор _____ Микола МАР’ЄНКОВ
(підпис)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

кандидат технічних наук, доцент _____ Євген ДМИТРЕНКО
(підпис)

Виконав

_____ Ярослав ТАРАСЮК
(підпис)

КИЇВ – 2026

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет конструювання і дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри будівництва

доктор технічних наук, професор

Ігор ЯКОВЕНКО

(підпис)

“19” _____ грудня _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧУ

Тарасюку Ярославу Юрійовичу

Спеціальність 192 – «Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

Орієнтація освітньої програми освітньо-наукова

Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Проектування будівлі закритих тенісних кортів на чотири ділянки у м. Чернігові»,

затверджена наказом від “16” грудня 2024 р. №2267 “С”.

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026, червень, 01

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: необхідно запроєктувати будівлю закритих тенісних кортів на чотири ділянки із зовнішніми габаритними розмірами 72,0×90,0 м у залізобетонному каркасі із фундаментами стаканного типу у першому кліматичному районі

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

- Проаналізувати основні підходи до визначення параметрів вибухово-ударної хвилі для наземного вибуху.

1. Виконати розрахунок надлишкового тиску, відбитого тиску, тривалості фази стиснення та імпульсу тиску для заданої маси вибухової речовини у тротиловому еквіваленті та заданого діапазону відстаней до епіцентру вибуху.
2. Провести порівняльний аналіз результатів, отриманих за методиками М.О. Садовського, А.Н. Бірбраєра, Кіннея і Грахама та Кінгері-Булмаша.
3. Обґрунтувати вибір розрахункової методики для подальшого чисельного моделювання захисної споруди.
3. На основі порівняльного аналізу досліджень:
 - Розробити просторову розрахункову модель захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури у ПК «ЛІРА-САПР».
 - Задати розрахункові сценарії дії вибухового навантаження на конструктивні елементи захисної споруди.
 - Виконати розрахунок захисної споруди методом скінченних елементів, зокрема із застосуванням прямого динамічного методу.
 - Проаналізувати характер переміщень, деформацій, внутрішніх зусиль та напружень у несучих елементах захисної споруди.
 - Оцінити достатність прийнятих конструктивних рішень та сформулювати практичні рекомендації щодо використання чисельного моделювання при проектуванні захисних споруд.

Перелік графічного матеріалу (за потреби):

→ архітектурна частина (розроблений головний та боковий фасади, план підвалу, план першого поверху, наведена експлікація приміщень, розроблений повздовжній та поперечний розрізи будівлі, наведені архітектурні вузи) – 3 аркуші формату А1;

→ розрахунково-конструктивна частина (виконане проектування залізобетонної багатопустотної плити перекриття $1,5 \times 6$ м, поперечної рами будівлі, залізобетонної центрально стиснутої колони 400×600 мм, залізобетонного ригеля

перекриття, прольотом 7,2 м, наведені специфікації та відомості витрат сталі на кожну конструкцію) – 2 аркуші формату А1;

→ основи і фундаменти (розроблений план стовпчастих фундаментів, розрахункові схеми, наведені конструктивні вузли, специфікація, розроблений інженерно-геологічний розріз) – 1 аркуш формату А1;

→ організація будівельного виробництва (розроблений будгенплан майданчика забудови, показана схема руху баштового крану, схеми розміщення складських приміщень, під'їзні шляхи, електро- та водопостачання, розроблений календарний план зведення промислової будівлі АПК) – 2 аркуші формату А1;

→ технологія будівельного виробництва (розроблена технологічна карта на монтаж збірних залізобетонних конструкцій каркасу надземної частини будівлі) – 1 аркуш формату А1.

→ науково-дослідна частина – 3 плакати у презентації.

Дата видачі завдання “18” грудня 2024 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____ Євген ДМИТРЕНКО
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ Ярослав ТАРАСЮК
(підпис)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота розроблена на тему: «Проектування будівлі закритих тенісних кортів на чотири ділянки у м. Чернігові».

Пояснювальна записка містить 173 сторінки, 39 рисунків, 23 таблиці, 52 використаних джерела та 12 аркушів креслень формату А1, 2 додатків.

У магістерській кваліфікаційній роботі виконано проектування будівлі закритих тенісних кортів на чотири ділянки. Розроблено архітектурно-планувальні, конструктивні та технологічно-організаційні рішення відповідно до чинних будівельних норм України.

В архітектурному розділі наведено характеристику району будівництва, об'ємно-планувальні рішення будівлі, виконано теплотехнічний розрахунок ТЕП проекта та розроблено основні архітектурні креслення.

У розрахунково-конструктивному розділі виконано збір навантажень, розрахунок та конструювання збірних залізобетонних конструкцій – складчастої оболонки покриття та плити покриття. Розрахунки виконані відповідно до вимог ДБН та Єврокодів.

У розділі «Основи та фундаменти» виконано аналіз інженерно-геологічних умов майданчика будівництва та запроєктовано збірні залізобетонний стовпчаті фундаменти.

У розділах організації будівництва та технології будівельного виробництва розроблено будівельний генеральний план, календарний графік виконання робіт та технологічну карту на оболонки покриття.

Науково-дослідний розділ присвячено аналізу методик визначення параметрів вибухово-ударної хвилі та чисельному моделюванню роботи захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури. У межах дослідження розглядається наземний вибух із тротиловим еквівалентом 36 кг, а параметри вибухової хвилі визначаються в діапазоні відстаней від 5 до 25 м від епіцентру вибуху. Порівнюються методики М.О. Садовського, А.Н. Бірбасра, Кіннея і Грахама та Кінгері-Булмаша, що дозволяє оцінити розбіжність між різними

підходами до визначення надлишкового тиску, тривалості фази стиснення та імпульсу тиску.

Графічна частина містить архітектурні креслення будівлі, конструктивні схеми, креслення армування конструкцій, будівельний генеральний план та календарний графік виконання робіт.

Ключові слова: *проектування, будівля закритих тенісних кортів, складчаста оболонка покриття, плита перекриття, вибухова хвиля, захисна споруда, організація будівництва, об'єкт критичної інфраструктури, напружено-деформований стан.*

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	6
ВСТУП.....	11
1. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ	13
1.1. 2.1 Загальна характеристика району.....	13
1.2. Генеральний план ділянки.....	13
1.3. 2.3 Об'ємно-планувальне рішення будівлі	14
1.4. Конструктивне рішення будівлі	14
1.5. Основи	14
1.6. Фундаменти.....	15
1.6.1 Каркас	15
1.6.2 Стіни, перегородки.....	16
1.6.3 Сходи	16
1.6.4 Перекриття, покриття, водовідведення.	16
1.6.5 Вікна, двері.....	17
2.5 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення	17
2.5.1 Зовнішнє оздоблення.	17
1.6.6 Внутрішнє оздоблення	18
1.6.7 Підлоги	18
1.7. Інженерне обладнання	20
1.7.1 Опалення	20
1.7.2 Водопостачання	21
1.7.3 Каналізація	21
1.7.4 Енергопостачання.....	21
1.8. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	21
1.9. Техніко-економічні показники.....	24
2. РОЗРАХУНКОВО – КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ	25
2.1. Розрахунок оболонки покриття.....	25
2.1.1 Геометрія оболонки.....	25
2.1.2 Перевірка оболонки на стійкість.....	27
Розрахунок оболонки на рівномірно розподілене симетричне навантаження	27
2.1.3 Розрахунок приконтурної зони оболонки	32
2.1.4 Розрахунок прогину оболонки	33
2.2. Розрахунок плити	33
2.2.1 Несуча здатність поля плити	34
2.2.2 Розрахунок опорного контуру оболонки	37
3. Основи і фундаменти	42
3.1. Вихідні дані до розрахунку	42

3.1.1	Визначення номенклатури ґрунтів будівельного майданчика.....	42
3.2.	Теплотехнічний розрахунок основи	45
3.2.1	Розрахунок нормативної глибини сезонного розморожування	45
3.2.2	Розрахункові температури ґрунтів на підставі спорудження	47
3.3.	Розрахунок несучої здатності.....	49
4.	ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	52
4.1.	Область застосування.....	52
4.2.	Вибір методів виконання монтажних робіт	53
4.3.	Калькуляція витрат праці та заробітної плати.....	54
4.4.	Визначення потреб у технічних ресурсах	55
4.5.	Контроль якості робіт	57
5.	ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА	59
5.1.	Календарний план виконання робіт.....	59
5.2.	Вибір крана.....	59
5.3.	Методи виконання робіт	61
5.4.	Відомість обсягів робіт та витрат праці	65
5.5.	Розрахунок техніко-економічних показників	67
5.6.	Проектування об'єктного будженплану	68
5.6.1	Розрахунок потреби у трудових ресурсах.....	68
5.6.2	Визначення потреб у тимчасових будівлях	68
5.6.3	Розрахунок площ складських приміщень та майданчиків	70
5.6.4	Визначення потреби будівництва у воді	71
5.6.5	Визначення потреби в електроенергії	73
5.6.6	Розрахунок техніко-економічних показників	75
5.6.7	Методи та засоби захисту	75
5.6.8	Захист від механічного травмування.....	77
5.6.9	Захист від шуму	78
5.7.	Пожежна безпека	79
5.8.	Вимоги безпеки під час зведення будівлі	80
6.	ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА	83
6.1.	Упорядкування локального кошторису на загальнобудівельні роботи	83
6.2.	Зведений кошторисний розрахунок.....	83
7.	НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ	86
7.1.	Актуальність теми	86
7.2.	Постановка проблеми.....	87
7.3.	Аналіз публікацій	88
7.4.	Нормативний квазістатичний метод розрахунку захисних споруд.....	91

7.5. Порівняльний аналіз методик розрахунку вибухової хвилі, альтернативних нормативній.....	93
7.6. Аналіз отриманих результатів. Конструювання елементів	120
7.6.1 Аналіз отриманих результатів.....	120
7.7. Результати підбору перерізів балок покриття	122
Висновки за результатами дослідження.....	126
Список використаних джерел	128
Додатки.....	134

ВСТУП

Сучасні соціальні зміни, що відбуваються в Україні, суттєво впливають на потреби населення у сфері фізичної культури, спорту, оздоровлення та дозвілля. Особливої актуальності ці питання набули в умовах повномасштабної війни, коли значна частина громадян перебуває у стані постійного психоемоційного напруження, стресу, фізичного виснаження та соціальної нестабільності. У таких умовах спортивно-оздоровчі й дозвіллі об'єкти відіграють важливу роль не лише як елементи міської інфраструктури, а й як простори для відновлення фізичного здоров'я, психологічного розвантаження, соціальної взаємодії та адаптації населення до складних умов сьогодення.

Фізкультурно-спортивні споруди використовуються різними віковими та соціальними групами населення: дітьми, молоддю, людьми працездатного віку, особами похилого віку, професійними спортсменами, людьми з інвалідністю, а також громадянами, які займаються спортом переважно з оздоровчою або рекреаційною метою. Це зумовлює необхідність формування універсального, доступного та безпечного спортивного середовища, здатного задовольнити потреби широкого кола користувачів незалежно від рівня їх фізичної підготовленості.

Упродовж останніх років поширення набувають нові види спортивних, фізкультурно-оздоровчих і спортивно-розважальних занять, зокрема аеробіка, фітнес, скелелазіння, боулінг, активні ігрові види дозвілля та інші форми рухової активності. Такі заняття поєднують фізичне навантаження, елементи відпочинку, спілкування та емоційного відновлення, тому є доступними й привабливими для різних категорій населення.

В умовах війни значення таких об'єктів істотно зростає. Спортивно-оздоровчі простори можуть виконувати функцію місць психологічної підтримки, відновлення після стресових ситуацій, зміцнення соціальних зв'язків у громаді та повернення людей до активного способу життя. Для внутрішньо переміщених

осіб, військовослужбовців, ветеранів, дітей і молоді такі споруди можуть стати важливою частиною системи реабілітації, адаптації та соціальної інтеграції.

Попит на фізкультурно-спортивні послуги, особливо на оздоровчі, рекреаційні та розважальні форми дозвілля, нині значно перевищує наявні можливості їх реалізації. Водночас в умовах обмеженого фінансування особливої уваги потребують ті типи спортивних споруд, які забезпечують високу пропускну спроможність, доступність для населення та порівняно невеликі витрати на будівництво й експлуатацію.

До таких об'єктів належать площинні фізкультурно-спортивні споруди, які можуть ефективно використовуватися для масових занять спортом, оздоровчих заходів, активного відпочинку та організації дозвілля. Їх будівництво, експлуатація та подальша модернізація потребують менших витрат порівняно з капітальними критими спортивними комплексами, що робить такі споруди доцільними для розвитку спортивної інфраструктури громад.

Таким чином, проєктування сучасних фізкультурно-спортивних споруд є актуальним завданням, оскільки вони сприяють зміцненню здоров'я населення, підвищенню якості міського середовища, створенню умов для активного дозвілля та забезпеченню важливої функції психологічного й фізичного відновлення людей в умовах воєнного часу та післявоєнної відбудови України.

1. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ

1.1. 2.1 Загальна характеристика району

Територія вільна від будівель та зелених насаджень. Рельєф майданчика будівництва має ухил.

Ділянка будівництва розташована в безпосередній близькості від автомобільної дороги, а також мереж газопостачання, водопостачання, каналізації та електропостачання. Зв'язок із зовнішньою мережею автомобільних доріг передбачається через існуючу магістраль, на яку мають вихід усі найближчі під'їзні колії.

Природно-кліматична характеристика майданчика будівництва:

- 1) розрахункове снігове навантаження для III географічного снігового району за ДБН [3] - 1 кПа (100 кг/м²);
- 2) нормативний швидкісний тиск вітру для II географічного вітрового району по ДСТУ [12] – 0,3 кПа;
- 3) нормативна глибина промерзання за даними ДБН [6] - 1,3 м;
- 4) кліматичний район – II;
- 5) район будівництва – не сейсмічний.

У геологічному відношенні майданчик складений: ґрунтовий ґрунт; глина темно-сіра, напівтверда, важка із включеннями дрібнокристалічного гіпсу до 5%; вапняк синювато-сірого кольору середньої міцності.

Ґрунти є непросадними. Ґрунтові води та верховодка відсутні, ґрунти не мають агресивності по відношенню до бетону будь-якої марки та залізобетонних конструкцій.

1.2. Генеральний план ділянки

Рельєф майданчика спланований підсипкою, більшість майданчика заасфальтована. Абсолютні позначки поверхні коливаються не більше 124-126 метрів. Загальний ухил поверхні спостерігається у північно-східному напрямку.

Територія впорядкована, має під'їзні шляхи з асфальтовим покриттям. Проект передбачає збереження природного ландшафту, прилеглого до зони будівництва комплексу. На території вільної від забудови та покриття влаштовується газон.

Запроектована система проїздів та тротуарів забезпечить можливість під'їзду пожежних машин до комунікацій для доступу до пожежних гідрантів у разі виникнення пожежі.

1.3. 2.3 Об'ємно-планувальне рішення будівлі

Будівля різнорівнева, прямокутна в плані, застосована комбінована схема угруповання приміщень: осередково-зальна. Крок колон: у двоповерховій частині – 6м, у зоні тенісних кортів – 36м.

За умовну позначку 0,000 прийнято відмітку чистої статі першого поверху, що відповідає позначці 78,600 у Балтійській системі висот.

Основне конструктивне рішення - просторовий каркас з панелями, що захищають. Всі основні навантаження передаються на каркас, що складається з колон, кроквяних та інших конструкцій, що виконуються із сталевих елементів.

У будівлі розміщено 8 критих тенісних кортів. Передбачені також допоміжні та побутові приміщення для тих, хто професійно займається тенісом та любителів, приміщення для суддів, інструкторів та медичних працівників, душові кабінки, магазин, перукарня, вузол зв'язку та ін.

Температурно-вологісний режим у приміщенні: вол. 60%, +18-22°C.

Ступінь вогнестійкості – II.

Ступінь довговічності – II.

Клас будівлі – II.

1.4. Конструктивне рішення будівлі

1.5. Основи

Насипні ґрунти, поширені по всій території описуваного майданчика, представлені переважно щебенистим і галечниковими ґрунтами магматичних

порід, а також будівельними відходами та піском. У північно-західній частині майданчика (свердловина К-2289) у насипних ґрунтах розкрито лінзу льоду потужністю 0.5 метра. Потужність насипу коливається від 1.5 до 6.0 метрів.

Верхня частина розрізу алювіально-озерних відкладень до глибини 4-16 метрів представлена пісками від пилу до середньої крупності. Піски, здебільшого, масивної кріогенної текстури (без видимого льоду), ділянками зустрічаються прошарки льодових пісків із вмістом льоду 10-15%. Нижче розріз представлений перешаровування суглинків, глин, галечникових і валунових ґрунтів. Крупноуламкові ґрунти масивної кріогенної текстури, льодистість глинистих ґрунтів змінюється в широких межах, вміст льоду в них становить від 3 до 50%. З глибини 20-25 метрів розріз представлений переважно галечниковими суглинками масивної кріогенної текстури.

У північно-східній частині майданчика глибина залягання покрівлі скельних ґрунтів перевищує 40 метрів (бурінням не розкрито). Ділянками, в покрівлі скельні ґрунти сильновивітрілі (до піску та щебеню), потужність сильновивітрілої зони не перевищує 0.5 метра.

1.6. Фундаменти

У проекті прийнято пальовий фундамент. Пазухи збірних паль заповнюються цементно-піщаним розчином М100. Для спостереження за температурним режимом ґрунтів передбачені температурні трубки, що встановлюються одночасно зі сваями.

Ростверк та фундаментні балки – монолітні залізобетонні.

1.6.1 Каркас

Основним елементом каркасу будівлі в осях 1-4 є поперечна рама, утворена колонами, жорстко з'єднаними з фундаментами будівлі, і кроквяною балкою, яка шарнірно з'єднується з колонами. Кроквяна балка служить для сприйняття навантажень з покриття будівлі та зв'язку колон між собою.

Для покриття будівлі в осях 4-6 з кроком колон 36 м та прольотами 36м використовували контурні ферми, які збираються із напівферм довжиною 18м.

Конструктивною особливістю оболонок у багатохвильовому варіанті стало жорстке з'єднання сусідніх оболонок тільки в кутових зонах, що забезпечило відсутність між оболонками розтягуючих напружень.

Сталеві колони торцевого фахверка виконуються зварних двотаврів.

1.6.2 Стіни, перегородки

Огороджувальні конструкції – стінові сендвіч панелі Венталл-С3 (Z-Lock) товщиною 200мм, що відповідає теплотехнічному розрахунку при дотриманні вимог теплозахисту із санітарно-гігієнічних, комфортних умов та з умов енергозбереження.

Перегородки в приміщеннях запроектовані з гіпсокартонних листів Knauff товщиною 12 мм.

1.6.3 Сходи

Сходи – збірні залізобетонні сходи по металевих косоурах, поверхові та міжповерхові майданчики із монолітного залізобетону. Ухил сходів 1:2. Сходові клітки має штучне та природне освітлення через віконні отвори. Всі двері по сходовій клітці та в тамбурі відчиняються у бік виходу з будівлі за умовами пожежної безпеки. Огородження сходів виконується із металевих ланок.

1.6.4 Перекриття, покриття, водовідведення.

Цокольне перекриття – монолітна ребриста залізобетонна плита по балках ростверку.

Міжповерхові перекриття – монолітні залізобетонні плити металевими балками з бетону класу C20/25, F100 W2. Арматура класів A400C; A240C.

Плити покриття в осях 1-4 спроектовані з покрівельних панелей Венталл-К3 (5 Rib DRP). Плити спираються на металеві балки покриття.

Дах виконаний з неорганізованим водостоком.

Для покриття будівлі в осях 4-6 з кроком колон 36 м та прольотами 36м використовували збірні оболонки позитивної гаусової кривизни, що збираються з панелей 3х6м.

1.6.5 Вікна, двері

Запроектовано металопластикові віконні блоки, виконані на індивідуальне замовлення.

Вікна кріпляться до конструктивних ригелів гвинтами, що самонарізають. Зазор між пробкою та отвором заповнюється герметиком, на основі полісульфіду.

Двері зовнішні – металопластикові. Внутрішні, залежно від призначення приміщення, прийняті металопластикові та дерев'яні.

Дверний блок складається з дверної коробки та навішується на неї за допомогою роз'ємних петель дверного полотна. Дверна коробка кріпиться до дерев'яних пробок у отворі цвяхами.

Зазор між дверним блоком і кладкою зашпаклюється клоччям, змоченим гіпсовим розчином. Дверні блоки, що встановлюються в перегородках, мають товщину не більше товщини перегородки. Коробка кріпиться самонарізними гвинтами. Щілина між дверним блоком та перегородкою закривається наличником.

2.5 Зовнішнє та внутрішнє оздоблення

2.5.1 Зовнішнє оздоблення.

Сендвіч-панелі є повністю готовою стіною будівлі, яка не вимагає ніякої додаткової обробки, що знижує остаточну вартість об'єкта.

Використання в будівництві швидкобудівельних будівель панелі дозволяє значно скоротити терміни монтажу в порівнянні з будівництвом з традиційних матеріалів.

Залізобетонні сходи виготовляються на заводі залізобетонних виробів.

Цемент – цементний завод.

Металопластикові віконні та дверні блоки - фірма HEPTIC.

Інші будівельні матеріали та вироби є привізними.

1.6.6 Внутрішнє оздоблення

Внутрішнє оздоблення будівлі проводиться відповідно до призначення приміщень. У приміщеннях, до яких пред'являються особливі вимоги санітарії – холодильні камери, вбиральні та душові, виконується облицювання керамічною плиткою на всю висоту приміщення. Прилади опалення фарбують олійною фарбою за 2 рази.

Табл. 1.3

Відомість обробки приміщень

Найменування приміщення	Стеля		Стіни та перегородки	
	Площа	Вид обробки	Площа	Вид обробки
1	2	3	4	5
Вестибюль, коридори, сходові клітки	620	рейкова стеля «Albes»	1220	склошпалери підвищеної міцності
Підсобні приміщення	393	підвісна стеля «Армстронг»	441	фарбування водоемульсійним складом
Фітнес-зал, душові, санвузли	437	рейкова стеля «Albes»	524	керамічна плитка теплих тонів
Кабінети	1095	підвісна стеля «Армстронг»	2160	вінілові шпалери
Зал буфету	249	підвісна стеля «Армстронг»	144	декоративне структурне покриття ДЕКОкрил фірми «Alpa»
Магазин, перукарня, вузол зв'язку, аптека	325	підвісна стеля «Армстронг»	414	склошпалери підвищеної міцності

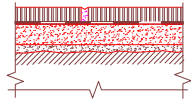
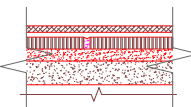
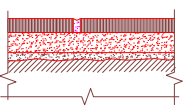
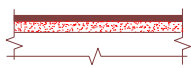
Внутрішнє оздоблення приміщень виконано з урахуванням санітарно-гігієнічних та технологічних вимог, що висуваються до приміщень даного типу.

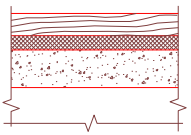
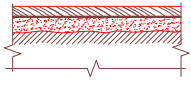
1.6.7 Підлоги

Залежно від призначення приміщення підібрано відповідні види підлог: керамограніт, ламінат, лінолеум, дошка, наливні.

Таблиця 1

Експлікація підлог

Тип	Схема	Матеріал та товщина шару, мм	Приміщення
1	2	3	4
1		Спеціальна затирка "PCI DuraFug NT" для загортання швів між плитками Керамограніт підлоговий з антиковзким покриттям на еластичному тиксотропному клеї "PSI Nanolight" -13 Двокомпонентна високоеластична гідроізоляція "PCI Seccoral 2K" -5 Герметизація кутів еластичними стрічками та манжетами "PCI Recitape" -10 Самонівелюючий склад для підлоги PCI Periplan Швидкотвердіюча ґрунтовка PCI Gisogrund Полістиролбетонна суміш Д250, М 3,5 180 Ж.б. плита	Вестибюль, тамбур, сан.вузли, душові, приміщення ресторану
2		Універсальне покриття Hardeck - пластини з високоякісної гуми 500x500 мм, товщиною 6,0 мм, колір синій -6 Заповнення швів універсальною еластичною затіркою PCI Nanofug Керамограніт підлоговий з антиковзким покриттям на еластичному клеї HCI Nanoflott -13 Самонівелюючий склад для підлоги PCI Periplan -15 Швидкотвердіюча ґрунтовка PCI Gisogrund Ж.б. плита	Кабінети лікаря, масажний
3		Заповнення швів універсальною еластичною затіркою PCI Nanofug Керамограніт підлоговий з антиковзким покриттям на еластичному клеї HCI Nanoflott -13 Самонівелюючий склад для підлоги PCI Periplan -15 Швидкотвердіюча ґрунтовка PCI Gisogrund Ж.б. плита	Коридори, сходові клітки
4		White Line Paint (лінії розмітки) -3 Ігровий не текстурований шар Deco Color MP classic on sand -3 Ігровий текстурований шар Deco Base I/Color MP mix 1 Шар акрилового праймера Acrylic Resurfacer Полістиролбетонна суміш Д250, М 3,5	Продовження табл. Тенісні корти

		Ж.б. плита	180	
5		NEOPUR DD Sealer напівматовий двокомпонентний поліуретановий лак Олія для просочення підлоги NEOOIL Floor Oil Шліфована масивна дошка з модрини радіального розпили шириною 120 мм, товщиною 21 мм, сорт А Система звукопоглинання PCI - звукоізолююча стяжка PCI Nanosilent- еластичний клей PCI PAR 364 Грунтовка PCI VG2 Цементно-піщана стяжка M200 Ж.б. плита	-21 15 44	Кабінети
6		Ламінат Pergo з шумопоглинаючою підкладкою Самонівелюючий склад для підлоги PCI Periplan Швидкотвердіюча грунтовка PCI Gisogrund Ж.б. плита	-10 -5	Мінімаркет, перукарня, аптека, магазин спортивного приладдя

1.7. Інженерне обладнання

Будівля забезпечується всіма необхідними інженерними системами (холодне та гаряче водопостачання, каналізація, опалення, електропостачання, вентиляція, телефонізація, протипожежна автоматика).

1.7.1 Опалення

Опалення та гаряче водопостачання запроектовано із магістральних теплових мереж. Приладами опалення є конвектори. На кожну секцію виконується окремий тепловий вузол для регулювання та обліку теплоносія.

Джерелом теплопостачання є ТЕЦ-1, як теплоносієм використовується перегріта вода за температурним графіком 130/70°C. Система теплопостачання – відкрита. Водорозбір на гаряче водопостачання проводиться безпосередньо із тепломережі.

1.7.2 Водопостачання

Вода на кожну секцію подається магістральним трубопроводом, який ізолюється і покривається алюмінієвою фольгою. У район проектованої будівлі вода надходить від насосної станції водопостачання 1-го підйому.

1.7.3 Каналізація

Відведення стічних вод від санітарно-технічних приладів передбачається за внутрішньою системою самотісної каналізації в приймальний резервуар, далі двома напірними каналізаційними трубопроводами передбачається відведення стоків у існуючу мережу каналізації.

1.7.4 Енергопостачання

Енергопостачання здійснюється за кабельною лінією від існуючої підстанції ТП-18 із запиткою двома кабелями: основним та запасним. Усі електрощитові розташовані на першому поверсі.

1.8. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Вихідні дані

Район будівництва- м. Чернігів.

Кліматичні характеристики по ДСТУ [12].

$t_n = - 260\text{C}$ – середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки забезпеченістю 0,92;

$t_{от.пер.} = - 4,60\text{C}$ - середня температура опалювального періоду;

$Z_{от. пер.} = 182 \text{ діб.}$ - Тривалість опалювального періоду.

Характеристики внутрішнього мікроклімату

$t_v = +180\text{C}$ – розрахункова температура повітря;

$\phi_v = 50\%$ – розрахункова відносна вологість внутрішнього повітря.

Вологісний режим внутрішнього середовища при $t_v = 180\text{C}$ і $\phi_v = 50\%$ характеризується як нормальний.

Теплотехнічні показники будівельних матеріалів конструкції зовнішньої стіни:

Сендвіч панель $\delta = 200 \text{ мм} = 0,200\text{м}$;

$\gamma_0 = 110 \text{ кг/м}^3$;

$\lambda = 0,049 \text{ Вт/(м}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$.

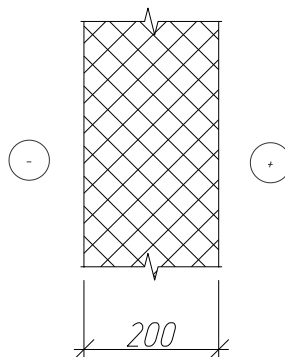


Рис. 1 Поперечний розріз стіни.

Потрібний опір теплопередачі зовнішньої стіни за умов забезпечення санітарно-гігієнічних та комфортних умов за формулою (1) ДБН [16]:

$$R^{mp}_0 = \frac{n \cdot (t_e - t_n)}{\Delta t_n \cdot \alpha_e} \cdot \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт} \quad (1)$$

де $n = 1$ - коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря табл. 6 ДБН [16]

$\Delta t_n = 40^\circ\text{C}$ – нормативний температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції табл.5 ДБН [16];

$\alpha_e = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції табл.7 ДБН [16].

Тоді за формулою (1):

$$R^{mp}_0 = \frac{1 \cdot [18 - (-46)]}{4 \cdot 8,7} = 1,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

Термічний опір огорожувальної конструкції визначається за ДБН[16].

Тоді

$$R_k = \frac{0,2}{0,049} = 4,08 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$$

Фактичний опір тепловіддачі зовнішньої стіни визначаємо за формулою 4 ДБН [16]

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_v} + R_{\kappa} + \frac{1}{\alpha_n} \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

де $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції табл.4 **Помилка! Джерело посилання не знайдено.**;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$ – коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції табл.6

$R_{\kappa} = 4,08 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ - Термічний опір зовнішньої стіни.

Тоді за формулою (5):

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + 4,08 + \frac{1}{23} = 4,24 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

Таким чином, порівнюючи фактичне значення опору теплопередачі стіни $R_0 = 4,24 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ з необхідним $R_{\text{тр}0} = 4,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, можна констатувати, що зовнішня стіна задовольняє вимогам теплозахисту із санітарно-гігієнічних, комфортних та умов енергозбереження.

Обчислюємо температуру на внутрішній поверхні покриття за формулою

$$t_v = t_{\text{в}} - \frac{t_{\text{в}} - t_{\kappa}}{R_0 \cdot \alpha_v} = 18 - \frac{18 - (-28)}{4,24 \cdot 8,7} = 16,75^{\circ}\text{C}$$

значення $t_{\text{в}} = 18^{\circ}\text{C}$, $R_0 = 4,24 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$, $\alpha_v = 8,7 (\text{м}^2 \cdot \text{°C}) / \text{Вт см}$;

$t_{\kappa} = -28^{\circ}\text{C}$ - температура зовнішнього повітря найбільш холодного місяця.

За табл.5 визначаємо пружність водяної пари у приміщенні E_v , Па, відповідну температуру внутрішнього повітря у приміщенні t_v .

$$E_v = 11,2 \text{ Па}$$

Обчислюємо дійсну пружність водяної пари у приміщенні e_v , Па, за формулою

$$e_{\text{в}} = E_{\text{в}} \frac{\varphi_{\text{в}}}{100} = 11,2 \cdot \frac{55}{100} = 6,16 \text{Па}$$

$$\varphi_{\text{в}} = 55\%$$

Визначаємо за таблицею 5 температуру, що відповідає знайденому значенню $e_{\text{в}} = 6,16 \text{Па}$ яка є точкою роси

$$t_{\text{р}} = 4,2^{\circ}\text{C}$$

Оскільки температура внутрішньої поверхні огорожі $t_{\text{в}} = 16,75^{\circ}\text{C}$ тобто вище, ніж точка роси $t_{\text{р}} = 4,2^{\circ}\text{C}$, то отже конденсації водяної пари на внутрішній поверхні покриття не буде.

1.9. Техніко-економічні показники

- площа забудови 6040 м.....²
- будівельний об'єм 69720 м.....³
- площа забудови будинками 9304 м.....²
- загальна площа 56700 м.....²
- Показник економічності планувального рішення

$$K1 = (S_{\text{зас}} / S_{\text{общ}}) * 100\% = 30,6\%$$

$$\text{Показник економічності об'ємно-просторового рішення } K2 = V_{\text{с}} / S_{\text{зас}} = 8,77$$

2. РОЗРАХУНКОВО – КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Розрахунок оболонки покриття

Розрахуємо по першій групі граничних станів збірно-монолітну пологу оболонку подвійної позитивної гаусової кривизни на квадратному плані розміром 36 36 м. Оболонка є покриттям споруди І класу відповідальності.

Конструкція відноситься до класу пологих оболонок, тому що стріла підйому її приймається в межах $f_a \leq 0,1a$; $f_b \leq 0,1b$.

2.1.1 Геометрія оболонки

Сферична поверхня оболонки має радіус $R = 55,4\text{м}$. Оболонка збирається з ребристих циліндричних плит номінальними розмірами у плані 3х6м. Монтаж оболонки ведеться за допомогою монтажних секцій з розмірами 3х18м, що збираються із трьох плит 3х6м.

Визначаємо геометричні параметри оболонки.

Підйом оболонки $f = f_c + f_k$, де

$$f_c = R - \sqrt{R^2 - \left(l/2\right)^2} = 55,4 - \sqrt{55,4^2 - \left(36/2\right)^2} = 3,006\text{м}$$

Радіус контуру оболонки $R_k = R - f_c = 55,4 - 3,006 = 52,394\text{м}$.

Підйом оболонки на контурі

$$f_k = R_k - \sqrt{R_k^2 - \left(l/2\right)^2} = 52,394 - \sqrt{52,394^2 - \left(36/2\right)^2} = 3,189\text{м}$$

Загальний підйом оболонки $f = f_c + f_k = 3,006 + 3,189 = 6,195\text{м}$

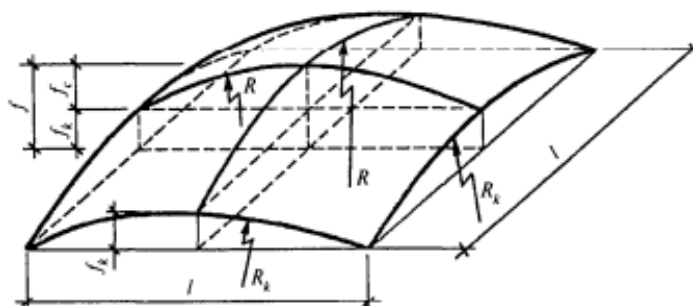


Рис. 2 Схема оболонки

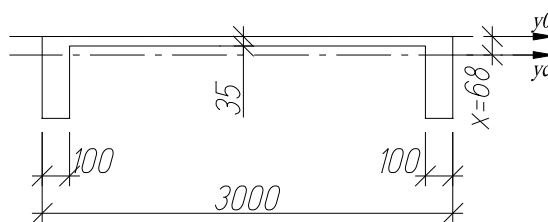


Рис. 3 Поперечний переріз циліндричної плити

Визначаємо геометричні характеристики плити. Бетон класу В30, $R_b = 17,0$ МПа, $R_{bt} = 1,15$ МПа, $E_b = 32500$ МПа.

Площа перерізу плити
 $A = 2bh + h'_f(l_2 - 2b) = 2 \cdot 10 \cdot 30 + 3,5 \cdot 280 = 1580 \text{ см}^2$.

Статичний момент інерції щодо верхньої грані полиці

$$S_{y0} = 2bh \frac{h}{2} + (l_2 - 2b)h'_f \frac{h'_f}{2} = 2 \cdot 10 \cdot 30 \cdot 15 + 280 \cdot 3,5 \cdot \frac{3,5}{2} = 10715 \text{ см}^3$$

Визначаємо положення центру тяжкості перерізу $x = \frac{S_{y0}}{A} = \frac{10715}{1580} = 6,8 \text{ см}$.

Момент інерції щодо осі у

$$\begin{aligned} I_{yc} &= 2 \frac{bh^3}{12} + 2bh \left(\frac{h}{2} - x \right)^2 + \frac{(l_2 - 2b)h_f'^3}{12} + (l_2 - 2b)h'_f \left(x - \frac{h'_f}{2} \right)^2 \\ &= 2 \frac{10 \cdot 30^3}{12} + 2 \cdot 10 \cdot 30 \left(\frac{30}{2} - 6,8 \right)^2 + \frac{280 \cdot 3,5^3}{12} + 280 \\ &\quad \cdot 3,5 \left(6,8 - \frac{3,5}{2} \right)^2 = 111200 \text{ см}^4 \end{aligned}$$

Визначаємо наведену фіктивну товщину оболонки:

$$\text{за площею } \delta_1 = \frac{A}{l_2} + 1 \text{ см} = \frac{1580}{300} + 1 = 6,3 \text{ см};$$

$$\text{за моментом інерції } \delta_2 = \sqrt[3]{\frac{12I_{yc}}{l_2}} = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 111200}{300}} = 16,45 \text{ см};$$

$$\text{за радіусом інерції } \delta_2 = \sqrt{\frac{12I_{yc}}{A}} = \sqrt{\frac{12 \cdot 111200}{1580}} = 29,1 \text{ см}.$$

Збір навантажень та розрахунок оболонки

Навантаження на покриття

Вид навантаження	Нормативне навантаження, кПа	y_f	Розрахункове навантаження, кПа
Гідроізоляція:	0,21	1,3	0,27

Акваластен-Е на спец. клеї			
Стяжка: Цементно-піщаний розчин М150	0,6	1,3	0,78
Утеплювач: Полістиролбетонна суміш Д250	1,84	1,3	2,39
Ж.б. плити оболонки	1,525	1,1	1,73
Сніг	2,29	1,4	3,2
Разом:	6,47		8,38

Нормативне значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття слід визначати за формулою

$$S_0 = 0,7 \cdot s_g \cdot \mu \cdot c_e \cdot c_t$$

Розрахункове навантаження на покриття $q = 8,38 \text{ кПа}$

2.1.2 Перевірка оболонки на стійкість

Фіктивний модуль пружності на відстані між ребрами плит $b=3,0 \text{ м}$

$$E_f = \frac{E_b \cdot A}{b \delta_3} = \frac{32500 \cdot 1580}{300 \cdot 29,1} = 5900 \text{ МПа}$$

Модуль деформації бетону при тривалій дії навантаження прийнятий за середньої відносної вологості повітря 40-75%:

$$E_{b,\tau} = \frac{E_b}{1 + \varphi_{b,cr}} = 0,303 E_b$$

$$E_{f,\tau} = 0,303 \cdot 5900 = 1800 \text{ МПа}$$

Інтенсивність допустимого критичного навантаження не повинна перевищувати інтенсивності повного розрахункового навантаження

$$[q] = 0,2 E_{f,\tau} \left(\frac{\delta_3}{R} \right)^2 k = 0,2 \cdot 1800 \cdot \left(\frac{29,1}{5540} \right)^2 \cdot 1 = 0,0099 \text{ МПа} = 9,93 \text{ кПа}$$

Стійкість оболонки забезпечена, т.к.

$$[q] = 9,93 \text{ кПа} > q = 8,38 \text{ кПа}$$

Розрахунок оболонки на рівномірно розподілене симетричне навантаження

Визначаємо параметр $\square$:

$$\lambda_1 = 1,17 \sqrt{\frac{f}{\delta_1}} = 1,17 \sqrt{\frac{6,195}{0,063}} = 12$$

$$\lambda_2 = 1,17 \sqrt{\frac{f}{\delta_2}} = 1,17 \sqrt{\frac{6,195}{0,1645}} = 7,18$$

Перевіряємо прийнятну товщину полиці плити оболонки (у центрі).
Визначимо нормальні зусилля на 1 м довжини

$$N_{xx} = N_{yy} = \frac{-ql^2}{8f} = \frac{-8,38 \cdot 36^2}{8 \cdot 6,195} = -219,15 \text{ кН/м.}$$

$$\text{Напруга в полиці плити } \sigma_c = \frac{N}{h'_f} = \frac{-219,15}{0,035} = -6261,37 \text{ кН/м}^2 = -6,26 \text{ МПа}$$

<Rb=17,0 МПа – прийнята товщина полиці $h'_f = 35 \text{ мм}$ достатня.

При рівномірно розподіленому навантаженні значні моменти виникають лише з приопорних ділянок оболонки.

Визначаємо найбільші згинальні моменти, що діють у напрямку осі x при $y=0$

$$M_1 = ql^2 k_M = 8,38 \cdot 36^2 \cdot k_M = 10861 k_M,$$

де коефіцієнти k_M знаходимо за табл. 10.2 [4].

При $\lambda_2 = 7,18$ з інтерполяції при $x/l=0,05$

$$M_{1max} = \frac{10861}{100} \cdot \left[0,0388 + \frac{(9 - 7,18) \cdot (0,0667 - 0,0388)}{9 - 7} \right] = 7,0 \text{ кН}$$

Визначаємо найбільші значення нормальних сил N1 та N2, що діють у полі оболонки:

у напрямку осі x по лінії $y=0$

$$N_1 = -\frac{ql^2}{\delta_1} k_{N_1} = -\frac{8,38 \cdot 36^2}{0,063} = -172389 k_{N_1} \text{ кН/м,}$$

де коефіцієнти k_{N_1} знаходимо за табл. 10.3 [4] при $\lambda_1 = 12,0$

x/l=	0,0	N1 = -1723,9 □	0,0000	0
			=	
x/l=	0,05	N1 = -1723,9 □	0,0207	-35,7
			=	
x/l=	0,1	N1 = -1723,9 □	0,0408	-70,3
			=	

x/l=	0,15	N1 = -1723,9 □	0,0596	-102,8
			=	
x/l=	0,2	N1 = -1723,9 □	0,0766	-132,0
			=	
x/l=	0,3	N1 = -1723,9 □	0,1036	-178,7
			=	
x/l=	0,4	N1 = -1723,9 □	0,1202	-207,2
			=	
x/l=	0,5	N1 = -1723,9 □	0,1255	-216,4
			=	

у напрямку осі у по лінії $y=0$

$$N_2 = -\frac{ql^2}{\delta_1} k_{N_2} = -\frac{8,38 \cdot 36^2}{0,063} = -172389 k_{N_1} \text{ кН/м},$$

де коефіцієнт k_{N_2} знаходимо за табл. 10.4 [4] при $\lambda_1 = 12,0$

x/l=	0,0	N1 = -1723,9 □	0,0000	0
			=	
x/l=	0,02	N1 = -1723,9 □	0,1127	-194,3
			=	
x/l=	0,05	N1 = -1723,9 □	0,2032	-350,3
			=	
x/l=	0,07	N1 = -1723,9 □	0,2299	-396,3
			=	
x/l=	0,1	N1 = -1723,9 □	0,2247	-387,3
x/l=	0,15	N1 = -1723,9 □	0,1956	-337,2
			=	
x/l=	0,2	N1 = -1723,9 □	0,1733	-298,7
			=	
x/l=	0,3	N1 = -1723,9 □	0,1469	-253,2
			=	
x/l=	0,4	N1 = -1723,9 □	0,1307	-225,3
			=	
x/l=	0,5	N1 = -1723,9 □	0,1255	-216,4
			=	

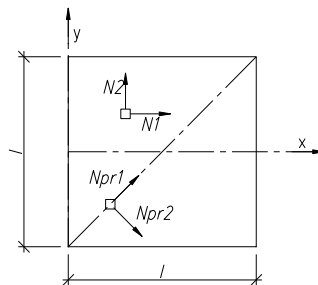


Рис. 4 Схема розподілу нормальних та головних зусиль в оболонці

Найбільші напруги, що діють у полі оболонки, становлять

$$\sigma_2^{max} = \frac{N_2^{max}}{\delta_1} = \frac{-396,3}{0,063} = -6289,9 \text{ кН/м}^2 = -6,29 \text{ МПа} < R_b = 17,0 \text{ МПа}.$$

Міцність перерізу оболонки забезпечена.

Визначаємо зусилля, що зсувають S по граням оболонки

$$S = \frac{ql^2}{\delta_1} k_s = 172388,6 k_s \text{ кН/м}$$

де коефіцієнт k_s визначаємо за табл. 10.5 [Помилка! Джерело посилання не знайдено.] при $\lambda_1 = 12,0$

x/l=	0,0	S = 1723,9 □	0,4485	773,2
			=	
x/l=	0,05	S = 1723,9 □	0,3742	645,1
			=	
x/l=	0,1	S = 1723,9 □	0,2711	467,3
			=	
x/l=	0,15	S = 1723,9 □	0,2036	351,0
			=	
x/l=	0,2	S = 1723,9 □	0,1600	275,8
			=	
x/l=	0,3	S = 1723,9 □	0,0997	171,9
			=	
x/l=	0,4	S = 1723,9 □	0,0492	84,9
			=	
x/l=	0,5	S = 1723,9 □	0,0000	0,0
			=	

Визначаємо поперечні сили Q, що діють за межами оболонки

$$Q = qlk_Q = 8,38 \cdot 36 \cdot k_Q = 301,68 k_Q \text{ кН/м}$$

де коефіцієнт k_Q знаходимо за табл. 10.6 [Помилка! Джерело посилання не знайдено.] при $\lambda_1 = 12,0$ (оскільки в таблиці немає значень k_Q при $\lambda_1 = 12,0$, беремо значення коефіцієнта k_Q при $\lambda_1 = 11,0$).

x/l=	0,0	Q= 301,68 □	0,0000	0,0
			=	
x/l=	0,02	Q= 301,68 □	0,0204	6,2
			=	
x/l=	0,04	Q= 301,68 □	0,0224	6,8
			=	
x/l=	0,05	Q= 301,68 □	0,0232	7,0
			=	
x/l=	0,07	Q= 301,68 □	0,0228	6,9
			=	
x/l=	0,1	Q= 301,68 □	0,0216	6,5
			=	
x/l=	0,15	Q= 301,68 □	0,0208	6,3
			=	

x/l=	0,2	Q= 301,68 □	0,0204	6,2
			=	
x/l=	0,25	Q= 301,68 □	0,0204	6,2
			=	
x/l=	0,3	Q= 301,68 □	0,0208	6,3
			=	
x/l=	0,4	Q= 301,68 □	0,0204	6,2
			=	
x/l=	0,5	Q= 301,68 □	0,0208	6,3
			=	

Обчислюємо головні зусилля $N_{pr,1}$ і $N_{pr,2}$, що діють в оболонці в напрямку діагоналі та перпендикулярно, за формулою

$$N_{pr,1(2)} = -\frac{ql^2}{\delta_1} k_{pr,1(2)} = 172388,6 \cdot k_{pr,1(2)} \text{ кН/м}$$

де коефіцієнт $k_{pr,1(2)}$ визначаємо за табл. 10.7 [Помилка! Джерело посилання не знайдено.] при $\lambda_1 = 12,0$

у напрямку діагоналі:

x/l=	0,0	y/l=	0,5	Npr,1 = -1723,9	0,4485	-773
				□	=	
x/l=	0,1	y/l=	0,4	Npr,1 = -1723,9	0,3562	-614
				□	=	
x/l=	0,2	y/l=	0,3	Npr,1 = -1723,9	0,2288	-394
				□	=	
x/l=	0,3	y/l=	0,2	Npr,1 = -1723,9	0,1693	-292
				□	=	
x/l=	0,5	y/l=	0,0	Npr,1 = -1723,9	0,1255	-216
				□	=	

перпендикулярно діагоналі:

x/l=	0,0	y/l=	0,5	Npr,1 = -1723,9	-0,4485	773
				□	=	
x/l=	0,1	y/l=	0,4	Npr,1 = -1723,9	-0,0764	132
				□	=	
x/l=	0,2	y/l=	0,3	Npr,1 = -1723,9	0,0216 =	-37
				□		
x/l=	0,3	y/l=	0,2	Npr,1 = -1723,9	0,0808 =	-139
				□		
x/l=	0,5	y/l=	0,0	Npr,1 = -1723,9	0,1255 =	-216
				□		

2.1.3 Розрахунок приконтурної зони оболонки

Для сприйняття головних зусиль, що розтягують $N_{pr,2}$ у кутах пологої оболонки необхідно встановити додаткову арматуру, а для сприйняття зусиль $N_{pr,1}$ - Виконати набетонку.

Приймаємо на першій ділянці 10 $\square$ 16 A500 з кроком 0,6м, а на другій ділянці 4 $\square$ 10 A500 з кроком 0,6м. Додатково все поле набетонки армуємо сіткою з арматури класу B500 5 з кроком 200x200мм.

Визначаємо товщину набетонки по зусиллям $N_{pr,1}$.

Товщину набетонки визначаємо з умови $N_c \leq R_b \cdot A_b$, де $A_b = hb$ - Площа стиснутої зони бетону. Приймаємо $b = 1 \text{ м.п.}$ Тоді товщина набетонки $h = \frac{N_c}{R_b}$. На першій ділянці $h_1 = \frac{7730}{1450} = 5,33 \text{ см}$; на другій ділянці $h_2 = \frac{6140}{1450} = 4,23 \text{ см}$, на третій ділянці $h_3 = \frac{3940}{1450} = 2,71 \text{ см}$. Враховуючи, що товщина полиці плити 35мм, на інших ділянках на бетонку не роблять.

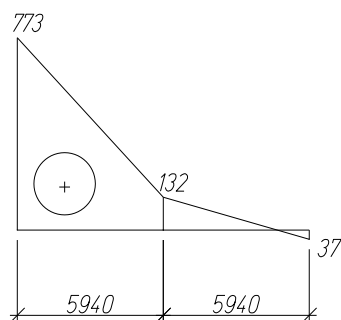


Рис. 5 Епюра $N_{pr,2}$

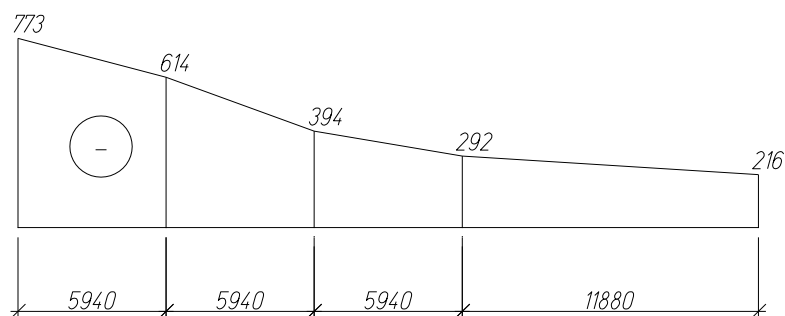


Рис. 6 Епюра $N_{pr,1}$

2.1.4 Розрахунок прогину оболонки

Розрахунок прогину оболонки w визначаємо приблизно за безмоментною теорією розрахунку стосовно оболонок позитивної кривизни, вільно опертим за контуром

$$w = \frac{qR^2}{E_{bt}\delta_1},$$

де q – нормативне значення навантаження;

R – Радіус сферичної поверхні оболонки;

E_{bt} – Довгий модуль деформацій бетону;

δ_1 – Наведена товщина оболонки.

$$w = \frac{6,51 \cdot 55,4^2}{0,303 \cdot 32500 \cdot 0,063} = 32,21 \text{ мм}$$

$\frac{w}{l} = \frac{32,21}{36000} \approx \frac{1}{1100}$, Що значно менше допустимого нормального прогину, рівного $\frac{1}{400} l$.

2.2. Розрахунок плити

Плита працює на власну вагу. Найбільші зусилля у ній виникають у монтажній стадії.

Нормативне навантаження від власної ваги плити без урахування швів замонолічування складе

$$g = \frac{A \cdot \gamma}{l_2} = \frac{1580 \cdot 10^{-4} \cdot 25,0}{3} = 1,32 \text{ кПа}$$

З парю коефіцієнта динамічності, рівного 1,4, навантаження на 1 м² плити складе

$$g_d = 1,32 \cdot 1,4 = 1,848 \text{ кПа}$$

На два ребра припадає навантаження

$$q = g_d l_2 = 1,848 \cdot 3 = 5,544 \text{ кН/м}$$

Визначаємо момент у ребрах

$$M_{max} = \frac{ql_1^2}{8} = \frac{5,544 \cdot 6^2}{8} = 24,95 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

При розрахунку без урахування полиці (в запас)

$$\alpha_m = \frac{M_{max}}{R_b \gamma_{b1} b h_0^2} = \frac{24,95 \cdot 10^3}{17 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 26^2} = 0,12 < \alpha_R = 0,411$$

Тут $b = 20 \text{ мм}$ (на два ребра); $h_0 = h - a = 30 - 4 = 26 \text{ см}$; $R_b = 17 \text{ МПа}$.

Приймаємо арматуру в ребрах класу А500 з $R_s = 435 \text{ МПа}$ (на два ребра):

$$A_s = \frac{R_b \gamma_{b1} b h_0 (1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m})}{R_s}$$

$$A_s = \frac{17 \cdot 0,9 \cdot 20 \cdot 26 (1 - \sqrt{1 - 2 \cdot 0,12})}{435} = 2,30 \text{ см}^2$$

Ставимо у кожному ребрі 1 $\square$ 14 А500 із площею 1,54 см².

Знаходимо момент тріщиноутворення в плиті під час монтажу

$$M_{crc} = R_{bt,ser} W_{pl},$$

де $R_{bt,ser} = 1,75 \text{ МПа}$

$$W_{pl} = [0,292 + 0,75(\gamma_1 + 2\mu_1\alpha) + 0,75(\gamma'_1 + 2\mu'_1\alpha)]bh^2$$

тут $\gamma_1 = 0$

$$\gamma'_1 = \frac{2(b'_f - b)h'_f}{bh} = \frac{2(62 - 20)3,5}{20 \cdot 30} = 0,49$$

$$\mu_1 = \frac{A_s}{bh} = \frac{3,08}{20 \cdot 30} = 0,00513$$

$$\mu'_1 = 0$$

$$\alpha = \frac{2 \cdot 10^6}{3,31 \cdot 10^5} = 6,04$$

$$W_{pl} = [0,292 + 0,75 \cdot 2 \cdot 0,00513 \cdot 6,04 + 0,75 \cdot 0,49] 20 \cdot 30^2 = 12707,64 \text{ см}^3$$

$$M_{crc} = 1,75 \cdot 12707,64 \cdot 10^{-3} = 22,24 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Нормативний момент від монтажного навантаження

$$M_n = \frac{24,95}{1,4} = 17,82 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Оскільки $M_{crc} > M_n$ тріщини в плиті не утворюються.

2.2.1 Несуча здатність поля плити

Схема руйнування поля плити приймається аналогічною схемою руйнування плоских плит, опертих по контуру. На відміну від останніх частини

перерізу лініями зламу вздовж криволінійних сторін плити також є криволінійними.

У криволінійних перерізах довжину ділянок стиснення рекомендується знаходити з умови рівноваги [Помилка! Джерело посилання не знайдено.].

$$x_c = \frac{R_s f_s r \theta}{2 R_s f_s + \delta R_b}$$

де f_s - Площу арматури на одиницю довжини перерізу полиці;

r - Радіус кривизни панелі;

θ - половина центрального кута, радий.

Граничний момент $\bar{M}$ у криволінійному перерізі визначають за формулою

$$\bar{M} = 2 f_s R_s (r \theta - x) z$$

де

$$z = \frac{2}{3} [r(1 - \cos \theta) - x_c \sin \theta] + \frac{1}{2} x_c \sin \theta$$

Величину граничного навантаження q на одиницю площі проекції полиці при прийнятому армуванні визначають за формулою

$$q = 12 \frac{2\bar{M}_1 + 2\bar{M}_2 + \bar{M}_I + \bar{M}'_I + \bar{M}_{II} + \bar{M}'_{II}}{l_{s1}^2 (3l_{s2} - l_{s1})}$$

де $\bar{M}_1, \bar{M}_2, \bar{M}_I, \bar{M}'_I, \bar{M}_{II}, \bar{M}'_{II}$ - граничні моменти у перерізах; індекси I та II відносяться до опорних перерізів, 1 та 2 - до прогонових;

l_{s1}, l_{s2} - Прольоти полиці (відстань між внутрішніми гранями ребер).

Спочатку приймаємо армування поля панелей арматурою 5мм класу B500 у вигляді зварної сітки з кроком арматури 150мм в обох напрямках.

Площа перерізу арматури на 1п. $f_s = 130,67 \text{ мм}^2$; $R_s = 415 \text{ МПа}$. Розміри сторін зони руйнування приймаються рівними кроку ребер за вирахуванням їхньої ширини. У нашому випадку $l_{s1} = l_{s2} = 2,8 \text{ м}$.

Знайдемо значення кута θ у радіанах

$$\sin \theta = \frac{1,4}{55,4} = 0,02527; \theta = 0,02528 \text{ рад}; \cos \theta = 0,99968$$

За формулою

$$x_c = \frac{1,307 \cdot 10^{-2} \cdot 415 \cdot 5540 \cdot 0,02528}{2 \cdot 1,307 \cdot 10^{-2} \cdot 415 + 17 \cdot 3,5} = 10,8 \text{ см}$$

За формулою

$$z = \frac{2}{3} [5540(1 - 0,99968) - 10,8 \cdot 0,02527] + \frac{1}{2} 10,8 \cdot 0,02527 = 1,13 \text{ см}$$

У зв'язку зі значною пологістю оболонки відстань z між центрами тяжкості арматури та стиснутої зони бетону в криволінійній лінії зламу виявилася меншою за значення $h_0 = \frac{\delta}{2}$ для поля плити:

$$z = 1,13 \text{ см} < h_0 = 1,75 \text{ см}$$

У цьому випадку не враховуємо криволінійність лінії зламу та приймаємо:

$$\bar{M}_1 = \bar{M}_2; \bar{M}_I = \bar{M}'_I; \bar{M}_{II} = \bar{M}'_{II}$$

Знайдемо значення x по прямолінійних лініях зламу

$$x = \frac{1,307 \cdot 415}{17} = 0,319$$

Згинальні моменти на одиницю довжини лінії зламу:

$$m = R_b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = \frac{17 \cdot 0,319 \left(1,75 - \frac{0,319}{2} \right)}{10} = 0,863$$

$$m_1 = R_b x \left(h_{01} - \frac{x}{2} \right) = \frac{17 \cdot 0,319 \left(1,75 + 0,25 - \frac{0,319}{2} \right)}{10} = 0,998$$

$$m_2 = R_b x \left(h_{02} - \frac{x}{2} \right) = \frac{17 \cdot 0,319 \left(1,75 - 0,25 - \frac{0,319}{2} \right)}{10} = 0,727$$

У нашому випадку формула набуває вигляду:

$$q = \frac{12(2m + m_1 + m_2)}{l^2}$$

$$q = \frac{12(2 \cdot 0,863 + 0,998 + 0,727)}{2,8^2} = 5,28 \text{ кПа}$$

Власна вага плити товщиною 35 мм складе:

$$g = 0,035 \cdot 25 \cdot 1,1 = 0,963 \text{ кПа}$$

Розрахункове навантаження на 1 м² плити без урахування маси ребер складе:

$q^* = 5,78 - 1,73 + 0,963 = 5,013 \text{ кПа} < 5,28 \text{ кПа}$ Отже, прийняте армування поля плити задовольняє умовам міцності.

2.2.2 Розрахунок опорного контуру оболонки

Розрахунок опорного контуру проводиться на дію крайових навантажень від оболонки та від маси контуру. Значення Q і S приймаються в припущенні, що шарнірно оболонка закріплена на «ідеальному» контурі. Пружна податливість контуру вздовж осі в розрахунку не враховується. Контурний пояс розраховується як багаторазово статично невизначена криволінійна багатопрогонова балка. Сили Q і S вважаються прикладеними у центрі тяжкості пояса.

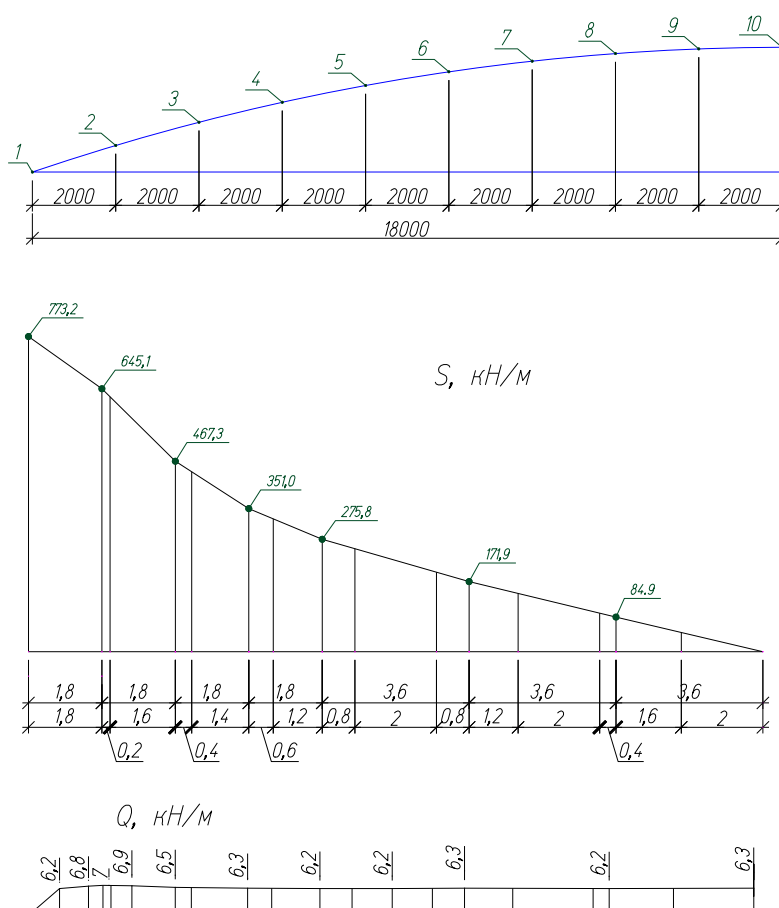


Рис. 7 Геометрична схема контуру, зусилля S та Q на контурі оболонки

Визначаємо навантаження на опорний контур. Для цього контур розбиваємо на рівні ділянки 1-10, на межі яких знаходимо зосереджені сили Q та S , спрямовані по горизонталі та вертикалі.

Визначаємо зосереджені зсувні сили S в точках 1-10.

$$S_1 = 773,2 \frac{2}{2} = 773,2 \text{ кН}$$

$$S_2 = \left(\frac{645,1 - 467,3}{1,8} 1,6 + 467,3 \right) 2 = 1250,8 \text{ кН}$$

$$S_3 = \left(\frac{467,3 - 351,0}{1,8} 1,4 + 351,0 \right) 2 = 883,0 \text{ кН}$$

$$S_4 = \left(\frac{351,0 - 275,8}{1,8} 1,2 + 275,8 \right) 2 = 651,9 \text{ кН}$$

$$S_5 = \left(\frac{275,8 - 171,9}{3,6} 2,8 + 171,9 \right) 2 = 505,5 \text{ кН}$$

$$S_6 = \left(\frac{275,8 - 171,9}{3,6} 0,8 + 171,9 \right) 2 = 390,0 \text{ кН}$$

$$S_7 = \left(\frac{171,9 - 84,9}{3,6} 2,4 + 84,9 \right) 2 = 285,8 \text{ кН}$$

$$S_8 = \left(\frac{171,9 - 84,9}{3,6} 0,4 + 84,9 \right) 2 = 189,1 \text{ кН}$$

$$S_9 = 84,9 \frac{2}{3,6} = 94,3 \text{ кН}$$

$$S_{10} = 0 \text{ кН}$$

Обчислюємо зосереджені поперечні сили Q у точках 1-10:

$$Q_1 = 0; Q_{2-4} = 7 \cdot 2 = 14 \text{ кН}; Q_{5-9} = 6,2 \cdot 2 = 12,4 \text{ кН}; Q_{10} = 6,3 \text{ кН}$$

На рис. 13 наведено розрахункові параметри контуру. Радіус контуру $R_k = 52,394 \text{ м}$ стрілки підйому оболонки на контурі $f_k = 3,189 \text{ м}$

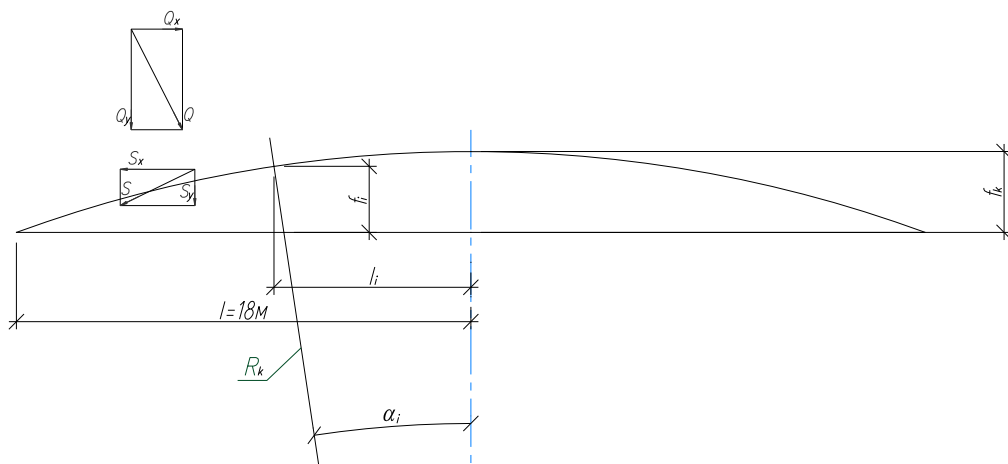


Рис. 8 Схема зусиль S та Q , що діють на контурі

Визначаємо вертикальні та горизонтальні складові сил S та Q:

$$Q_x^i = Q_i \sin \alpha_i; Q_y^i = Q_i \cos \alpha_i; S_x^i = S_i \cos \alpha_i; S_y^i = S_i \sin \alpha_i,$$

$$\text{де } \sin \alpha_i = \frac{l_i}{R_k}; \cos \alpha_i = \frac{1}{R_k} \sqrt{R_k^2 - l_i^2}.$$

Висоти підйому точок 1-2 на контурі

$$f_i = f_k - R_k + \sqrt{R_k^2 - l_i^2} = 3,189 - 52,394 + \sqrt{52,394^2 - l_i^2} \approx \\ \approx -49,2 + \sqrt{52,394^2 - l_i^2} \text{ м.}$$

Результуючі вертикальні та горизонтальні сили, що діють на контур:

$$P_x^i = Q_x^i + S_x^i; P_y^i = Q_y^i + S_y^i$$

Результати розрахунку наведено у табл. 6

Результати розрахунку

№ точки	l_i , м	$\sin \alpha_i$	$\cos \alpha_i$	f_i , м	Q_i , кН	Q_x^i , кН	Q_y^i , кН	S_i , кН	S_x^i , кН	S_y^i , кН	P_x^i , кН	P_y^i , кН
1	18	0,3435	0,9391	0,000	0,0	0,0	0,0	-773	-726	266	-726	266
2	16	0,3054	0,9522	0,686	14,0	4,3	13,3	-1251	-1191	382	-1187	395
3	14	0,2672	0,9636	1,284	14,0	3,7	13,5	-883	-851	236	-847	249
4	12	0,2290	0,9734	1,796	14,0	3,2	13,6	-652	-635	149	-631	163
5	10	0,1909	0,9816	2,226	12,4	2,4	12,2	-505	-496	96	-494	109
6	8	0,1527	0,9883	2,575	12,4	1,9	12,3	-390	-385	60	-384	72
7	6	0,1145	0,9934	2,844	12,4	1,4	12,3	-286	-284	33	-283	45
8	4	0,0763	0,9971	3,036	12,4	0,9	12,4	-189	-189	14	-188	27
9	2	0,0382	0,9993	3,151	12,4	0,5	12,4	-94	-94	4	-94	16
10	0	0,0000	1,0000	3,189	6,3	0,0	6,3	0	0	0	0	6
											-4833	1348

$$q_1 = \frac{1,73 \cdot 18}{2} 15,8 \text{ кН/м}$$

З урахуванням ваги ригеля навантаження на ригель становитиме

$$q_2 = 15,8 + 6,6 = 22,4 \text{ кН/м}$$

Розподілені поперечні сили, що діють у контурі оболонки,

$Q_{\max} = 5,5 \text{ кН/м}$. Так як ця величина є найбільшою, згинальний момент у ригелі

визначаємо від цього навантаження, додаючи вагу ригеля, як у нерозрізній балці:

$$q_3 = Q_{max} + P = 5,5 + 6,6 = 12,1 \text{ кН/м};$$

$$M_{max} = 0,083q_3l^2 = 0,083 \cdot 12 \cdot 6^2 = 36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Знайдемо зусилля у ригелі:

$$1 \text{ комбінація (експлуатаційна): } N_9 = 4833 \text{ кН}, M_1 = 36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$2 \text{ комбінація (монтажна): } N_{10} = 0 \text{ кН},$$

$$M_2 = M = 0,083 \cdot 22,4 \cdot 6^2 = 67 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Розраховуємо контурний ригель на монтажне навантаження.

Геометричні характеристики двотавра №36: $A_1 = 61,9 \text{ см}^2$;

$$I_x = 13380 \text{ см}^4; W_x = 743 \text{ см}^3; R_y = 310 \text{ МПа (Сталь марки 14Г2)}.$$

Ригель розраховуємо як металевий елемент, що згинається:

$$\frac{M_2}{W_x} \leq R_y \gamma_c,$$

де $\gamma_c = 1,1$ - Коефіцієнт умов роботи,

$$\frac{M_2}{W_x} = \frac{67 \cdot 10^5}{2 \cdot 743} = 4509 \text{ Н/см}^2 = 45,09 \text{ МПа} < R_y = 310 \cdot 1,1 = 341 \text{ МПа}$$

Міцність ригеля у перерізі на згинальний момент у стадії монтажу забезпечена.

Розраховуємо контурний ригель у стадії експлуатації.

Розтягуюча сила $N_9 = 4833 \text{ кН}$ приймається арматурою та прокатними двотаврами. Приймаємо арматуру 4d28 А500 з $A_2 = 24,63 \text{ см}^2$, $R_s = 435 \text{ МПа}$.

Визначаємо частки зусилля N , що сприймаються окремо двома двотаврами збірного елемента та арматурою монолітної частини:

$$N = N_1 + N_2;$$

$$N_1 = 2A_1R_y = 2 \cdot 61,9 \cdot 310 / 10 = 3838 \text{ кН};$$

$$N_2 = A_2R_y = 24,63 \cdot 435 / 10 = 1071 \text{ кН};$$

Розкладаємо зусилля N пропорційно N_1 та N_2 :

$N = N_1 + N_2 = 3838 + 1071 = 4909 \text{ кН}$; $a = 3838 / 4909 = 0,782$ - частка зусилля, що сприймається сталевими двотаврами; $b = 1071 / 4909 = 0,218$ - частка зусилля, сприймається арматурою.

Зусилля, що виникли у двотаврах та арматурі:

$$N1'=N9a=4833 \cdot 0,782 = 3779 \text{ кН};$$

$$N2'=N9b=4833 \cdot 0,218 = 1053,6 \text{ кН};$$

Перевіряємо міцність перерізів прокатних елементів та стрижневої арматури:

$$\frac{N_1'}{2A_1} + \frac{M}{2W_x} \leq R_y$$

$$\frac{2799}{2 \cdot 61,9} + \frac{780}{2 \cdot 743} = 278,6 \text{ МПа} \leq R_y = 310 \text{ МПа}$$

Визначення типу та різновиду ґрунту виробляємо за кількістю пластичності та показником плинності:

$$J_p = (W_L - W_p) \times 100\%;$$

$$J_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p};$$

де W_L - вологість на межі плинності;

W_p - вологість на межі розкочування;

W - вологість у природному стані.

Для кожного типу ґрунту визначаємо коефіцієнт пористості за формулою:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d},$$

де ρ_s - щільність частинок ґрунту, г/см³;

ρ_d - щільність ґрунту, г/см³.

$$J_p = 32 - 18 = 14\%; \quad J_L = \frac{22 - 18}{34} = 0,118; \quad \rho_d = \frac{18,2}{1 + 0,22} = 14,918 \text{ кН/м}^3;$$

$$e = \frac{27,1 - 14,918}{14,918} = 0,817 \Rightarrow \text{пластичний суглинок.}$$

$$E_d = 100,944 \text{ кГ/см}^2; \quad C_n = 22; \quad \varphi_n = 22^\circ;$$

$$e = 0,817; \quad e_1 = 0,8; \quad e_2 = 1,1;$$

$$R_{(1;0)} = 300; \quad R_{(1;1)} = 200; \quad R_{(2;0)} = 250; \quad R_{(2;1)} = 100;$$

$$R_0 = \frac{1,1 - 0,817}{1,1 - 0,8} \cdot [(1 - 0,118) \cdot 300 + 0,118 \cdot 200] + \frac{0,817 - 0,8}{1,1 - 0,8} \times \\ \times [(1 - 0,118) \cdot 250 + 0,118 \cdot 100] = 285,014$$

Шар ґрунту 2:

$$J_p = 32 - 19 = 13\%; \quad J_L = \frac{26 - 19}{13} = 0,538; \quad \rho_d = \frac{18,7}{1 + 0,26} = 14,841 \text{ кН/м}^3;$$

$$e = \frac{27 - 14,841}{14,841} = 0,819 \Rightarrow \text{важкий пилуватий м'якопластичний суглинок.}$$

$$E_d = 129,929 \text{ кГ/см}^2; \quad C_n = 16; \quad \varphi_n = 16^\circ;$$

$$e = 0,819; \quad e_1 = 0,7; \quad e_2 = 1;$$

$$R_{(1;0)} = 250; \quad R_{(1;1)} = 180; \quad R_{(2;0)} = 200; \quad R_{(2;1)} = 100;$$

$$R_0 = \frac{1-0,819}{1-0,7} \cdot [(1-0,538) \cdot 250 + 0,538 \cdot 180] + \frac{0,819-0,7}{1-0,7} \times \\ \times [(1-0,538) \cdot 200 + 0,538 \cdot 100] = 186,082$$

Шар ґрунту 3:

$$J_p = 21,5 - 15 = 6,5 \%; \quad J_L = \frac{19,5-15}{6,5} = 0,692; \quad \rho_d = \frac{21}{1+0,195} = 17,573 \text{ кН/м}^3;$$

$$e = \frac{26,7-17,573}{17,573} = 0,519 \Rightarrow \text{пилювата пластична супіс.}$$

$$E_o = 159,895 \text{ кгс/см}^2; \quad C_n = 15; \quad \varphi_n = 26^\circ;$$

$$e = 0,519; \quad e_1 = 0,5; \quad e_2 = 0,7;$$

$$R_{(1;0)} = 300; \quad R_{(1;1)} = 300; \quad R_{(2;0)} = 250; \quad R_{(2;1)} = 200;$$

$$R_0 = \frac{0,7-0,519}{0,7-0,5} \cdot [(1-0,692) \cdot 300 + 0,692 \cdot 300] + \frac{0,519-0,5}{0,7-0,5} \times \\ \times [(1-0,692) \cdot 250 + 0,692 \cdot 200] = 291,963$$

Шар ґрунту 4:

$$J_p = 0 \%; \quad J_L = -; \quad \rho_d = \frac{19,8}{1+0,26} = 15,714 \text{ кН/м}^3;$$

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w},$$

де W - природна вологість ґрунту, д. е.;

e - коефіцієнт пористості;

$$\rho_\sigma = \frac{1}{1+e} \cdot \rho_s; \quad \rho_\omega = \frac{1}{1+e} \cdot \rho_w;$$

$$\rho_\omega = \frac{1}{1+e} \cdot \rho_w; \quad \rho_\sigma = \frac{1}{1+e} \cdot \rho_s;$$

$$S_r = \frac{0,26 \cdot 25,6}{0,629 \cdot 1} = 10,582$$

$$e = \frac{25,6-15,714}{15,714} = 0,629 \Rightarrow \text{пухкі піски, насичені водою (великі та середньої}$$

крупності).

$$E_d = 232,714 \text{ кг/см}^2; \quad C_n = 2; \quad \varphi_n = 32^\circ;$$

$$R_0 = 200 \text{ кПа}$$

Шар ґрунту 5:

$$J_p = 43 - 23 = 20 \text{ ‰}; \quad J_L = \frac{27 - 23}{20} = 0,2; \quad \rho_d = \frac{20}{1 + 0,27} = 15,748 \text{ кН/м}^3;$$

$$e = \frac{27,4 - 15,748}{15,748} = 0,74 \Rightarrow \text{легка пилувата напівтверда глина.}$$

$$E_d = 259,7 \text{ кг/см}^2; \quad C_n = 68; \quad \varphi_n = 20^\circ;$$

$$e = 0,74; \quad e_1 = 0,6; \quad e_2 = 0,8;$$

$$R_{(1;0)} = 500; \quad R_{(1;1)} = 300; \quad R_{(2;0)} = 300; \quad R_{(2;1)} = 200;$$

$$R_0 = \frac{0,8 - 0,74}{0,8 - 0,6} \cdot [(1 - 0,2) \cdot 500 + 0,2 \cdot 300] + \frac{0,74 - 0,6}{0,8 - 0,6} \times \\ \times [(1 - 0,2) \cdot 300 + 0,2 \cdot 200] = 334$$

$$\frac{E_{\max}}{E_{\min}} = \frac{259,7}{100,944} = 2,6 \quad \begin{cases} 1,3 \div 1,6 \Rightarrow E_{\min} = 75 \div 150 \text{ кг/см}^2 \\ 1,8 \div 2,5 \Rightarrow E_{\min} = 150 \div 200 \text{ кг/см}^2 \end{cases} \Rightarrow \text{майданчик}$$

неоднорідний.

3.2. Теплотехнічний розрахунок основи

3.2.1 Розрахунок нормативної глибини сезонного розморожування

1. Обчислюємо температуру повітря за період позитивних температур:

$$T_{th,c} = 1,4 \cdot T_{th,m} + 2,4 = 1,4 \cdot 4,5 + 2,4 = 8,7^\circ \text{C};$$

$t_{th,c}$ - Розрахункова тривалість літнього періоду:

$$t_{th,c} = 1,15 \cdot t_{th,m} + 0,1 \cdot t_1 = 1,15 \cdot 8,2 \cdot 10^6 + 0,1 \cdot 1,3 \cdot 10^7 = 10,73 \cdot 10^6 \text{ с}$$

t_1 - час, що приймається рівним $1,3 \cdot 10^7$ с;

$T_{th,m}, t_{th,m}$ - відповідно середня за багаторічними даними температура повітря за період позитивних температур, $^\circ\text{C}$, та тривалість цього періоду.

2. Сумарна вологість ґрунту:

$$W_{tot} = W_p + 0,5 \cdot J_p = 0,23 + 0,5 \cdot 0,2 = 0,33$$

3. Концентрація порового розчину, C_{ps} :

$$C_{ps} = \frac{D_s}{D_s + W_{tot}} = \frac{0,002}{0,002 + 0,33} = 0,006$$

D_s - ступінь засоленості ґрунту, частки одиниці.

4. Визначимо температуру початку замерзання ґрунту, T_{bf} , С, по табл. 2 [14]:

$$\text{Для } C_{ps} = 0,006 \Rightarrow T_{bf} = -0,7^\circ \text{C}.$$

5. Середня температура ґрунту, $\bar{T}$:

$$\bar{T} = (T_0 - T_{bf}) \cdot (t_{th,c} / t_1 - 0,22) = (-2,2 + 0,7) \cdot \left(\frac{10,73 \cdot 10^6}{1,3 \cdot 10^7} - 0,22 \right) = -0,9^\circ \text{C}$$

6. Залежно від числа пластичності J_p та температури ґрунту T , визначимо за табл. 1 [4], коефіцієнта k_w :

$$T = 0,5 \cdot \bar{T} = 0,5 \cdot (-0,9) = -0,45^\circ \text{C}, J_p = 0,2 \Rightarrow k_w = 0,9.$$

7. Вологість мерзлого ґрунту за рахунок незамерзлої води:

$$W_w = k_w \cdot W_p = 0,9 \cdot 0,23 = 0,21$$

8. Теплота танення (замерзання) ґрунту, Дж/м³:

$$L_v = L_0 \cdot (W_{tot} - W_w) \cdot \rho_d = 3,35 \cdot 10^5 \cdot (0,33 - 0,21) \cdot 1,5 \cdot 10^3 = 0,603 \cdot 10^8;$$

$$L_0 = 3,35 \cdot 10^5 \text{ Дж/кг} - \text{питома теплота фазових перетворень вода-лід у}$$

розрахунку одиницю маси; ρ_d - щільність сухого ґрунту (скелета ґрунту), кг/м³;

$$\rho_{d,f} = \frac{\rho_f}{1 + W_{tot}} = \frac{20}{1 + 0,33} = 1,5 \text{ т/м}^3.$$

9. Визначаємо значення $\lambda_{th}, \lambda_f, c_{th}, c_f$ за табл. 3 [14] (дод. 1) при $W_{tot} = 0,33$

та $\rho_{d,f} = 1,5 \text{ т/м}^3$:

$$\lambda_{th} = 1,68 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С}; \quad \lambda_f = 1,86 \text{ Вт/м} \cdot ^\circ\text{С};$$

$$c_{th} = 1,84 \cdot 10^6 \text{ Дж/м} \cdot ^\circ\text{С}; \quad c_f = 2,48 \cdot 10^6 \text{ Дж/м} \cdot ^\circ\text{С}.$$

10. Визначаємо коефіцієнт k_m за табл. 2 (дод. 3) [14]:

$$k_m = 5.$$

3.2.2 Розрахункові температури ґрунтів на підставі спорудження

Розрахункові температури ґрунтів T_m, T_z визначаються розрахунком теплової взаємодії споруди з вічномерзлими ґрунтами основи з урахуванням змінних протягом року умов теплообміну на поверхні ґрунту, форми та розмірів споруди, глибини закладення та розташування фундаментів у плані.

Розрахункові значення температур T_m, T_z визначають теплотехнічним розрахунком для будівель із холодним підпіллям; під серединою споруди:

$$T_{m,z} = (T'_0 - T_{bf}) \cdot \alpha_{m,z} + (T_0 - T'_0) \cdot k_1 + T_{bf},$$

де T'_0 - розрахункова середньорічна температура на верхній поверхні вічномерзлого ґрунту на підставі споруди, що визначається за табл. 2 (дод. 4) [14];

T_{bf} - температура початку замерзання, $^\circ\text{С}$, що визначається за табл. 2 (дод. 1) [14];

T_0 - розрахункова середньорічна температура ґрунту, $^\circ\text{С}$;

α_m, α_z - Коефіцієнти сезонної зміни температури ґрунтів основи, що приймаються за табл. 4 [14] залежно від значення параметра $z \cdot \sqrt{c_f \cdot \lambda_f}$, де z - Глибина від поверхні вічномерзлого ґрунту, м; c_f - об'ємна теплоємність, Дж/(м³ · $^\circ\text{С}$) · 10⁶; λ_f - теплопровідність мерзлого ґрунту, Вт/(м · $^\circ\text{С}$); k_1 - Коефіцієнт

теплого впливу споруди, що приймається за табл. 5 [14] залежно від співвідношень z/B та L/B , де L і B – відповідно довжина та ширина споруди, м.

1. Визначаємо значення T'_0 :

$$T_0 - T_{bf} = -2,2 + 0,7 = -1,5 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$z = h - d_{th} = 12 - 2 = 10 \text{ м};$$

$$T'_0 - T_{bf} = -1,25 \text{ } ^\circ\text{C}; \Rightarrow T'_0 = -1,25 + (-0,7) = -1,95 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Значення розрахункових температур вічномерзлого ґрунту по довжині паліз $= 0 \div 10$ м. Глибина 10 м відповідає нижньому кінцю палі.

Вічномерзлий ґрунт з глибини від 2 до 4,5 м представлений суглинком з об'ємною теплоємністю $c_f = 2,18 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3 \text{ В}\cdot\text{C}$; та коефіцієнтом теплопровідності $\lambda_f = 1,9 \text{ Вт/(м}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ при $W_{tot} = 0,92$ та $\rho_{d,f} = 0,95 \text{ т/м}^3$;

з глибини від 7 до 9,5 м $\Rightarrow$ пісок з $c_f = 2,35 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3 \text{ В}\cdot\text{C}$; $\lambda_f = 2,73 \text{ Вт/(м}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ при $W_{tot} = 0,26$ та $\rho_{d,f} = 1,57 \text{ т/м}^3$;

з глибини від 9,5 до 14,7 м $\Rightarrow$ глина з $c_f = 2,4 \cdot 10^6 \text{ Дж/м}^3 \text{ В}\cdot\text{C}$; $\lambda_f = 1,8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{}^\circ\text{C)}$ при $W_{tot} = 0,37$ та $\rho_{d,f} = 1,46 \text{ т/м}^3$.

$$\text{Для глибини } z = 2 \text{ м при значеннях } z \cdot \sqrt{\frac{c_f}{\lambda_f}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2,18 \cdot 10^6}{1,9}} = 2142 ;$$

$$\frac{z}{B} = \frac{2}{12,6} = 0,159 ; \frac{L}{B} = \frac{24}{12,6} = 1,905 \Rightarrow \alpha_z = 0,54; k_1 = 0,174; k_2 = 0,081.$$

Підставляючи вихідні дані у формули, визначаємо розрахункові значення температур:

під серединою будівлі:

$$T_z = (T'_0 - T_{bf}) \cdot \alpha_z + (T_0 - T'_0) \cdot k_1 + T_{bf} = (-1,95 + 0,7) \cdot 0,54 + (-2,2 + 1,95) \cdot 0,174 - 0,7 = -0,675 - 0,0435 - 0,7 = -1,419 \text{ } ^\circ\text{C};$$

під краєм будівлі:

$$T_z = (T'_0 - T_{bf}) \cdot \alpha_z + (T_0 - T'_0) \cdot (0,5 - \alpha_z + k_2) + T_{bf} = (-1,95 + 0,7) \cdot 0,54 + (-2,2 + 1,95) \times \\ \times (0,5 - 0,54 + 0,081) - 0,7 = -0,675 - 0,0103 - 0,7 = -1,385^\circ\text{C}.$$

Аналогічно проведені обчислення всім глибин представлені у таблиці 5.

Таблиця 5

Грунт	z, м	$\sqrt{\frac{c_f}{\lambda_f}}$	$z \cdot \sqrt{\frac{c_f}{\lambda_f}}$	α_z	$\frac{z}{B}$	$\frac{L}{B}$	k_1	k_2	T_z^c	T_z^k
суглинка	2	1071	2142	0,54	0,159	1,905	0,174	0,081	-1,42	-1,39
	3	1071	3213	0,698	0,238	1,905	0,174	0,081	-1,62	-1,6
	4	1071	4284	0,82	0,317	1,905	0,2	0,097	-1,78	-1,78
супісь	5	1122	5610	0,9	0,397	1,905	0,26	0,118	-1,89	-1,9
	6	1122	6732	0,976	0,476	1,905	0,3	0,135	-2,0	-2,0
пісок	7	1122	7854	1,015	0,556	1,905	0,48	0,22	-2,09	-2,04
	8	928	7424	1	0,635	1,905	0,45	0,22	-2,06	-2,02
	9	928	8352	1,022	0,714	1,905	0,4	0,2	-2,08	-2,06
глина	10	1155	11550	1,024	0,794	1,905	0,41	0,21	-2,08	-2,06

За результатами розрахунків будуються криві розрахункових температур вічномерзлого ґрунту.

3.3. Розрахунок несучої здатності

Розрахунок несучої здатності проводимо за такою формулою:

$$\frac{F_u}{\gamma_k} \geq N_p,$$

де F_u - Несуча здатність палі;

$\gamma_k = 1,4$ – коефіцієнт надійності;

N_p - Розрахункове навантаження на основу.

Визначимо несучу здатність палі за формулою 3 [14]:

$$F_u = \gamma_t \cdot \gamma_c \cdot \left(R \cdot A + \sum_{i=1}^n R_{af,i} \cdot A_{af,i} \right),$$

де $\gamma_t=1$ - температурний коефіцієнт, що враховує зміну температури ґрунтів основи в період будівництва та експлуатації споруди;

$\gamma_c=1$ – коефіцієнт умов роботи основи;

R - розрахунковий тиск на мерзлий ґрунт під нижнім кінцем палі (табл. 5 дод. 1 [14]);

A - площа спирання палі на ґрунт, м^2 , Приймається для суцільних паль рівної площі їх поперечного перерізу;

$R^{af,i}$ - розрахунковий опір мерзлого ґрунту зсуву по бічній поверхні змерзання фундаменту в межах i -го шару ґрунту, кПа (кгс/см^2) (табл. 6 дод. 1 [14]);

$A^{af,i}$ - площа поверхні змерзання i -го шару ґрунту з бічною поверхнею палі, м^2 ;

n - число виділених під час розрахунку шарів вічномерзлого ґрунту.

$L_{\text{сл}} = 7 \text{ м}$; $R = 324,5 \text{ кПа}$; $A = 0,35 \cdot 0,35 = 0,1225 \text{ м}^2$; $A^{af,i} = 0,35 \cdot 4 \cdot h$;

$A^{af,1} = 0,35 \cdot 4 \cdot 4,5 = 6,3 \text{ м}^2$; $A^{af,2} = 0,35 \cdot 4 \cdot 2,5 = 3,5 \text{ м}^2$; $R^{af,1} = 130 \text{ кПа}$;

$R^{af,2} = 150 \text{ кПа}$;

Власна вага палі:

$$P_{\text{св}} = A \cdot L \cdot \gamma_{\text{с}} = 0,4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 2,4 = 38,4 \text{ кН};$$

$$N_p^G = N_p + P_{\text{св}} = 920,873 + 38,4 = 959,273 \text{ кН};$$

$$F_u = 1 \cdot 1 \cdot (324,5 \cdot 0,1225 + (130 \cdot 6,3 + 150 \cdot 3,5)) = 1383,751 \text{ кН}.$$

$$\frac{F_u}{P} = \frac{1383,75}{1,4} = 988,393 \geq N_p = 959,273 \text{ кН};$$

$$\frac{P - N_p^G}{P} \cdot 100\% = 3,43\% < 15\% \Rightarrow \text{несуча здатність палі використовується}$$

ефективно.

4. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

4.1. Область застосування

Технологічна карта розроблена на комплекс робіт із монтажу конструкцій покриття методом монтажу окремих, готових, конструктивних елементів у вигляді ферм та плит покриття.

До складу робіт, що послідовно виконуються, при монтажі будівель входять:

- **Підготовчі роботи:**
 - оформлення дозвільної, виконавчої та технічної документації;
 - організація робочої зони будівельного майданчика;
 - транспортування та складування обладнання матеріалів та конструкцій.
- **Основні роботи:**
 - стропування та розстропування конструкцій;
 - підйом, наведення та встановлення конструкцій на опори;
 - вивіряння та тимчасове закріплення конструкцій;
 - постійне закріплення конструкцій.

-Прикінцеві роботи:

- О прибирання та відновлення облаштування території.

Обсяги робіт при монтажі збірних конструкцій визначаємо відповідно до специфікації збірних елементів, використаних під час проектування даної будівлі. Наведена специфікація використовується для підрахунку робіт з основних, допоміжних та транспортних процесів, які є складовими частинами всього будівельно-монтажного виробництва.

Таблиця 2

Обсяги основних робіт

Найменування та марка	Розміри, мм			Кількість	Об'єм, м3		Маса, т	
	довжина	ширина	висота		одного елемента	всіх	одного елемента	всіх
Ферма	36000	-	2500	4	-		3,2	12,8
Панелі покриття	6000	3000	250	72	0,92	66,24	2,3	165,6

4.2. Вибір методів виконання монтажних робіт

Монтаж усіх збірних конструкцій здійснюється за схемою з розкладкою у зоні дії крана, крім конструкцій ферм та оболонок. Їх доставляють на будмайданчик у день монтажу, одразу укрупнюють та монтують. Метод монтажу прийнятий диференційованим та комбінованим (для елементів покриття). За способом встановлення конструкцій у проектне положення прийнято обмежено вільний (для ферм та колон) та вільний (для всіх інших конструкцій) монтаж.

Монтаж ферм

До місця монтажу ферми доставляються як відправних заводських марок, тобто. напівферм. Ферми укрупнюють на будівельному майданчику землі за допомогою укрупнювальних стендів, а потім монтують. Ферми крокують траверсою у чотирьох точках у вузлах верхнього пояса. Далі ферми встановлюють на оголовки колон. До них вони кріпляться за допомогою болтів. Далі в такий же спосіб монтують наступну ферму, закріплюючи її з раніше змонтованою за допомогою розчалок.

Монтаж оболонки

Монтаж плит покриття оболонки починається після встановлення та закріплення на раніше встановлених колонах трьох контурних елементів (ферм), рихтування та інструментальної вивірки лісів. При будівництві багатопрогонових промислових будівель, перекритих оболонками подвійної кривизни розміром 36х36м, застосовують інвентарні кондуктори, що пересуваються з позиції на позицію по рейках. У прольоті встановлюють, а потім піднімають на проектні позначки кондуктори, які є сітчастими кружальними конструкціями. Панелі збирають у монтажний блок на стенді шляхом зварювання закладних деталей та розкріплення тимчасовими монтажними зв'язками. Довжина укрупненого блоку відповідає половині прольоту оболонки. Після цього блок краном встановлюють у проектне положення. Спочатку монтують одну частину блоку, встановлюючи її нижній кінець на опорну частину, а верхній - на просторову тимчасову опору. Нижній кінець закріплюють

болтом раніше встановленої на стіні опорної конструкції. До розстроповки його кріплять болтами до тимчасової опори. Аналогічну операцію проводять із другим блоком. Далі укрупнюють блоки в одну конструкцію шляхом створення шарніра в ключовому вузлі. Після того, як бетон у стиках досягне 70% проектної міцності, звільняють тимчасову опору і пересувають її на нову позицію для встановлення чергової конструкції.

4.3. Калькуляція витрат праці та заробітної плати

Калькуляцію витрат праці та заробітної плати складаємо на підставі обсягів робіт. У калькуляції визначаємо трудові витрати та зарплату на виконання основних та допоміжних процесів та операцій.

Таблиця 3

Калькуляція витрат праці та заробітної плати

Найменування робіт	Пар агра ф Єні Ра	Од. змі н.	Кіл ькі сть	Витрати праці, чол-год.		Витрати машино- часу, маш-ч.		Зарплата робітників, руб.		Зарплата машиніста, руб.		Склад ланки
				на од.	на обся г	на од.	на обся г	на од.	на обсяг	на од.	на обсяг	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Укрупнення відправних заводських елементів у кроквяні ферми	E5- 1-3	1 відправна марка	24	2,9	69,6	0,58	13,92	2-47	59-28	0-61,5	14-76	Монтажники бр, 5р, 4р-2, 3р, машиніст крана бр
	E5- 1-3	1 т	11,492	0,87	10	0,17	1,92	0-74	8-50,4	0,18	2-06,8	
Монтаж кроквяних ферм	E5- 1-6	1 шт	12	4,35	52,20	0,87	10,44	3-60	43-20	0-92,3	11-08	Монтажники бр, 4р-3, 3р, машиніст крана бр
	E5- 1-6	1 т	11,492	0,8	9,2	0,17	1,92	0-65,7	7-55	0-17,6	2-02,3	

Зварювання кроквяних ферм з анкерами, положення шва - нижнє, діаметр анкера 10 мм	E22-1-9в	10 з'єднань	2,4	0,33	0,8			0-26,1	0-62,6			Електрозварники ручного зварювання 4, 5 та 6 р.
Ускладнювальнє складання та встановлення блоків оболонки	E6-9	1 шт	96	18,9	1814,4	3,15	302,4	14-94	1434-24	2-85,8	274-37	Монтажники 6р, 4р-3, 3р, машиніст крана 6р
Зварювання закладних деталей плит покриття з анкерами, положення шва нижнє, діаметр анкера -10 мм	E22-1-9в	10 з'єднань	15,2	0,33	5,02			0-26,1	3-96,7			Електрозварники ручного зварювання 4, 5 та 6 р.
Заливка швів ребристих плит покриття механізованим способом	E4-1-26	100 м	5,58	4	22,32			2-98	16-62,8			Монтажники 4р та 3р

4.4. Визначення потреб у технічних ресурсах

Монтаж конструкцій здійснюється комплектом монтажних механізмів, до складу яких входить монтажний кран та вантажозахоплювальні пристрої.

Вибір монтажних кранів здійснюють після вибору методу монтажу збірних конструкцій та методів їх встановлення. Вибір марки здійснюють за технічними параметрами. До них відносять: вантажопідйомність крана, висота підйому гака, довжина стріли та її виліт, довжина гуська та його виліт. Перед розрахунком уточнюють параметри конструкцій, що монтуються, і схему монтажу. Для розрахунку вибирають групу елементів, що характеризуються максимальними технічними параметрами.

Вантажозахоплювальні пристрої підбираємо з урахуванням властивостей вантажу, можливих способів його захоплення, призначення та типу підйомно-транспортної машини.

Таблиця 4

Вантажозахоплювальні пристрої

Найменування пристрою. Організація розробник.	Характеристика пристрою			Область застосування.
	Вантажопідйомність Q, т	Маса чмп, кг	Розрахункова висота hст, м	
Траверса ПІ (Промстальконструкція 2006-78)	5	700	3,5	монтаж ферм та оболонки
Строп чотирьох гілковий	4	360	3,5	монтаж плит покриття

Машини та механізми вибираємо за довідником залежно від їх технічних характеристик.

Таблиця 5

Перелік основного необхідного обладнання, машин, механізмів та інструментів для виробництва монтажних робіт.

№ п/п	Найменування машин, механізмів, верстатів, інструментів та матеріалів	Марка, ГОСТ, ТУ	Од. змін.	Кількість
1.	Кран автомобільний Q=50,0 т	LTM-1050	шт.	1
2.	Строп сталевий,	Q=4,0 т	шт.	2
3.	Відтяжки з прядив'яного каната	d=15...20 мм	шт.	2
4.	Траверса	Q=5,0 т	шт.	2
5.	Капроновий строп Ø 5мм	ГОСТ 10293	шт.	1
6.	Строп текстильний г/п 1тн	ISO 4878	шт.	2
7.	Затискачі пластинчасті		шт.	2
8.	Нівелір	НІ-3	шт.	2
9.	Теодоліт	ЗТ2КП2	шт.	2
10.	Рулетка вимірювальна металева	ГОСТ 7502-98	шт.	4
11.	Рівень будівельний УС2-ПІ	ГОСТ 9416-83	шт.	2
12.	Виска сталевий будівельний	ГОСТ 7948-80	шт.	2
13.	Домкрат рейковий	ДР-5	шт.	2
14.	Автогідропідйомник	НД 222-1	шт.	1
15.	Ліси будівельні	ГОСТ 27321-87	шт.	1
16.	Дриль електричний, реверсний з регулюванням швидкості обертів		шт.	2
17.	Дриль електричний, зі змінними насадками		шт.	2
18.	Електролобзик		шт.	2
19.	Гайковерт електричний		шт.	1
20.	Шаблони різні		шт.	150
21.	Інвентарна гвинтова стяжка		шт.	2
22.	Лом сталевий монтажний		шт.	2
23.	Рейка нівелювальна 3м.	TS 50/2	шт.	4
24.	Ножиці по металу, ручні		шт.	1
25.	Зварювальний випрямляч	ВД-306	шт.	1

26.	Кабель зварювальний	КГ 1х25	м.	150
27.	Перенесення для електроінструменту	L-50м, U-220 В	шт	5
28.	Жилети помаранчеві		шт.	5
29.	Каски будівельні		шт.	5
30.	Кліщовий вантажозахоплювальний пристрій	1МВ11-1,0	шт.	2
31.	Захоплення - струбцина	3МВ11-3,2	шт.	2
32.	Набір ключів		шт.	2

4.5. Контроль якості робіт

Конкретний розгляд конструктивних рішень вузлів, окремих технологічних операцій, послідовності їх виконання та правил монтажу будівель та споруд допоможе особам, які здійснюють контроль, з достатньою оперативністю проводити оцінку якості виконання будівельно-монтажних робіт і, за необхідності, вживати заходів, що запобігають негативним наслідкам дефектів, що допускаються. Якість виконання окремих монтажних операцій характеризує надійність будівельних конструкцій та вузлів, їх стійкість та несучу здатність.

Контроль якості встановлення та закріплення в проектному положенні збірних елементів забезпечують, перевіряючи положення елементів за осьовими та настановними ризиками та марками, а також закладення стиків між елементами. Для забезпечення необхідної якості монтажу конструкцій необхідно виконувати повний обсяг вивірювальних робіт, користуючись шаблонами та іншими засобами вимірювань. Ці роботи виконують монтажники. Майстер контролює якість монтажу конструкцій візуально, і вибірково заміряють розміри, і перевіряє закладення стиків.

Однією з важливих умов збирання конструкцій є відповідність геометричних розмірів елементів, що монтуються. Тому при виконанні монтажних робіт слід провести розрахунок полів допусків, що забезпечують задану точність монтажу конструкцій. Точність установки елементів впливає на здатність, експлуатаційні властивості, а також на продуктивність праці монтажників і загальні витрати кранового часу.

Одночасно з візуальним оглядом конструкцій вимірюють і геометричні розміри, величину спирань ізсувів, положення заставних деталей, фактичне положення та діаметр арматури, товщину захисного шару бетону, наявність корозії металу.

Контроль якості зварних швів та з'єднань виробляють візуально та інструментально. Для візуального контролю використовують молоток для простукування зварних швів і розкриття шлакових включень, штангенциркуль, вимірну лінійку, шаблон для вимірювання зварних швів, зубило для висікання зварних швів та ін. Операційний контроль якості робіт:

Найменування операцій, що підлягають контролю	Контроль якості виконуваних операцій			
	склад	Спосіб	Час	Залучені служби (відповідальні)
1	2	3	4	5
Монтаж ферм	Горизонтальність позначки, співвісність, площа спирання, суміщення осей нижнього та верхнього поясів ферм щодо один одного	теодоліт, нівелір, мірна стрічка	у процесі монтажу	майстер, виконроб
Монтаж плит покриття	Горизонтальність позначки, площа спирання	нівелір, мірна стрічка	у процесі монтажу	геодезист, майстер, виконроб
Електрозварювання конструкцій	Довжина шва, катет шва, відсутність неспроходу у зварному шві	мірна стрічка, штангенциркуль, візуально	після закінчення зварювання	майстер, виконроб

5. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

5.1. Календарний план виконання робіт

Тривалість робіт визначається за формулою **Помилка! Закладку не визначено.**]:

$$T = \frac{Q}{n \cdot N},$$

де Q - трудомісткість робіт, чол.-дн, вважається за формулою:

$$Q = q/t_{см},$$

q - трудомісткість робіт, чол.-ч;

$t_{см}$ - Тривалість зміни, год;

n — кількість змін;

N — кількість осіб, які виконують процес.

5.2. Вибір крана

Вибір крана здійснюється за технічними параметрами [12].

Кран підбираємо для монтажу конструкцій. Габаритні розміри колон 500*500*9100 мм, вага 2150 кг. Габаритні розміри укрупненого блоку покриття: 250x3000x6000, вага 9000кг.

Для підйому піварки на проектну висоту вибираємо траверсу 4-10-2000/700-С. Вантажопідйомність траверси 10т, вага 700 кг, висота стропування 2 м.

Визначаємо вантажопідйомність крана за формулою:

$$Q_{кр} = m_{эл} + m_{стр} + m_{ус} + m_{об},$$

де $m_{эл}$ - маса монтажнього елемента, т;

$m_{стр}$ - Маса стропувального елемента, т;

$m_{ус}$ -маса конструкцій посилення, т;

$m_{об}$ –маса монтажних пристроїв, т.е.

Підставивши значення формулу, отримаємо:

$$Q_{кр} = 9 + 0,7 = 9,7 \text{ т.}$$

Визначаємо висоту підйому гака за формулою:

$$H_k = h_o + h_z + h_{el} + h_{стр} = 9,1 + 1 + 3 + 2 = 15,1 \text{ м},$$

де h_o - Висота раніше встановленого елемента, м;

h_z - Запас по висоті для забезпечення безпеки монтажу, м;

h_{el} - Висота елемента в монтажному положенні, м;

$h_{стр}$ - Висота стропування (від верху елемента до гака крана), м. с.

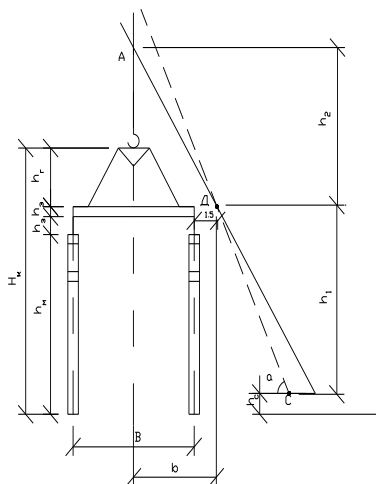


Рис. 9 Схема визначення потрібних параметрів стрілового крана.

Тангенс оптимального кута α визначається за формулою [12]:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt[3]{\frac{h_1}{b}},$$

де h_1 - Перевищення точки Д над точкою С, яка визначається за формулою:

$$h_1 = h_m + h_z + h_s + h_c = 0,2 + 10,1 + 3 + 3 = 16,3 \text{ м},$$

де h_c - Перевищення точки Д над рівнем стоянки крана, м;

b — відстань від вертикалі, що проходить через центр ваги елемента, що монтується, в проектному положенні до точки Д, яка визначається за формулою:

$$b = (B/2) + 1,5 = (36/2) + 1,5 = 19,5 \text{ м},$$

де B - розмір елемента, що монтується по горизонталі, м.

Підставивши значення формулу отримаємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \sqrt[3]{\frac{19,5}{36}} = 0,815$$

Визначається довжину стріли за формулами:

$$L_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha} = \frac{8,42}{\sin 39^{\circ}12'} = 13,3 \text{ м};$$

$$L_2 = \frac{b}{\cos \alpha} = \frac{19,5}{\cos 39^{\circ}12'} = 25,2 \text{ м};$$

$$L = L_1 + L_2 = 13,3 + 25,2 = 38,5 \text{ м}.$$

Знаходимо виліт гака за формулою:

$$L_b = 1 + d = L \cdot \cos \alpha + d = 38,5 \cdot \cos 39^{\circ}12' + 1,5 = 31,3 \text{ м},$$

де d - Відстань від шарніра кріплення стріли до осі обертання крана, м.

Для монтажу конструкцій споруди, що проектується, вибираємо стріловий автомобільний кран. LTM-1050з вантажністю до 50 т, виліт стріли – 38 м, висота підйому 36 м.

Під час виконання робіт з монтажу конструкцій не можна перебувати людям у межах небезпечної зони. Радіус небезпечної зони $R_{\text{н.з.}} = R_{\text{вып.кр.}} + 0,5L_{\text{тр.}} + L^1$, де L^1 - межа небезпечної зони.

5.3. Методи виконання робіт

Підготовчі роботи

До складу внутрішньомайданних робіт підготовчого періоду входять роботи, пов'язані з освоєнням будівельного майданчика та забезпечують нормальний початок та розвиток основного періоду будівництва, у тому числі:

- створення замовником опорної геодезичної мережі – червоні лінії, репери, головні осі будівель, опорна будівельна сітка;
- освоєння будівельного майданчика - розчищення території з улаштуванням організованого стоку поверхневих вод, влаштування постійних або тимчасових автошляхів, перенесення існуючих мереж та влаштування нових

для постачання будівництва водою та електроенергією, включаючи спорудження постійних або тимчасових джерел;

- будову засобів зв'язку (телефонної, радіо).

Перед будівництвом готують майданчик. Виробляють геодезичну розбивальну основу, розчищення та планування території, відведення поверхневих та ґрунтових вод. Геодезична розбивальна основа служить для планового і висотного обґрунтування при винесенні проекту споруд, що підлягають зведенню, і споруд на місцевість, а також для геодезичного забезпечення на всіх стадіях будівництва і після його завершення. При розчищенні території пересаджують зелені насадження, якщо їх використовують надалі, захищають їх від пошкоджень, корчують пні, очищають майданчик від чагарника, знімають родючий шар ґрунту, зносять або розбирають непотрібні будови, перекладають підземні комунікації і на закінчення проводять планування. Територія майданчика має бути захищена від надходження «чужих» поверхневих вод, для чого їх перехоплюють та відводять за межі майданчика.

Доставка матеріалів на будівельний майданчик здійснюється за допомогою автомобільного транспорту. Основні види будівельних вантажів перевозять нижченаведеними видами автомобільного транспорту.

Ґрунти перевозять в автосамоскидах. Розчин транспортують в авторастворовозах, які забезпечують не тільки перевезення, а й порційну видачу на об'єктах. Місткість обладнана лопатевим валом, що перемішує його до вивантажувального отвору. Бетонну суміш перевозять автобетонозмішувачами. Рідкі в'язучі матеріали в розігрітому стані від баз та сховищ до місця виконання робіт перевозять автогудронаторами. Всі гудронатори мають систему підігріву, що підтримує температуру матеріалу, що перевозиться, не нижче 200оС. Дрібні будівельні вантажі перевозять на бортових автомашинах.

Доставлені на будівельний майданчик матеріальні елементи складують на приоб'єктних складах, призначених для їх тимчасового зберігання - створення виробничого запасу.

Земляні роботи

Після підготовки майданчика виконують земляні роботи з підготовки підстав під будівлі і споруди, зміни природного рельєфу місцевості, влаштування земляного полотна тимчасових доріг. Виробляють розпушування діяльного шару бульдозером «Катерпіллер» мерзлих та вічномерзлих ґрунтів, розробляють з розпушуванням вічномерзлого ґрунту відбійними молотками в траншеях та котлованах із підйомом ґрунту кранами. Виконують водовідлив із траншей. При використанні бульдозера розвантажують ґрунт, засипають траншеї та котловани. Розробляють ґрунт екскаватором ЕР-7АМ з навантаженням на автомобілі-самоскиди на базі «КАМАЗу» або «КРАЗу» та вручну в траншеях та котлованах з кріпленням. Засипають пошарово-талим і мерзлим ґрунтом з трамбуванням траншей і котлованів котком ДУ-48 з розпушенням раніше викинутого змерзлого ґрунту відбійними молотками і влаштовують щебеневу основу під трубопроводи.

Роблять насип із щебеню для планування заданої ділянки на проектну позначку. Спочатку щебінь привозять самоскидами та розвантажують прямо на місце. Потім автонавантажувач типу К-700 або аналогічні або бульдозери типу «Катерпіллер» роблять «грубе» планування майданчика. Потім автогрейдер і лопатами роблять більш «тонке» планування з виведенням позначки на проектну величину.

Потім майданчик ущільнюють важким катком і остаточно задають проектну відмітку.

Цементно-піщаного покриття підлог загладжують із залізненням. Здійснюють його за допомогою металевих прасування.

Дощате покриття влаштовують з дощок, струганих з усіх боків і гребені та пази, що мають на бічних кромках. Дошки антисептують по периметру. Дошки укладають в один шар перпендикулярно лагам, з'єднують між собою бічними кромками в шпунт і згуртовують клинами. Кожну дошку прибивають до кожної лаги цвяхами завдовжки 60...70 мм. Цвяхи забивають похило. Для забезпечення рівної поверхні підлоги дошки покриття остругують.

Покрівельні та оздоблювальні роботи

Для влаштування рулонної покрівлі використовують рулонні покрівельні матеріали, мастики, розчинники, а для захисту – фарбу БТ. Укладання рулонного килима передуює очищення основи від пилу, піску, каміння, сторонніх предметів. Цю роботу виконують стисненим повітрям від компресора за допомогою легкого гнучкого шлангу, що переноситься. Огрунтування та наклейка рулонного килима повинні проводитися сухою основою. Огрунтування невеликих ділянок основи проводиться кистями, а роботи з ґрунтування великих поверхонь – із застосуванням пневматичної установки СО-74 для ґрунтування основ покрівель. Обґрунтування виконують смугами шириною 3...4 м. Рулонні матеріали наклеюють паралельно ковзану.

Покрівля виконується рулонна з чотирьох шарів руберойду. Для наклеювання рулонного килима використовуються машини - укладальники.

Полотнище рулонного матеріалу при русі машини проходить через бак, змащується з нижнього боку тонким шаром мастики і потрапляє під ковзанку, яка щільно притискає його до основи.

На наклеєний шар руберойду укладається теплоізоляційний матеріал – мінераловатні плити, потім наклеюється ще один шар руберойду, поверх нього цементно-піщана стяжка та чотири шари руберойду із захисним шаром із залізобетонних плит, товщиною 20мм.

Роботи з влаштування оздоблювальних покриттів виконують на завершальному етапі будівництва будівель та споруд. До оздоблювальних процесів входить: облицювання поверхонь, обробка поверхонь малярськими складами, покриття поверхонь рулонними матеріалами, влаштування покриттів підлог.

Двері – дерев'яні, глухі, двопільні. Полотна дверей навішуються на дві петлі. Петлі встановлюються за 250мм від грані полотна.

Малярні роботи виконують після закінчення всіх будівельних монтажних та оздоблювальних робіт, при яких можливе пошкодження малярного оздоблення. До підготовчих операцій відносять: згладжування поверхні, розрізання тріщин, відчищення поверхні, прооліфлювання, ґрунтування,

17	09-04-006-04	Монтаж огорожувальних конструкцій стін з: багатошарових панелей заводської готовності	100 м2	28,4	170,24	4834,82
РОЗДІЛ 5. ПОКРІВЛІ						
18	13-03-003-14	Забарвлення ґрунтованих бетонних та оштукатурених поверхонь: лаком ХП-734	100 м2	52	7,45	387,40
19	12-01-015-01	Пристрій пароізоляції обклеювальної: в один шар	100 м2	52	17,51	910,52
20	12-01-002-01	Влаштування покрівель плоских чотиришарових з рулонних покрівельних матеріалів	100 м2	52	29,72	1545,44
21	12-01-014-01	Утеплення плитами мінераловатними в 2 шари	м3	1800	4,07	7326,00
РОЗДІЛ 6. ВІКНА, ДВЕРІ, ВОРОТА						
22	09-04-010-03	Монтаж навісних панелей з герметичних склопакетів у пластиковій або алюмінієвій обв'язці	100 м2	5	322,73	1613,65
23	09-04-009-04	Монтаж віконних блоків: із алюмінієвих багатокамерних профілів із герметичними склопакетами	100 м2	5,4	437,92	2364,77
24	09-04-009-04	Монтаж дверних блоків: із алюмінієвих багатокамерних профілів із герметичними склопакетами	100 м2	0,2	437,92	87,58
РОЗДІЛ 7. Влаштування підлог						
25	11-01-011-03	Влаштування стяжок бетонних: товщиною 20 мм	100 м2	68	40,65	2764,20
26	11-01-028-02	Влаштування покриттів на бітумній мастиці з плиток: керамічних багатобарвних для підлоги.	100 м2	9,12	128,76	1174,29
27	11-01-036-01	Влаштування покриттів з лінолеуму на клеї: Бустилат"	100 м2	6,03	42,4	255,67
28	11-01-040-01	Влаштування плінтусів полівінілхлоридних: на клеї КН-2	100шт	38,47	8,99	345,85
29	11-01-033-02	Пристрій покриттів з: паркетних дощок.	100 м2	7,2	35,19	253,37
РОЗДІЛ 9. СПЕЦІАЛЬНІ РОБОТИ						
35	Підготовчі роботи					3753,29
36	Благоустрій території					6568,26
37	Санітарно-технічні роботи					8631,36
38	Електромонтажні роботи					8091,90
39	Влаштування зовнішніх інженерних мереж					9383,23
40	Монтаж технологічного обладнання					9383,23
					Сума	139643,60

У розділі 9 "Спеціальні роботи" трудомісткість загальнобудівельних робіт береться:

- для підготовчих робіт - 6% від загальної трудомісткості (93832,32 чол.-ч.);
- для благоустрою території – 5% загальної трудомісткості (93832,32чел.-ч.);
- пристрої зовнішніх інженерних мереж – 5% загальної трудомісткості (93832,32чел.-ч.);
- для монтажу технологічного обладнання - 5% від загальної трудомісткості (93832,32 чол.-ч.);
- для санітарно-технічних робіт – 27 осіб на кожних 100 м3 будівельного обсягу будівлі (53946/100x27);
- для електромонтажних робіт – 10 осіб на кожних 100 м2 будівельного обсягу будівлі (53946/100x10).
-

5.5. Розрахунок техніко-економічних показників

Тривалість будівництва приймається за календарним планом виконання робіт і дорівнює: $P_{\phi} = 14 \text{ міс.}$

Питома трудомісткість робіт визначається по формуле[11]:

$$T = \frac{Q}{V} = \frac{133497,13}{53946} = 2,47 \text{ чел.-дн./м}^3$$

де Q - трудомісткість робіт, чол.-дн;

V - Будівельний об'єм будівлі, м3.

Коефіцієнт нерівномірності руху робочих визначається за такою формулою:

$$K_{\text{нер}} = \frac{N_{\text{max}}}{N_{\text{ср}}}$$

де N_{max} - Максимальна кількість робітників за графіком руху робітників, чол.;

$N_{\text{ср}}$ - Середня кількість робітників.

Підставляємо отримані значення формулу:

$$K_{\text{пер}} = \frac{60}{37} = 1,62$$

Коефіцієнт змінності визначається за такою формулою:

$$K_{\text{см}} = \frac{(t_1 a_1 + t_2 a_2 + \dots + t_n a_n)}{t_1 + t_2 + \dots + t_n},$$

де t_1, t_2, t_n - тривалість виконання робіт, дн.;

a_1, a_2, a_n - кількість змін під час виконання зазначених робіт.

Підставивши значення формулу, отримаємо:

$$K_{\text{см}} = \frac{20 \cdot 1 + 75 \cdot 3 + 57 \cdot 3 + 38 \cdot 1 + 30 \cdot 1 + 43 \cdot 1 + 39 \cdot 3 + 21 \cdot 1}{621} + \frac{28 \cdot 3 + 59 \cdot 1 + 43 \cdot 3 + 16 \cdot 3 + 35 \cdot 2 + 42 \cdot 2}{621} = 2,08.$$

Результати розрахунку техніко-економічних показників наведено на аркуші 10 графічної частини дипломного проекту.

5.6. Проектування об'єктного бюджету

5.6.1 Розрахунок потреби у трудових ресурсах

$N_{\text{общ}} = N_{\text{раб}} + N_{\text{ітр}} + N_{\text{служ}}$ - загальна чисельність працюючих на будівельному майданчику. Максимальна ордината на графіку руху робітників – 60 осіб, з урахуванням коефіцієнтом 1,2 – 72 особи.

Чисельність працюючих визначається наступному співвідношенні:

$$N_{\text{заг}} = 72 \cdot 100 / 84,5 = 85 (\text{чел.}).$$

$$\text{робітники} = 72 \text{чол.},$$

$$\text{ІТП} - 11\%, = 9 \text{чол.},$$

$$\text{службовці} - 3,2\%, = 3 \text{чол.},$$

$$\text{МОП та ПСО} - 1,3\%, = 1 \text{чол.},$$

5.6.2 Визначення потреб у тимчасових будівлях

Визначаємо номенклатуру тимчасових будівель та знаходимо їх площі. Результати розрахунку зведено до таблиці 12.

Таблиця 6

Розрахункові площі тимчасових будівель

Найменування будівель	Чисельність персоналу	Норма на одну особу, м ²	Розрахункова площа, м ²
-----------------------	-----------------------	-------------------------------------	------------------------------------

1	2	3	4
Адміністративні:			
Контора	12	4	48
Диспетчерська	1	7	7
Кімната для зборів	85	0,75	63,75
Кімната інструктажу з ОТ та ТБ	2	12	24
Санітарно-побутові:			
Вбиральня	144	0,5	72
Душева	72	0,54	38,88
Приміщення для обігріву	72	0,1	7,2
Сушарка	144	0,2	28,8
Туалет	85	0,1	8,5
Кімната для їди	85	1	85

На основі виконаних розрахунків підбираємо типи інвентарних тимчасових будівель (таблиця 13).

Таблиця 7

Експлікація тимчасових будівель

Найменування будівель	Розрахунк ова площа, м²	Прийнят а площа, м²	Кільк ість будів ель	Розмір у плані, м	Конструктивн і характеристи ки	Типовий проект
1	2	3	4	5	6	7
Адміністративні:						
Контора	48	145,8	2	8,1 * 9,0	збірно- розбірний	ЩК-2- 250
Диспетчерська	7					
Кімната інструктажу з ОТ та ТБ	24					
Кімната для зборів	63,75					
Санітарно-побутові:						
Вбиральня	72	121,5	5	9,0 * 2,7	пересувний контейнер	420-01-6
Душева	38,88					
Приміщення для обігріву	7,2	16,2	1	6,0 * 2,7	контейнер	420-04-9
Сушарка	28,8	43	2	7,91 * 2,72	пересувний	НД
Туалет	8,5	16,2	1	6,0 * 2,7	контейнер	420-04- 23
Кімната для їди	85	108	2	9,0 * 3,0	пересувний	ППВТС- 20

5.6.3 Розрахунок площ складських приміщень та майданчиків

Площа складів розраховується за формулою[11]:

$$Q_{\text{зап}} = \frac{Q_{\text{общ}}}{T} \alpha * n * k,$$

де: $Q_{\text{зап}}$ - запас матеріалів на складі; $Q_{\text{общ}}$ – загальна кількість матеріалів, необхідне будівництва; T -тривалість розрахункового періоду; α – коефіцієнт нерівномірності надходження матеріалів на склади; n – норма запасів матеріалів у днях; k – коефіцієнт нерівномірності споживання матеріалів, який приймається 1,36.

Загальна площа складу $S = F/\beta$

де β – коефіцієнт, що враховує площу проходів та проїздів.

Потреба будівельних матеріалів виробництва робіт наведено у таблиці 14.

Визначення потреб у будівельних матеріалах на виробництво
покрівельних та оздоблювальних робіт

Таблиця 8

Найменування матеріалів	Призначення	од.ізм.	Обсяг робіт	Норма витрати на од.	Кількість
Фарби	Забарвлення водними складами	100 м ²	11,84	20,9	247,46
	Забарвлення металоконструкцій	100 м ²	0,52	15,7	8,16
				Разом:	255,62
Мастика	Влаштування покрівлі	100 м ²	9,72	960	9331,20
	Пристрій пароізоляції	м ²	972	1,96	1905,12
				Разом:	11236,32
Бітум	Пристрій гідроізоляції	100 м ²	13,6	1,1	14,96
Акваластен	Влаштування покрівлі	100 м ²	9,72	460	4471,20
	Пристрій пароізоляції	м ²	1944	1,1	2138,40
				Разом:	6609,60

Результати розрахунку площі складських приміщень наведено у таблиці 15.

Таблиця 9

Відомість розрахунку площі складських приміщень

Конструкції, вироби, матеріали	Одиниці виміру	Загальна потреба Q _{заг}	Тривалість укладання матеріалів у конструкцію T, год	Найбільша добова витрата Q _{общ} /T	Число днів запасу n	Коефіцієнт нерівномірного надходження, α	Коефіцієнт нерівномірності споживання, κ	Запас на складі Q _{зап}	Норма зберігання на 1м2 площі	Корисна площа складу F, м2	Коефіцієнт використання площі складу, β	Повна площа складу S м2	Характеристика складу
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15
Сталеві конструкції	т	186	38	4,89	3	1,1	1,3	21,00	0,5	42	0,6	69,99	відкритий
пали	м3	1048	75	13,97	3	1,1	1,3	59,95	0,4	149,9	0,6	249,77	відкритий
стінові панелі	м2	2840	43	66,05	2	1,1	1,3	188,89	0,5	377,8	0,6	629,64	відкритий
плити покриттів	м3	202	30	6,73	3	1,1	1,3	28,89	0,5	57,77	0,6	96,29	відкритий
щербинь	м3	806	7	115,14	3	1,1	1,3	493,96	2	247	0,6	411,64	відкритий
разом:												1457,33	відкритий
Дверні блоки	м2	200	30	6,67	1	1,1	1,3	9,53	44	0,217	0,7	0,31	під навісом
Віконні блоки	м2	1040	30	34,67	3	1,1	1,3	148,72	45	3,305	0,7	4,72	під навісом
Ламінат	м2	129,60	39	3,32	3	1,1	1,3	14,26	12	1,188	0,7	1,70	під навісом
Мастика	м2	1905,12	39	48,85	2	1,1	1,3	139,71	0,9	155,2	0,7	221,76	під навісом
Бітум	т	14,96	39	0,38	2	1,1	1,3	1,10	0,9	1,219	0,7	1,74	під навісом
Мінеральна вата	м3	1555	45	34,56	3	1,1	1,3	148,24	3	49,41	0,7	70,59	під навісом
Акваластен	м2	2138,40	45	47,52	2	1,1	1,3	135,91	200	0,68	0,7	0,97	під навісом
разом:												300,09	під навісом
Скло віконне	м2	5,4	8	0,68	1	1,1	1,3	0,97	170	0,006	0,7	0,01	закритий
Фарба	кг	920	40	23,00	5	1,1	1,3	164,45	800	0,206	0,7	0,29	закритий
разом:												0,30	закритий

5.6.4 Визначення потреби будівництва у воді

Повна потреба у воді состоит[11]:

$$Q_{\text{общ}} = 0,5 \cdot (Q_{\text{пр}} + Q_{\text{хоз}} + Q_{\text{душ}}) + Q_{\text{пож}}$$

1.1 Для встановлення максимальної витрати води на виробничі потреби складається графік:

Таблиця 10

Графік витрати води на виробничі потреби

Споживачі води	Одиниці виміру	Кількість за зміну	Норми витрати води на одиницю виміру	Загальна витрата води за зміну	Місяці					
					Жовтень 2012	Листопад 2012	Грудень 2012	Січень 2012	Лютий 2012	Листопад 2013
Заправка та обмивка бульдозера	1 маш.	2	300	600	600,00	600,00				
Буріння свердловин	1м	30	150	4500		4500	4500	4500	4500	

Догляд за бетоном	1м3 на добу	28	200	5600			5600	5600	5600	
Малярні роботи	м2	93	1	93						93
разом:					600,00	5100,00	10100,00	10100,00	10100,00	93,00

За максимальною потребою знаходять секундну витрату води на виробничі потреби, л/с:

$$Q_{np} = \sum Q_{np}^{\max} \kappa_1 / (t_1 \cdot 3600)$$

де $\sum Q_{np}^{\max}$ - максимальна витрата води; κ_1 - Коефіцієнт нерівномірності споживання води, рівний 1,5; t_1 - кількість годин роботи, до якої віднесено витрати води.

Підставимо: $Q_{np} = 10100 \cdot 1.5 / (8 \cdot 3600) = 0.53 \text{ л/с}$

1.2 Секундна витрата води на господарсько-побутові потреби визначається за такою формулою:

$$Q_{хоз} = \sum Q_{хоз}^{\max} \kappa_2 / (t_2 \cdot 3600)$$

де $Q_{пр}^{\max}$ - максимальна витрата води на господарсько-питні потреби; κ_1 - Коефіцієнт нерівномірності споживання води, рівний 1,5; t_1 - Число годин роботи в зміну.

$$Q_{хоз} = 85 \cdot 15 \cdot 2 / (8 \cdot 3600) = 0,09 \text{ л/с}$$

1.3 Секундна витрата води на душові установки визначається за такою формулою:

$$Q_{душ} = \sum Q_{душ}^{\max} \kappa_3 / (t_3 \cdot 3600) \text{ л/с}$$

де $Q_{пр}^{\max}$ - максимальна витрата води на душові установки; κ_1 - Коефіцієнт нерівномірності споживання води, рівний 1; t_1 - Тривалість роботи душової установки.

$$Q_{душ} = 72 \cdot 40 \cdot 1 / (0,75 \cdot 3600) = 1,07 \text{ л/с}$$

Витрата води на пожежогасіння приймається рівним 10 л/с, тобто. передбачено одночасну дію двох гідрантів по 5 л/с.

У зв'язку з тим, що пожежні гідранти випускаються діаметром 100мм, їх рекомендується проектувати на постійній лінії водопроводу, а діаметр тимчасового водопроводу слід розраховувати без урахування пожежогасіння:

$$Q_{\text{заг}} = 0,53 + 0,09 + 1,07 = 1,69 \text{ л / с};$$

$$D = 35,69 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\text{расч}}}{V}} = 35,69 \cdot \sqrt{\frac{1,69}{0,7}} = 55,5 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр 60мм. Діаметр тимчасового трубопроводу для пожежогасіння приймаємо 100 мм.

5.6.5 Визначення потреби в електроенергії

Визначаємо потребу в електроенергії для виробничих потреб

$$W_{np} = \sum P_{np} \cdot \kappa_c / \cos \varphi ,$$

де, κ_c - Коефіцієнт попиту;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності;

P_{np} – потужність електродвигунів будівельних машин та інструментів.

Для визначення періоду максимального споживання електроенергії на виробничі потреби становимо таблицю.

Таблиця 11

Потужність електродвигунів

Машини та механізми	Марка	Кількість	Потужний. ел. Двигун.	Загальна потужність.	Місяці						
					Грудень	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Буровий верстат	БС-1М	6	75	450							
Глибинний вібратор	I-18	2	0,8	1,6	1,6	1,6	1,6				
Зварювальний апарат	ТДП-1	3	12	36				36	36	36	36
Разом:					1,6	1,6	1,6	36	36	36	36

Сумарна максимальна потужність становила 36 кВт.

$$W_{np} = \frac{36 \cdot 0,35}{0,5} = 25,2 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність для освітлення території виконання робіт, відкритих складів, внутрішньобудівельних доріг:

$$W_{но} = \kappa_c \sum P_{но}$$

Число прожекторів:

$$n = p \cdot E \cdot S / P_{л}$$

де, Р - питома потужність (при освітленні прожекторами ПЗЗ - 45 р = 0,2-0,3 Вт / м² лк); Е - освітленість, лк (для оздоблювальних робіт 50 лк); S - площа, що підлягає освітленню, м²; Рл-потужність лампи прожектора, 1500 Вт.

$$n = \frac{0,2 \cdot 50 \cdot 14300}{1500} = 95 \text{ ламп}$$

Таким чином, для освітлення будівельного майданчика приймаємо 15 прожекторів по 7 ламп ПЗЗ – 45 потужністю 1.5 кВт. Встановлюємо їх на інвентарні щогли, розташовані на периметрі майданчика.

Для підрахунку необхідної потужності на зовнішнє та внутрішнє освітлення складаємо таблицю 19.

Таблиця 12

Необхідна потужність на зовнішнє та внутрішнє освітлення

Споживачі електроенергії	од.ізм.	Кількість	Питома потужність, кВт	Потужність, кВт
1	2	3	4	5
Зовнішнє освітлення:				
Монтаж сталевих конструкцій	1000м ²	6	2,4	14,40
Відкриті склади та навіси	1000м ²	1,76	1,2	2,11
Внутрішньобудівельні дороги	1км	0,6	2,5	1,50
Охоронне освітлення	1км	0,54	1	0,54
Прожектори	1шт	100	1,5	150,00
Разом:				168,55
Внутрішнє освітлення:				
Контора та диспетчерська	100м ²	1,7	1,35	2,30
Кімната для зборів	100м ²			
Приміщення для їди	100м ²	1,13	1	1,13
Приміщення для обігріву	100м ²	0,162	1	0,16
Гардеробна з душовою	100м ²	1,21	1,5	1,82
Туалет	100м ²	0,162	1	0,16

Разом:	5,56
---------------	-------------

Потужність для зовнішнього освітлення:

$$W_{но} = K_c \sum P_{но} = 1 \cdot 168,55 = 168,55 (\text{кВт}).$$

Для матеріальної комори потужність дорівнює $0,1415 \cdot 1 = 0,1415$ (кВт).

Потужність мережі для внутрішнього освітлення

$$W_{во} = \sum K_c P_{вр} = 5,56 \cdot 0,8 + 0,1415 \cdot 0,35 = 4,50 (\text{кВт}).$$

Загальна потужність електроспоживачів:

$$W_{общ} = 25,2 + 168,55 + 4,50 = 198,25 (\text{кВт}).$$

Потужність трансформатора: $W_{тр} = 1,1 \cdot 198,25 = 218,1 (\text{кВт}).$

За потужністю підбираємо трансформаторну підстанцію КТПН-320.

5.6.6 Розрахунок техніко-економічних показників

Площа будівельного майданчика F визначаємо за геометричними правилами та формулами. Протяжність комунікацій встановлювалася графічно з урахуванням масштабу нанесених мереж. Площу тимчасових будівель приймаємо за таблицею 2].

$$K_{не} = F_B \cdot 100 / F_{п},$$

де: F_B – площа забудови тимчасовими спорудами; $F_{п}$ - площа забудови постійними будинками.

Компактність стройгенплану характеризується коефіцієнтами K_1 та K_2 .

$$K_1 = F_{п} \cdot 100 / F = 6040 \cdot 100 / 40500 = 14,9$$

$$K_2 = F_B \cdot 100 / F = 505 \cdot 100 / 40500 = 1,3$$

5.6.7 Методи та засоби захисту

При виконанні низки виробничих операцій необхідно носити спецодяг (костюми, комбінезони та ін.), пошитий із спеціальних матеріалів для забезпечення безпеки від впливів різних речовин та матеріалів, з якими доводиться працювати. Щоб уникнути травм стоп та пальців ніг, необхідно носити захисне взуття (чоботи, черевики). Її застосовують під час робіт: з

важкими предметами; за умов, де існує ризик падіння предметів. Деякі типи спецвзуття забезпечені посиленою підошвою, що оберігає стопу від гострих предметів (таких, як цвях, що стирчить). Знаходить застосування спеціальне віброзахисне взуття.

Для захисту рук при механічній обробці металів, деревини, при вантажно-розвантажувальних роботах тощо необхідно використовувати спеціальні рукавиці або рукавички. Захист рук від вібрацій досягається застосуванням рукавиць із упругодемпфіруючого матеріалу.

Засоби захисту шкіри необхідні при контакті з речовинами та матеріалами, шкідливими для шкіри; механічних впливах, у яких з'являються подряпини і рани, а шкіра стає більш сприйнятливою до впливу шкідливих речовин.

Для профілактики пошкоджень шкіри необхідно використовувати мило, яке пом'якшує шкіру; Засоби для очищення рук можна застосовувати тільки у випадку дуже сильного забруднення. Вибір крему залежить від характеру роботи.

Засоби захисту голови призначені для захисту голови від падаючих та гострих предметів, а також для пом'якшення ударів. Вибір шоломів і касок залежить від виду виконуваних робіт. Вони повинні використовуватися в таких умовах:

- існує ризик отримати травму від матеріалів, інструментів або інших гострих предметів, які падають вниз, перекидаються, зісковзують, викидаються або скидаються вниз;
- є небезпека зіткнення з гострими предметами, що випирають або звисають, гострокінцевими предметами, предметами неправильної форми, а також не підвішеними або ваганнями, що коливаються;
- існує ризик зіткнення голови з електричним дротом.

Для захисту від шкідливих механічних, хімічних та променевих впливів необхідні засоби захисту очей та обличчя. Ці засоби застосовують при виконанні наступних робіт: шліфування, піскоструминної обробки, розпилення, обприскування, зварювання, а також при використанні їдких рідин, шкідливому

тепловому впливі та ін. Ці засоби виконують у вигляді окулярів або щитків. У деяких ситуаціях засоби захисту очей застосовують разом із засобами захисту органів дихання, наприклад, спеціальні головні убори.

В умовах роботи, коли існує ризик променевого впливу, наприклад при зварювальних роботах, важливо підібрати захисні фільтри необхідного ступеня щільності. Застосовуючи засоби захисту очей, треба стежити за тим, щоб вони надійно трималися на голові і не знижували оглядового поля, а забрудненість не погіршувала зір.

Засоби захисту органів дихання призначені для того, щоб захистити від вдихання та потрапляння в організм людини шкідливих речовин (пилу, пари, газу) під час проведення різних технологічних процесів.

Безпечне проведення робіт забезпечується шляхом застосування індивідуальних захисних пристроїв. Так, під час роботи на висоті необхідно використовувати рятувальні пояси, що страхують канати.

5.6.8 Захист від механічного травмування

До засобів захисту від механічного травмування відносяться запобіжні гальмівні пристрої, засоби автоматичного контролю та сигналізації, знаки безпеки, системи дистанційного керування.

Запобіжні захисні засоби призначені для автоматичного відключення агрегатів та машин у разі відхилення будь-якого параметра, що характеризує режим роботи обладнання, за межі допустимих значень. Таким чином, при аварійних режимах (збільшенні тиску, температури, робочих швидкостей, сили струму, моментів, що крутять, тощо) виключається можливість вибухів, поломок, займань.

Механічна блокування є системою, що забезпечує зв'язок між огорожею і гальмівним (пусковим) пристроєм. При знятій огорожі агрегат неможливо розгальмувати, а отже, і пустити його в хід.

Гальмівні пристрої поділяють: за конструктивним виконанням — на колодкові, дискові, конічні та клинові; за способом спрацьовування - на ручні,

автоматичні та напіваавтоматичні; за принципом дії - на механічні, електромагнітні, пневматичні, гідравлічні та комбіновані; за призначенням - на робочі, резервні, стоянкові та екстреного гальмування.

Огороджувальні пристрої - клас засобів захисту, що перешкоджають попаданню людини в небезпечну зону. Огороджувальні пристрої застосовують для ізоляції систем приводу машин і агрегатів, зони обробки заготовок на верстатах, пресах, штампах, оголених струмопровідних частин, зон інтенсивних випромінювань (теплових, електромагнітних, іонізуючих), зон виділення шкідливих речовин, що забруднюють повітряне середовище і т.п. т. п.).

5.6.9 Захист від шуму

При будівництві виникає шум при роботі будівельних машин та механізмів, електроінструментів, віброустановок. Інтенсивний шум на виробництві сприяє зниженню уваги та збільшенню числа помилок при виконанні роботи, виключно сильний вплив надає шум на швидкість реакції, збирання інформації та аналітичні процеси, через шум знижується продуктивність праці та погіршується якість роботи. Шум ускладнює своєчасну реакцію працюючих на попереджувальні сигнали внутрішньоцехового транспорту, що сприяє виникненню нещасних випадків з виробництва. Шум впливає весь організм людини; пригнічує ЦНС, викликає зміну швидкості дихання та пульсу, сприяє порушенню обміну речовин, виникненню серцево-судинних захворювань, гіпертонічної хвороби. Робота за умов підвищеного шуму призводить до порушення слуху.

Пристрій звукоізоляції – зменшення рівня шуму за допомогою захисного пристрою, який встановлюється між джерелом та приймачем і має велику відбивну та поглинаючу здатність. Зазвичай роль захисних пристроїв виконують шуми глушники, екрани або стінки ізольованих обсягів. Наприклад, захисним пристроєм є кожух, яким закривають машини та механізми, або кабіна, в якій знаходиться оператор, який керує робочим процесом. Стінки кожухів та кабін

виготовляють з листового прокату та покривають зсередини звукопоглинаючим матеріалом.

5.7. Пожежна безпека

Проект виконано відповідно до вимог ДБН [11].

Ступінь вогнестійкості будівлі – II.

Проектні рішення забезпечують своєчасну та безперешкодну евакуацію людей; порятунок людей, які можуть зазнати впливу небезпечних факторів пожежі, захист людей на шляхах евакуації від впливу небезпечних факторів пожежі.

Як евакуаційні виходи з поверхів використовуються коридори з безпосереднім виходом у сходові клітини. Всі двері на шляхах евакуації відчиняються у напрямку виходу з будівлі. Внутрішнє пожежогасіння будівлі здійснюється від існуючих пожежних кранів, розташованих у спеціально обладнаних та доступних місцях. Кожен пожежний кран забезпечений пожежним рукавом, пожежним стволом і поміщений у спеціальну шафку.

Оздоблення стін і стель на шляхах евакуації передбачено з негорючих матеріалів.

Будівля обладнана пожежним водопроводом.

Будівля, що окремо стоїть, не порушує систему проїздів і забезпечує можливість проїзду пожежних машин і доступ пожежних до будь-якого приміщення.

Протипожежний захист досягатиметься застосуванням комбінації наступних способів:

- застосуванням засобів пожежогасіння та відповідних видів пожежної техніки;
- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації та пожежогасіння;

- застосуванням основних будівельних конструкцій та матеріалів, у тому числі конструкцій, що використовуються для облицювання, з нормованими показниками пожежної безпеки;
- застосуванням просочення конструкцій об'єктів антипіренами та нанесенням на їх поверхні вогнезахисних фарб (складів);
- пристроями, що забезпечують обмеження розповсюдження пожежі;
- організацією за допомогою технічних засобів, включаючи автоматичні, своєчасного оповіщення та евакуації людей;
- застосуванням засобів колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі;
- застосуванням засобів протидимного захисту.

Обмеження розповсюдження пожежі за межі вогнища має досягатися застосуванням комбінації наступних способів:

- улаштуванням протипожежних перешкод;
- улаштуванням аварійного відключення та перемикання установок та комунікацій;

Для забезпечення евакуації:

- встановлено кількість, розміри та відповідне конструктивне виконання евакуаційних шляхів та виходів;
- забезпечено можливість безперешкодного руху людей евакуаційними шляхами.

У будівлі передбачені технічні засоби (сходові клітини, протипожежні стіни, зовнішні пожежні сходи, аварійні люки і т. п.), що мають стійкість при пожежі та вогнестійкість конструкцій її менше часу, необхідного для порятунку людей при пожежі розрахункового часу гасіння пожежі.

5.8. Вимоги безпеки під час зведення будівлі

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 монтажними роботами безпосередньо чи через бригадира. Розпорядження та вказівки відповідальної особи є обов'язковими для всіх, хто працює 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 (огорожі, освітлення, вентиляція, захисні та запобіжні пристрої та пристосування тощо), санітарно-побутовими приміщеннями та пристроями відповідно до чинних робіт та характеру. Усі особи, що знаходяться на будівельному майданчику, повинні носити захисні каски.

Рішення з техніки безпеки повинні враховуватися та знаходити відображення в організаційно-технологічних картах та схемах на проведення робіт.

Монтажні роботи слід вести лише за наявності проекту виконання робіт, технологічних карт чи монтажних схем. За відсутності зазначених документів монтажні роботи забороняються.

Порядок виконання монтажу конструкцій, визначений проектом виконання робіт, має бути таким, щоб попередня операція повністю унеможливила небезпеку при виконанні наступних.

Монтаж конструкцій повинні проводити монтажники, які пройшли спеціальне навчання та ознайомлені зі специфікою монтажу металевих конструкцій.

Монтажникам, що виконують роботи на висоті, виконувати роботи при страховці монтажними поясами, прикріпленими до місць, зазначених виробником робіт. Монтажний пояс повинен бути випробуваний і мати бирку.

Перед допуском до роботи з монтажу металоконструкцій керівники організацій зобов'язані забезпечити навчання та проведення інструктажу з безпеки на робочому місці. Відповідальність за правильну організацію безпечного ведення робіт на об'єкті покладається на виробника робіт та майстра.

При виконанні робіт з монтажу конструкцій необхідно дотримуватися таких правил:

- не можна перебувати людям у межах небезпечної зони. Радіус небезпечної зони $R_{\text{н.з.}} = R_{\text{в.м.к.р.}} + 0,5L_{\text{т.р.}} + L^1$, де L^1 - межа небезпечної зони;
- при роботі зі сталевими канатами слід користуватися брезентовими рукавицями;
- забороняється під час підйому вантажів ударяти по стропах та гаку крана;
- забороняється стояти, проходити чи працювати під піднятим вантажем;
- забороняється залишати вантажі, що лежать у нестійкому положенні;
- машиніст крана не повинен опускати вантаж одночасно з поворотом стріли;
- не кидати вантаж, що різко опускається.

Через сильний вітер можуть виникнути труднощі з проведенням робіт. Під час роботи на висоті понад 20 м слід забезпечити вимірювання вітру у найвищому місці проведення монтажних робіт. Коли швидкість вітру перевищить 8 м/с, слід припинити роботи з підвішеними конструкціями та роботи, пов'язані з особистою безпекою. Якщо вітер сильніший за 10,7 м/с необхідно зупинити всі роботи на висоті.

6. ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Для визначення кошторисної вартості будівництва об'єкта складено документації: локальні кошториси та об'єктний кошторис.

Локальні кошториси складаються окремо на будівельні, санітарно-технічні та спеціальні роботи.

Об'єктний кошторис – визначає кошторисну вартість об'єкта. Вона об'єднує локальні кошториси та враховує вартість усіх видів будівельних, монтажних та спеціальних робіт, витрати на обладнання, меблі, інвентар та ін витрати, пов'язані з будівництвом тільки даного об'єкта.

6.1. Упорядкування локального кошторису на загальнобудівельні роботи

Вартість, яка визначається локальним кошторисом, включає: прямі витрати, накладні витрати, планові накопичення.

Прямі витрати враховують у своєму складі:

- основну заробітну плату робітників;
- Витрати на матеріали, вироби, конструкції;
- вартість експлуатації будівельних машин та механізмів.

Для визначення кошторисної вартості БМР у поточних цінах застосовуються індекси, що переглядаються щокварталу.

6.2. Зведений кошторисний розрахунок

Зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва складається на основі об'єктних кошторисів та кошторисних розрахунків на окремі види витрат. Він визначає загальну кошторисну вартість будівництва комплексу будівель та споруд, тобто загальну суму капітальних вкладень.

Зведений кошторисний розрахунок у цьому прикладі складено з урахуванням укрупнених показників. Відсоткові відносини, застосовані у прикладі, мають рекомендаційний характер.

Зведений кошторисний розрахунок складається у цінах 2026 р.

Зведений кошторисний розрахунок

вартості будівництва будівлі

Зведений кошторисний розрахунок у сумі 353091,87 тис.
грн.

кладено у цінах 2026 р.

№	Найменування розділів, об'єктів, робіт та витрат	Кошторисна вартість, тис. н.				Загальна кошторисна вартість, тис. н.
		Будівельних робіт	Монтажних робіт	Обладнання, меблів, інвентарю	інші витрати	
1	2	3	4	5	6	7
1	Глава 1. Підготовка території будівництва(2% від підсумку гол. 2 і 3 за гр. 7)	4334,39	----	----	----	4334,39
2	Глава 2. Основний об'єкт будівництва – будівля критого тенісного корту	106464,99	16597,56	73955,36	----	197017,91
3	Глава 3. Об'єкти підсобного та обслуговуючого значення - склад (10% від гол. 2 за кожною графою)	10646,50	1659,76	7395,54	----	19701,79
4	Глава 4. Об'єкти енергетичного господарства (будівельні роботи - 10%, монтажні - 8%, обладнання - 9% від підсумку гол 2 і 3 за гр. 7)	21671,97	17337,58	19504,77	----	58514,32
5	Глава 5. Об'єкти транспортного господарства та зв'язку (5% від результату гл 2 і 3 по гр.7)	10835,99	----	----	----	10835,99
6	Глава 6. Зовнішні мережі та споруди водо-, тепло-, газопостачання та каналізації (5% від результату гол. 2 і 3 по гр.7)	10835,99	----	----	----	10835,99
7	Глава 7. Благоустрій та озеленення території (3% від підсумку гол. 2 та 3 по гр. 7)	6501,59	----	----	----	6501,59
РАЗОМ за розділами 1-7		171291,41	35594,89	100855,67	----	307741,98
8	Глава 8. Тимчасові будівлі та споруди (3% від результату гол. 1-7 по гр.7)	9232,26	-	-	-	9232,26
РАЗОМ за розділами 1-8		180523,67	35594,89	100855,67	~	316974,24
9	Глава 9. Інші роботи та витрати (3% від підсумку гол. 1-8 за гр. 7)	-	-	-	9509,23	9509,23
РАЗОМ за розділами 1-9		180523,67	35594,89	100855,67	9509,23	326483,47
10	Глава 10. Зміст дирекції (технічний нагляд) підприємства, що будується, і авторський нагляд (1% від підсумку гол. 1-9 по гр.7)				3264,83	3264,83
11	Глава 11. Підготовка експлуатаційних кадрів(1% від підсумку гол. 1-9 за гр. 7)	~	-	-	3264,83	3264,83
12	Глава 12. Проектні та розвідувальні роботи (3% від результату гол. 1-9 по гр.7)	~	~	~	9794,50	9794,50
РАЗОМ за розділами 1-12		180523,67	35594,89	100855,67	25833,40	342807,64
13	Резерв коштів на непередбачені роботи та витрати (3% від підсумку гол. 1-12 за гр. 7)	10284,23	~	~	~	10284,23
ВСЬОГО по зведеному кошторисному розрахунку		190807,90	35594,89	100855,67	25833,40	353091,87

Локальний кошторис на загальнобудівельні роботи, а також інші базові кошториси наведено у додатку А.

7. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДИК ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИБУХОВО-УДАРНОЇ ХВИЛІ ТА ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЗАХИСНОЇ СПОРУДИ НАД ОБ'ЄКТОМ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

7.1. Актуальність теми

У сучасних умовах широкомасштабної війни в Україні питання забезпечення надійності, живучості та вибухостійкості будівель і споруд набуло особливої актуальності. Значна частина об'єктів критичної інфраструктури, промислових підприємств, енергетичних об'єктів, транспортних вузлів та інженерних мереж перебуває під постійною загрозою ураження вибуховими, ударними та уламковими впливами. У зв'язку з цим зростає потреба у розробленні та вдосконаленні конструктивних рішень захисних споруд, здатних сприймати короточасні інтенсивні динамічні навантаження від вибухово-ударної хвилі.

Особливість дії вибухового навантаження полягає у його високій інтенсивності, малій тривалості та суттєвій залежності параметрів тиску від маси заряду, типу вибуху, відстані до епіцентру, умов відбиття хвилі та геометрії споруди. У практиці інженерного розрахунку для визначення параметрів вибухово-ударної хвилі застосовуються різні емпіричні та напівемпіричні методики, зокрема методики М.О. Садовського, А.Н. Бірбраєра, Кіннея і Грахама, Кінгері-Булмаша та інші. При цьому результати, отримані за різними підходами, можуть суттєво відрізнятися, що безпосередньо впливає на прийняття розрахункового навантаження, напружено-деформований стан конструкції, підбір армування та загальну оцінку її безпеки.

Актуальність дослідження також зумовлена необхідністю переходу від спрощених статичних розрахункових схем до більш адекватного чисельного моделювання роботи захисних споруд із використанням методу скінченних елементів. Застосування ПК «ЛПРА-САПР» дає змогу створювати просторові

розрахункові моделі захисних споруд, враховувати роботу монолітних залізобетонних стін, фундаментної плити, плити покриття та металевих балок, а також досліджувати реакцію конструкції на дію короткочасного динамічного навантаження прямим динамічним методом.

Таким чином, тема дослідження є актуальною з наукової та практичної точок зору, оскільки спрямована на уточнення підходів до визначення параметрів вибухового навантаження, порівняння існуючих методик розрахунку та оцінювання напружено-деформованого стану захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури засобами чисельного моделювання.

7.2. Постановка проблеми

Розрахунок захисних споруд на дію вибухово-ударної хвилі є складною інженерною задачею, яка поєднує визначення параметрів вибухового навантаження, вибір розрахункової схеми споруди, побудову адекватної чисельної моделі та аналіз динамічної реакції конструктивних елементів. Основна проблема полягає в тому, що вибухове навантаження має імпульсний характер і не може повною мірою бути описане лише традиційними статичними підходами. Його дія залежить не тільки від максимального значення тиску, а й від тривалості фази стиснення, імпульсу тиску, характеру відбиття хвилі від поверхонь споруди та напряму дії навантаження.

У практичних розрахунках часто виникає невизначеність щодо вибору методики визначення параметрів вибухово-ударної хвилі. Різні методики можуть давати як консервативні, так і менш консервативні результати, особливо на малих відстанях від епіцентру вибуху. Це ускладнює обґрунтований вибір розрахункового тиску для подальшого моделювання конструкції. Надмірно завищені значення навантаження можуть призводити до необґрунтованого збільшення матеріаломісткості споруди, тоді як занижені — до недостатнього рівня безпеки.

Окремою проблемою є вибір способу прикладання вибухового навантаження до розрахункової моделі. У спрощеній постановці тиск від вибухово-ударної хвилі може задаватися як еквівалентне статичне навантаження, проте такий підхід не враховує реального розвитку процесу в часі. Більш коректним для оцінювання реакції захисної споруди є застосування прямого динамічного методу, який дозволяє врахувати зміну навантаження у часі, інерційні властивості конструкції та просторовий характер її деформування.

Отже, науково-прикладна проблема полягає у необхідності порівняльного аналізу методик визначення параметрів вибухово-ударної хвилі та оцінювання можливості їх використання для чисельного моделювання роботи захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури із застосуванням методу скінченних елементів.

7.3. Аналіз публікацій

Проблематика розрахунку будівельних конструкцій на дію вибухових навантажень розглядається у значній кількості наукових, нормативних та інженерно-практичних джерел. Основна увага в таких роботах приділяється визначенню параметрів вибухово-ударної хвилі, оцінюванню надлишкового та відбитого тиску, тривалості позитивної фази навантаження, імпульсу тиску, а також особливостям взаємодії ударної хвилі з перешкодами та конструктивними елементами споруд.

У класичних підходах до визначення параметрів вибухової хвилі широко застосовуються емпіричні та напівемпіричні залежності, отримані на основі експериментальних досліджень. До таких підходів належать формули М.О. Садовського, методика А.Н. Бірбасєра, методика Кіннея і Грахама, а також методика Кінгері-Булмаша. Їх спільною особливістю є використання приведеної відстані, маси заряду у тротиловому еквіваленті та типу вибуху як основних параметрів для визначення характеристик ударної хвилі. Водночас кожна з

методик має власну область застосування, систему коефіцієнтів та рівень консервативності результатів.

Аналіз наукових публікацій показує, що при розрахунку захисних споруд недостатньо обмежуватися лише визначенням максимального надлишкового тиску. Для адекватного опису дії вибуху необхідно враховувати також тривалість фази стиснення, імпульс навантаження, відбитий тиск, просторовий розподіл тиску по поверхнях споруди та напрям поширення хвилі. Саме ці параметри визначають динамічну реакцію конструкції, рівень переміщень, внутрішніх зусиль, напружень і необхідне армування залізобетонних елементів.

У сучасних дослідженнях усе ширше застосовуються чисельні методи аналізу, зокрема метод скінченних елементів. МСЕ-моделювання дозволяє врахувати просторову роботу захисних споруд, сумісну деформацію стін, фундаментної плити, плити покриття та несучих балок, а також дослідити локальні зони концентрації напружень. Для таких задач використовуються як спеціалізовані програми нелінійної динаміки, так і інженерні програмні комплекси, зокрема ПК «ЛІРА-САПР», що дає змогу виконувати розрахунки будівельних конструкцій із урахуванням динамічних впливів.

Водночас у наявних дослідженнях залишається актуальним питання зіставлення результатів, отриманих за різними методиками визначення параметрів вибухово-ударної хвилі, та їх подальшого використання в інженерних МСЕ-моделях. Особливо важливим є обґрунтований вибір розрахункового сценарію для споруд критичної інфраструктури, де недооцінка навантаження може мати катастрофічні наслідки, а надмірне завищення — призводити до нерациональних конструктивних рішень.

Метою дослідження є оцінювання впливу вибору методики визначення параметрів вибухово-ударної хвилі на результати розрахунку захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури та дослідження її напружено-деформованого стану методом скінченних елементів із використанням ПК «ЛІРА-САПР» при дії вибухового навантаження.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **задачі досліджень**:

- Проаналізувати основні підходи до визначення параметрів вибухово-ударної хвилі для наземного вибуху.
- Виконати розрахунок надлишкового тиску, відбитого тиску, тривалості фази стиснення та імпульсу тиску для заданої маси вибухової речовини у тротиловому еквіваленті та заданого діапазону відстаней до епіцентру вибуху.
- Провести порівняльний аналіз результатів, отриманих за методиками М.О. Садовського, А.Н. Бірбраєра, Кіннея і Грахама та Кінгері-Булмаша.
- Обґрунтувати вибір розрахункової методики для подальшого чисельного моделювання захисної споруди.
- Розробити просторову розрахункову модель захисної споруди над об'єктом критичної інфраструктури у ПК «ЛІРА-САПР».
- Задати розрахункові сценарії дії вибухового навантаження на конструктивні елементи захисної споруди.
- Виконати розрахунок захисної споруди методом скінченних елементів, зокрема із застосуванням прямого динамічного методу.
- Проаналізувати характер переміщень, деформацій, внутрішніх зусиль та напружень у несучих елементах захисної споруди.
- Оцінити достатність прийнятих конструктивних рішень та сформулювати практичні рекомендації щодо використання чисельного моделювання при проектуванні захисних споруд.

Об'єктом дослідження є захисна споруда над об'єктом критичної інфраструктури, що сприймає короткочасне динамічне навантаження від вибухово-ударної хвилі.

Предметом дослідження є напружено-деформований стан конструктивних елементів захисної споруди при дії вибухово-ударної хвилі, а

також вплив вибору методики визначення параметрів вибухового навантаження на результати чисельного розрахунку.

7.4. Нормативний квазістатичний метод розрахунку захисних споруд

У сучасних нормативних підходах до проєктування захисних споруд цивільного захисту одним із найбільш поширених є квазістатичний метод розрахунку. Його сутність полягає у заміні реального короткочасного динамічного впливу від вибухово-ударної хвилі еквівалентним статичним або умовно статичним рівномірно-розподіленим навантаженням. Такий підхід значно спрощує інженерну постановку задачі, оскільки дозволяє використовувати традиційні методи розрахунку будівельних конструкцій без необхідності безпосереднього моделювання зміни тиску у часі.

Основною перевагою квазістатичного методу є його простота та доступність для практичного проєктування. Він не потребує складного опису імпульсного характеру вибухового навантаження, побудови функції зміни тиску в часі, врахування інерційних властивостей конструкції та виконання динамічного аналізу. Завдяки цьому метод може бути використаний на ранніх стадіях проєктування, при попередньому оцінюванні товщини огорожувальних конструкцій, порівнянні конструктивних рішень та перевірці відповідності споруди мінімальним нормативним вимогам.

До переваг квазістатичного підходу також належить його зручність для масового проєктування захисних споруд та споруд подвійного призначення. У випадках, коли необхідно швидко оцінити несучу здатність стін, плит покриття або інших огорожувальних конструкцій, еквівалентне статичне навантаження дозволяє отримати інженерно зрозумілий результат із використанням стандартних розрахункових схем. Це особливо важливо в умовах воєнного часу, коли існує потреба у швидкому проєктуванні, реконструкції або пристосуванні існуючих приміщень під укриття.

Водночас квазістатичний метод має суттєві недоліки. Насамперед він не відображає реальної фізики дії вибухово-ударної хвилі, яка характеризується різким зростанням тиску, малою тривалістю позитивної фази, наявністю імпульсу навантаження та подальшим спаданням тиску. У такій постановці втрачається інформація про часовий характер дії навантаження, а отже, не враховується вплив власних частот, форм коливань, інерційних сил, демпфування та можливого динамічного підсилення реакції конструкції.

Ще одним обмеженням є те, що квазістатичний метод, як правило, розглядає навантаження у спрощеному вигляді — як рівномірно розподілений тиск. Насправді ж вибухова хвиля може створювати нерівномірний розподіл тиску по поверхнях споруди, різні значення падаючого та відбитого тиску, локальні зони підвищеного навантаження, а також складну взаємодію хвилі з геометрією споруди. Такі ефекти особливо важливі для споруд складної форми, наземних захисних оболонок, входів, прорізів, вузлів сполучення стін із плитами та інших локальних зон концентрації зусиль.

Квазістатичний метод також обмежено враховує характер роботи матеріалів при короточасних динамічних впливах. Для залізобетонних конструкцій вибухове навантаження може супроводжуватися інтенсивним тріщиноутворенням, локальним руйнуванням бетону, втратою зчеплення арматури з бетоном, сколюванням внутрішньої поверхні, розвитком пластичних деформацій арматури та зміною жорсткості конструкції у часі. У межах спрощеного квазістатичного розрахунку такі явища або не враховуються, або враховуються лише побічно через конструктивні вимоги та коефіцієнти запасу.

Особливо обережно квазістатичний підхід слід застосовувати для аналізу об'єктів критичної інфраструктури, де наслідки руйнування можуть бути значними. Для таких споруд важливим є не лише виконання мінімальних нормативних вимог, а й оцінювання фактичної роботи конструкції при конкретному сценарії вибухового впливу. У цих випадках доцільним є доповнення квазістатичного розрахунку більш уточненими методами: методом

ударного імпульсу, прямим динамічним розрахунком або нелінійним чисельним моделюванням методом скінченних елементів.

Таким чином, квазістатичний метод можна розглядати як ефективний інструмент для попереднього та нормативного розрахунку захисних споруд, однак його застосування має чіткі межі. Він є доцільним для типових конструктивних рішень, попереднього оцінювання несучої здатності та перевірки відповідності мінімальним вимогам ДБН. Водночас для складних, відповідальних або нестандартних споруд, зокрема споруд над об'єктами критичної інфраструктури, квазістатичний підхід бажано доповнювати просторовим МСЕ-моделюванням і прямим динамічним розрахунком, що дозволяє більш адекватно врахувати імпульсний характер вибухового навантаження, інерційну реакцію конструкції та просторовий розподіл зусиль.

7.5. Порівняльний аналіз методик розрахунку вибухової хвилі, альтернативних нормативній

1. Розрахунок параметрів вибухової ударної хвилі (ВУХ)

Виконуємо розрахунок параметрів ВУХ в діапазоні відстаней від будівлі до епіцентру вибуху R від 5 до 25 м із кроком 1м для наступних вихідних даних:

- вага навантаження у тротиловому еквіваленті - 36 кг;
- тип вибуху - наземний.

1.1 Розрахунок параметрів ВУХ за емпіричними формулами М.О.

Садовського

Розрахунок надлишкового тиску ударної хвилі p_{sl} .

$$R := 5,6..25 \text{ м}$$

$$k_{ef} := 1 \text{ - для тротилу}$$

$$\eta := 1.6 \text{ - для щільних суглинків та глин}$$

$$m_e := 36 \text{ кг}$$

$$m_{ef1} := k_{ef} \cdot \eta \cdot m_e = 57.6 \text{ кг}$$

$$p_{s1}(R) := 0.1 \cdot \frac{\sqrt[3]{m_{ef1}}}{R} + 0.43 \cdot \frac{\sqrt[3]{m_{ef1}^2}}{R^2} + 1.4 \cdot \frac{m_{ef1}}{R^3}$$

Тривалість фази стиснення t_s , с:

$$t_s(R) := 1.7 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[6]{m_{ef1}} \cdot \sqrt{R}$$

Імпульс тиску в фазі стиснення i_s , Па*с:

$$i_s(R) := 200 \cdot \frac{\sqrt[3]{m_{ef1}}}{R}$$

Результати розрахунків представлені у табл. 1.1, на рис. 1.1-1.3.

Табл. 1.1 Результати розрахунків параметрів ВУХ за емпіричними формулами М.О. Садовського

$R, м$	$p_{s1}, МПа$	$t_{s1}, с$	$i_{s1}, кПа*с$
5	0,979	0,00747	154,478
6	0,616	0,008183	128,732
7	0,421	0,008839	110,342
8	0,306	0,009449	96,549
9	0,233	0,01002	85,821
10	0,183	0,01056	77,239
11	0,149	0,01108	70,217
12	0,123	0,01157	64,366
13	0,104	0,01205	59,415
14	0,09	0,0125	55,171
15	0,078	0,01294	51,493
16	0,069	0,01336	48,274
17	0,061	0,01377	45,435
18	0,055	0,01417	42,911
19	0,05	0,01456	40,652
20	0,045	0,01494	38,62
21	0,042	0,01531	36,781

22	0,038	0,01567	35,109
23	0,036	0,01602	33,582
24	0,033	0,01637	32,183
25	0,031	0,0167	30,896

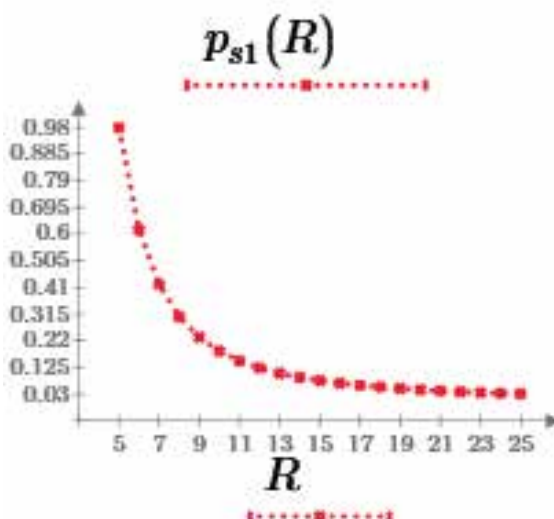


Рис. 1.1 Графік залежності надлишкового тиску ударної хвилі p_{s1} [МПа] від відстані до епіцентру вибуху R

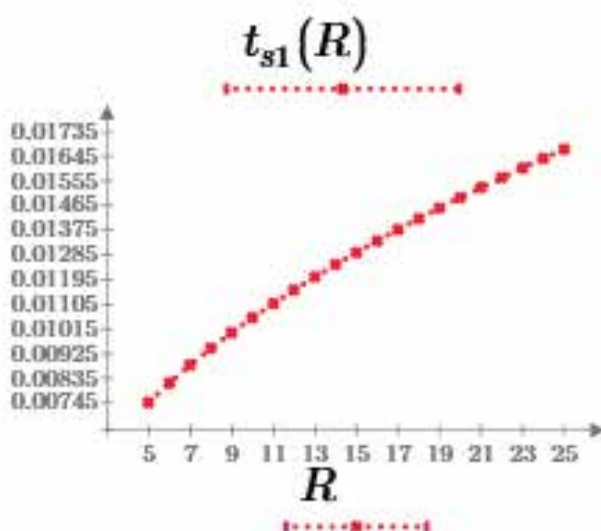


Рис. 1.2 Графік залежності тривалості фази стиснення t_{s1} [с] від відстані до епіцентру вибуху R

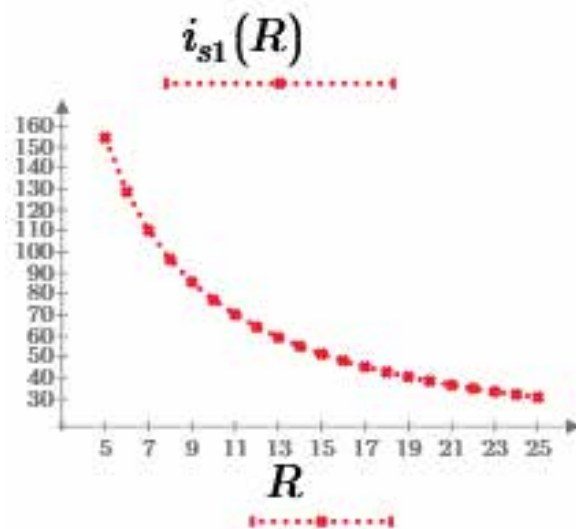


Рис. 1.3 Графік залежності імпульсу тиску в фазі стиснення i_{s1} [кПа*с] від відстані до епіцентру вибуху R

1.2 Розрахунок параметрів ВУХ за методикою Бірбрасера А.Н.

Розрахунок надлишкового тиску ударної хвилі p_{s2} , МПа.

$$a := k_{ef} = 1$$

$\varepsilon := 0.2$ - для м'яких ґрунтів

$$m_{ef2} := (1 - \varepsilon) \cdot a \cdot m_e = 28.8 \quad \text{кг}$$

Приведена відстань:

$$Z(R) := \frac{R}{\sqrt[3]{m_{ef2}}}$$

$$p_{s2}(Z, R) := \begin{cases} \text{if } 1.2 < Z(R) < 17.8 \\ \left(\frac{0.92}{Z(R)} + \frac{3.5}{Z(R)^2} + \frac{10.6}{Z(R)^3} \right) \cdot 10^{-1} \\ \text{else} \\ \text{if } 17.8 \leq Z(R) < 1000 \\ 4.2 \cdot Z(R)^{-1.45} \cdot 10^{-1} \\ \text{else} \\ \left(\frac{0.92}{Z(R)} + \frac{3.5}{Z(R)^2} + \frac{10.6}{Z(R)^3} \right) \cdot 10^{-1} \end{cases}$$

Тривалість фази стиснення t_{s2} , с:

$$t_{s2}(Z, R) := \begin{cases} \text{if } 1.2 < Z(R) < 10 \\ 1.7 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{m_{ef2}} \cdot \sqrt{Z(R)} \\ \text{else} \\ \text{if } 10 \leq Z(R) < 1000 \\ 6.594 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{m_{ef2}} \cdot (\log(0.4 \cdot Z(R))) \\ \text{else} \\ 1.7 \cdot 10^{-3} \cdot \sqrt[3]{m_{ef2}} \cdot \sqrt{Z(R)} \end{cases}$$

Імпульс тиску в фазі стиснення i_{s2} , Па*с:

$$i_{s2}(Z, R) := 350 \cdot \frac{\sqrt[3]{m_{ef2}}}{Z(R)}$$

Результати розрахунків представлені у табл. 1.2, на рис. 1.4-1.6.

Табл. 1.2 Результати розрахунків параметрів ВУХ за методикою Бірбраєра А.Н.

Z	p_{s2}, kPa	t_{s2}, c	$i_{s2}, kPa \cdot c$
1,631	0,432	0,006655	657,698
1,957	0,28	0,00729	548,081
2,284	0,196	0,007875	469,784
2,61	0,146	0,008418	411,061
2,936	0,114	0,008929	365,388

3,262	0,092	0,009412	328,849
3,589	0,076	0,009871	298,954
3,915	0,064	0,01	274,041
4,241	0,055	0,011	252,961
4,567	0,048	0,011	234,892
4,894	0,042	0,012	219,233
5,22	0,038	0,012	205,531
5,546	0,034	0,012	193,441
5,872	0,031	0,013	182,694
6,199	0,028	0,013	173,078
6,525	0,026	0,013	164,424
6,851	0,024	0,014	156,595
7,177	0,022	0,014	149,477
7,503	0,021	0,014	142,978
7,83	0,02	0,015	137,02
8,156	0,018	0,015	131,54

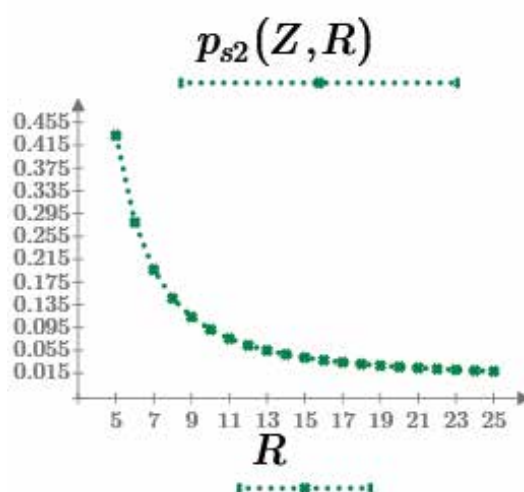


Рис. 1.4 Графік залежності надлишкового тиску ударної хвилі p_{s2} [МПа] від відстані до епіцентру вибуху R

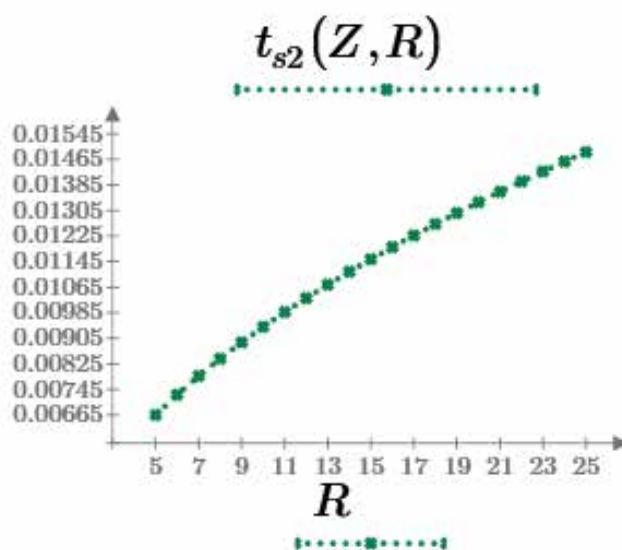


Рис. 1.5 Графік залежності тривалості фази стиснення t_{s2} [с] від відстані до епіцентру вибуху R

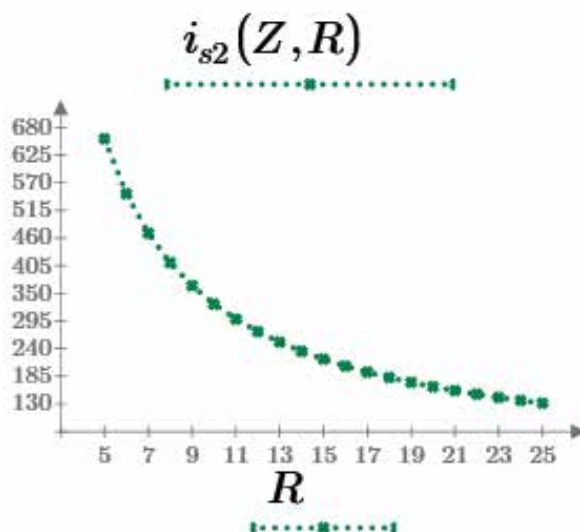


Рис. 1.6 Графік залежності імпульсу тиску в фазі стиснення i_{s2} [кПа*с] від відстані до епіцентру вибуху R

1.3 Розрахунок параметрів ВУХ за методикою Кіннея і Грахама

Розрахунок надлишкового тиску ударної хвилі p_{s3} , $\kappa\text{Па}$

$$p_0 := 101.3 \quad \kappa\text{Па}$$

$$p_{s3}(Z, R) := p_0 \cdot \frac{808 \cdot \left(1 + \left(\frac{Z(R)}{4.5}\right)^2\right)}{\sqrt{1 + \left(\frac{Z(R)}{0.048}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z(R)}{0.32}\right)^2} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z(R)}{1.35}\right)^2}}$$

Тривалість фази стиснення t_{s3} , с :

$$t_{s3}(Z, R) := \sqrt[3]{m_{ef2}} \cdot \frac{980 \cdot \left(1 + \left(\frac{Z(R)}{0.54}\right)^{10}\right)}{\left(1 + \left(\frac{Z(R)}{0.02}\right)^3\right) \cdot \left(1 + \left(\frac{Z(R)}{0.74}\right)^6\right) \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z(R)}{6.9}\right)^2}} \cdot 10^{-3}$$

Імпульс тиску в фазі стиснення i_{s3} , $\kappa\text{Па} \cdot \text{с}$:

$$i_{s3}(Z, R) := \sqrt[3]{m_{ef2}} \cdot \frac{0.067 \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{Z(R)}{0.23}\right)^4}}{Z(R)^2 \cdot \sqrt[3]{1 + \left(\frac{Z(R)}{1.55}\right)^3}} \cdot 10^2$$

Результати розрахунків представлені у табл. 1.3, на рис. 1.7-1.9.

Табл. 1.3 Результати розрахунків параметрів ВУХ за методикою Кіннея і Грахама

Z	$p_{s3}, \kappa\text{Па}$	$t_{s3}, \text{с}$	$i_{s3}, \kappa\text{Па} \cdot \text{с}$
1,631	334,32	0,002946	300,134
1,957	218,572	0,003514	268,787
2,284	152,745	0,004053	240,668
2,61	112,461	0,004567	216,407
2,936	86,334	0,005055	195,783
3,262	68,569	0,005519	178,294
3,589	56,006	0,005959	163,407
3,915	46,822	0,006373	150,655

4,241	39,916	0,006762	139,649
4,567	34,595	0,007128	130,078
4,894	30,406	0,007471	121,692
5,22	27,047	0,007791	114,293
5,546	24,309	0,008091	107,722
5,872	22,045	0,00837	101,852
6,199	20,148	0,008631	96,578
6,525	18,54	0,008873	91,817
6,851	17,163	0,009099	87,497
7,177	15,972	0,00931	83,561
7,503	14,934	0,009506	79,962
7,83	14,022	0,009689	76,657
8,156	13,215	0,00986	73,612

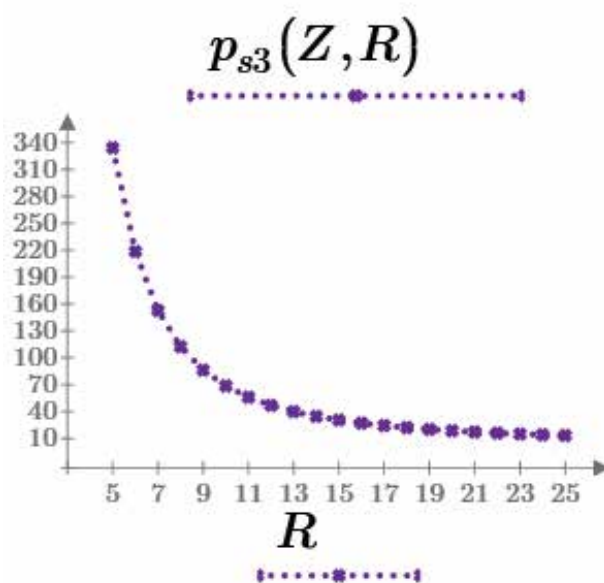


Рис. 1.7 Графік залежності надлишкового тиску ударної хвилі p_{s3} [кПа] від відстані до епіцентру вибуху R

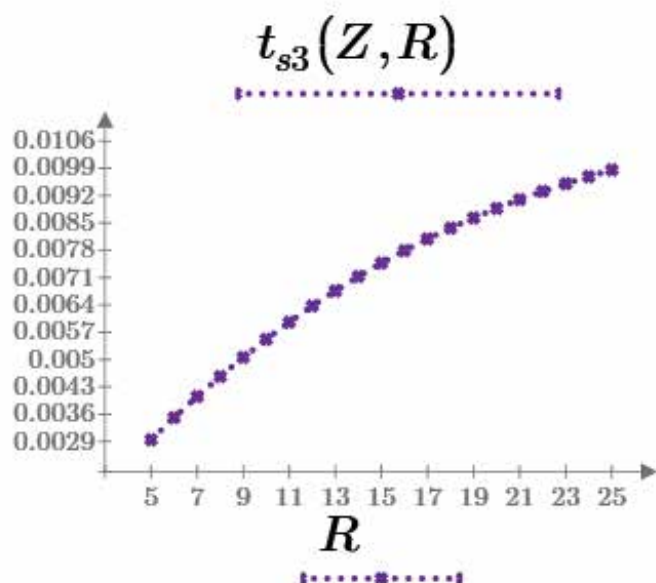


Рис. 1.8 Графік залежності тривалості фази стиснення t_{s3} [с] від відстані до епіцентру вибуху R

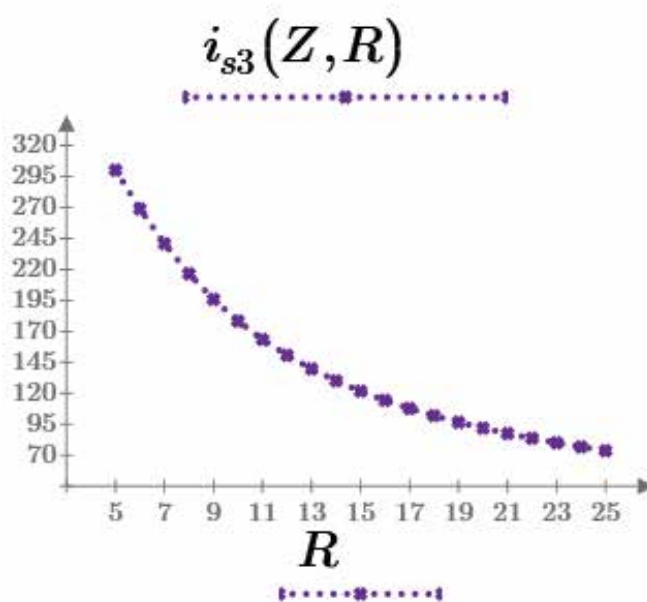


Рис. 1.9 Графік залежності імпульсу тиску в фазі стиснення i_{s3} [кПа*с] від відстані до епіцентру вибуху R

1.4 Розрахунок параметрів ВУХ за методикою Кінгері-Булмаша

Визначаємо параметри ВУХ за допомогою форми на сайті за посиланням

<https://unsafeguard.org/un-safeguard/kingery-bulmash>

Результати розрахунку зведені у табл. 1.4

Табл. 1.4 Результати розрахунків параметрів ВУХ за методикою Кінгері-Булмаша

$R_4, м$	$p_{s4}, кПа$	$p_{r4}, кПа$	$t_{s4}, мс$	$i_{s4}, кПа*мс$	$i_{r4}, кПа*мс$
5	538.91	2457.65	3.33	579.57	1698.79
6	353.81	1412.25	4.68	486.72	1351.81
7	248.39	887.09	6.24	420.10	1119.06
8	183.87	599.15	7.98	371.03	952.88
9	141.96	429.20	9.87	333.48	828.65
10	113.39	322.50	9.42	303.70	732.47
11	93.10	251.94	10.13	279.35	655.92
12	78.18	203.18	10.72	258.94	593.61
13	66.90	168.21	11.21	241.49	541.95
14	58.16	142.32	11.64	226.34	498.45
15	51.23	122.61	12.01	213.03	461.34
16	45.63	107.25	12.34	201.20	429.31
17	41.04	95.02	12.64	190.61	401.40
18	37.22	85.11	12.92	181.05	376.86
19	34.01	76.94	13.17	172.39	355.13
20	31.26	70.12	13.41	164.50	335.75
21	28.90	64.34	13.64	157.27	318.36
22	26.86	59.40	13.85	150.64	302.67
23	25.06	55.13	14.06	144.52	288.44
24	23.48	51.40	14.25	138.86	275.48
25	22.08	48.13	14.45	133.62	263.63

1.5 Порівняльний аналіз результатів розрахунків

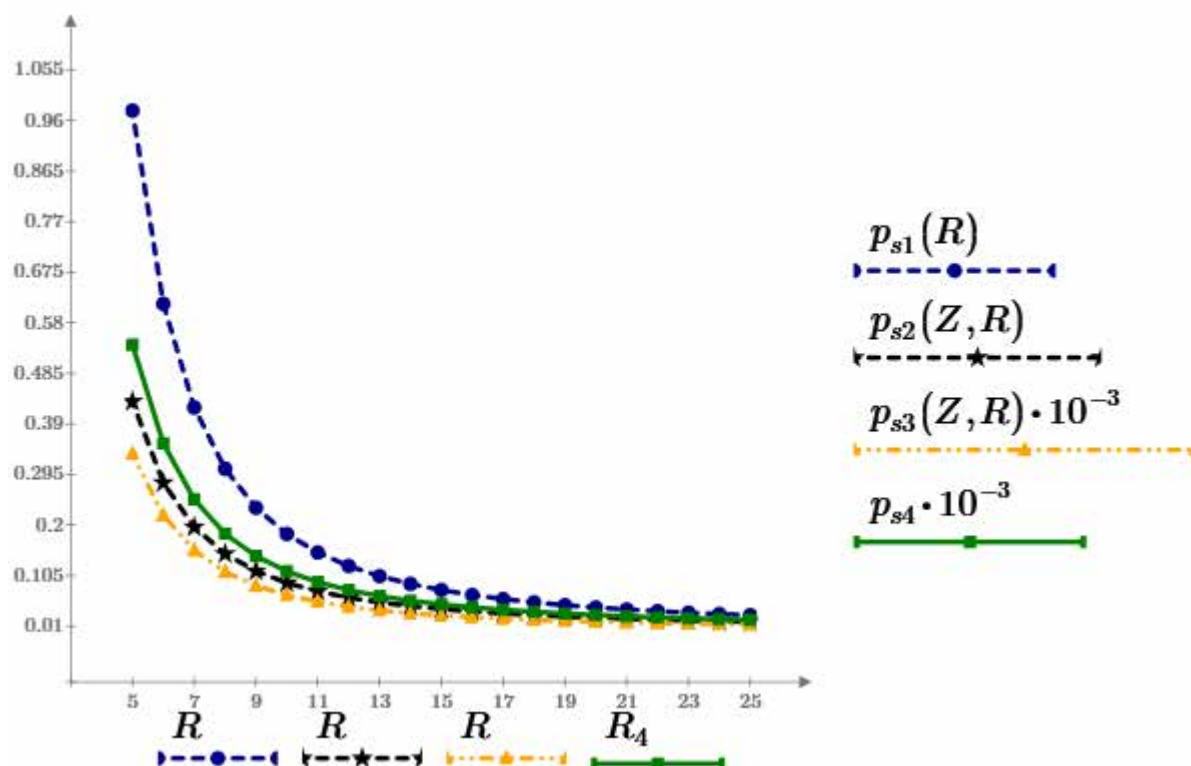


Рис. 1.10 Графіки залежності надлишкового тиску ударної хвилі p_{si} [кПа] від відстані до епіцентру вибуху R , отримані за результатами розрахунків параметрів ВУХ:

1- за емпіричними формулами О.М. Садовського; 2 – за методикою А.Н. Бірбрайера; 3 - за методикою Кіннея і Грахама; 4 - за методикою Кінгері-Булмаша

На основі аналізу отриманих графіків розподілу надлишкового тиску p_{si} в залежності від відстані від епіцентру вибуху до будівлі R , приймаємо до подальших розрахунків параметри вибухової хвилі за кривою, отриманою за допомогою методики Кінгері-Булмаша, як такої, яка знаходиться між найбільш та найменш консервативними результатами розглянутих методик.

Таким чином, для відстані $R=5$ м, значення надлишкового тиску складає $p_s=538,91$ кПа, а відбитого - $p_r=2457,65$ кПа

2. Загальний опис конструкції захисних несучих елементів захисної будівлі

Каркас захисної будівлі виконується монолітним залізобетонним. Жорсткість і стійкість каркасу забезпечується жорсткими вузлами сполучення контурних стін з плитою покриття та фундаментною плитою.

а) Фундаменти:

Фундаменти захисної будівлі запроектовані плитні, товщина плити - 800 мм.

б) Вертикальні елементи:

Стіни захисної будівлі монолітні залізобетонні завтовшки 800 мм із бетону класу C25/30 згідно ДСТУ Б В.2.7 – 176. З'єднання стін із фундаментом передбачено жорстке, реалізоване влаштуванням відповідних арматурних випусків із ростверку. Армування стін передбачено в'язаними сітками арматурою класу A500C згідно ДСТУ 3760.

в) Плита покриття:

Плита покриття запроектована товщиною 600мм з бетону класу C25/30 згідно ДСТУ Б В.2.7 – 176 та арматури класу A500C за ДСТУ 3760.

Для несучих балок покриття приймаємо конструкційну сталь С245, переріз балки зварний двотавр, попередні розміри якого прийняті згідно завдання. Крок балок – 2м, відстань від внутрішньої грані стіни до вісі крайньої балки – 1,05 м.

3. Розрахунок захисної споруди у ПК «ЛІРА САПР»

3.1 Створення архітектурної моделі захисної споруди в ПК «САПФІР»

Розрахунок та моделювання споруди виконуємо в програмних комплексах «LIRA-CAD» та «LIRA-FEM» версії 2025 R2 (Academic Set).

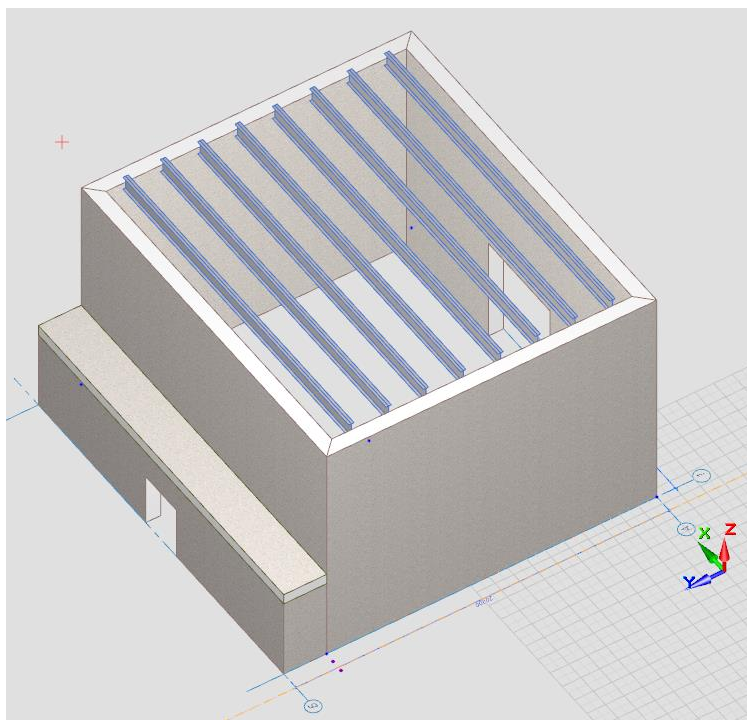


Рис. 3.1 Архітектурна модель захисної споруди із видом на балки покриття

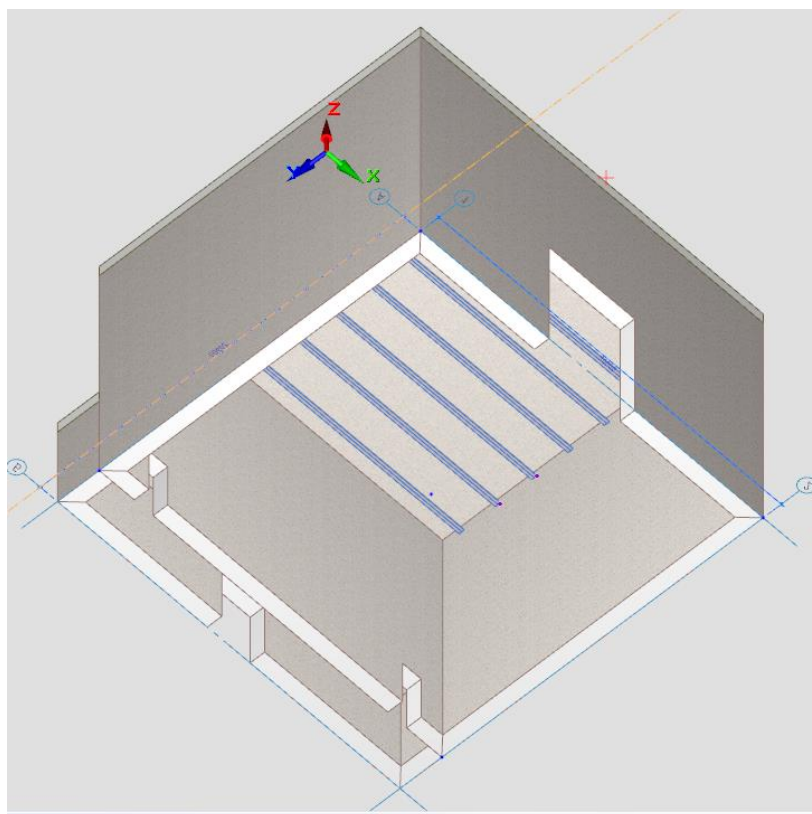


Рис. 3.2 Архітектурна модель захисної споруди, вид знизу (фундаментна плита тимчасово прихована)

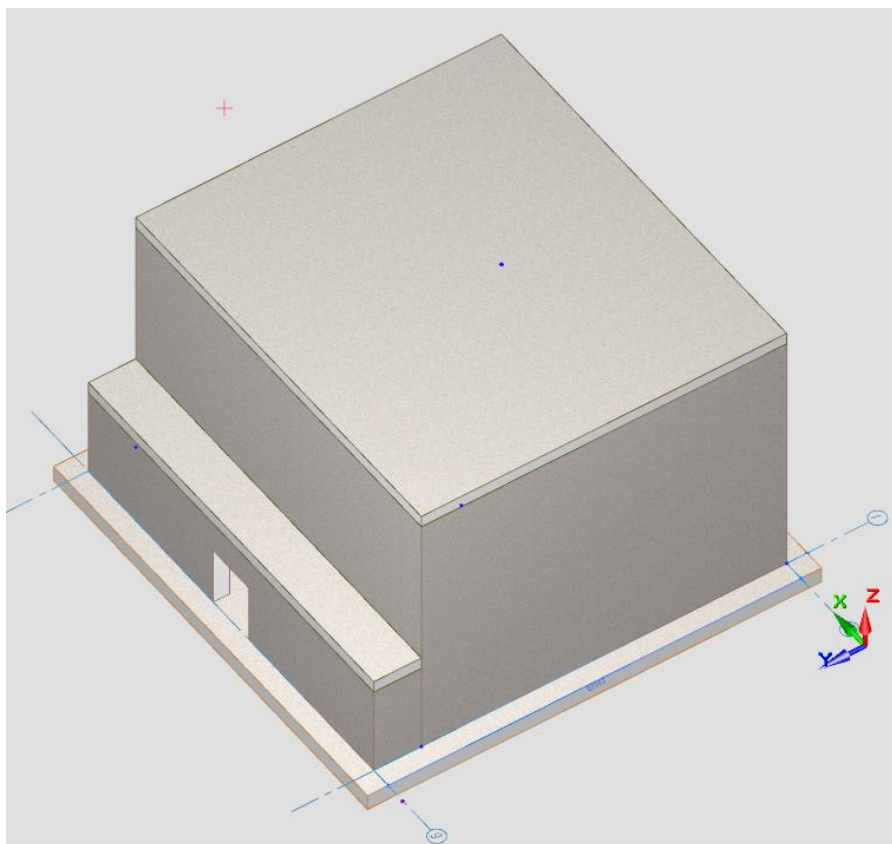


Рис. 3.3 Архітектурна модель захисної споруди у завершеному вигляді

Задаємо параметри розрахунку для несучих конструкцій захисної споруди.

Переріз балок покриття зварний двотавр, попередні розміри якого прийняті згідно завдання (рис. 3.4).

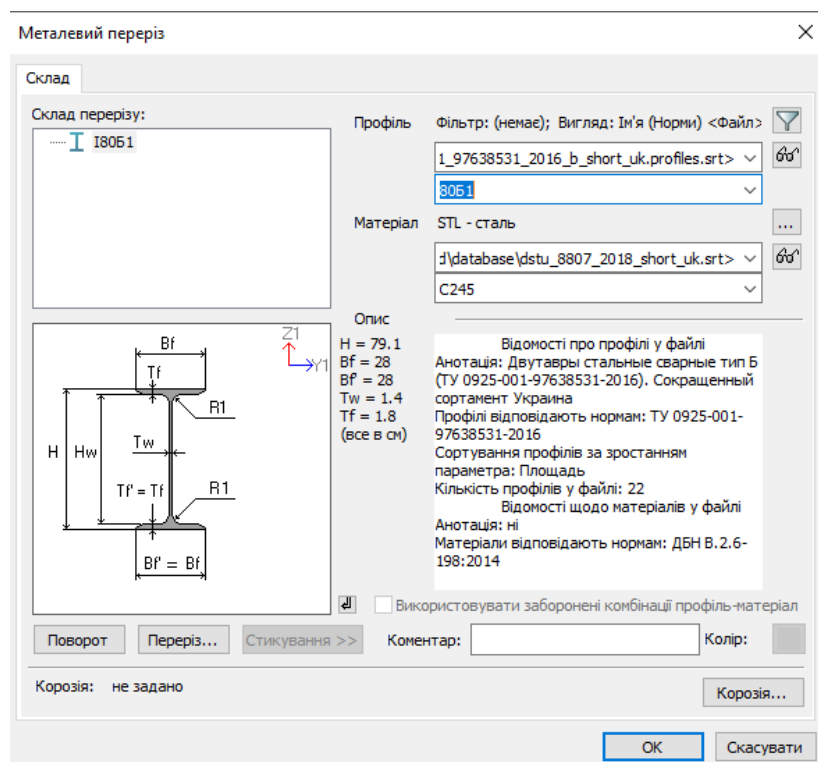


Рис. 3.4 Попередні розміри перерізу головної балки

Параметри матеріалів задані в програмному комплексі ПК «LIRA-CAD» для підбору армування.

Табл. 1 Матеріали для фундаментної плити

Назва

Фунд плита

Вид розрахунку

Оболонка

Теорія розрахунку арматури

Вуд

Система

Статично невизначена

Розрахунки

☒ Підбирати поперечну арматуру на 1 кв.м.
☐ Нормативні характеристики матеріалів для особливого/аварійного сполучення
☐ Ураховувати вогнестійкість
☐ Ураховувати пластичність

Точність розрахунку, %

Попереднього

20

% армування

MIN

0.05

MAX

5

Діапазон коеф. використання несної здатності

MIN

0.9

MAX

1.5

Відстань до ц.в. арматури

a1

A1X

5

см

A1Y

3

см

a2

A2X

7

см

A2Y

3

см

Арматура розрахунку на продавлення

Ax

0

Ay

0

☒ %

☐ см2

☒ Розрахунки по граничних станах II групи

Тріщини тривалі, мм

0.3

Тріщини нетривалі, мм

0.4

☒ Крок арматурних стрижнів, мм

200

☐ Діаметр арматурних стрижнів

☐ Ураховувати розрахункову висоту стіни

Висота стіни

☐ Розрахункова висота

0

м

☒ Коефіцієнт

1

Армування

Симетричне

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Бетон фонд плити

Клас бетону

C20/25

Заповнювач

силікатний заповнювач

Діаграма напруження-деформація

2-лінійна діаграма напруження-деформації

Відносна вологість повітря, %

80

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (стик)

α_{sc}

1

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (розтяг)

α_{ct}

1

Коеф., що враховує руйнування бетонних конструкцій

γ_{c2}

1

Коеф. для конструкцій, які бетонуються у вертикальному положенні

γ_{c3}

1

Граничне значення параметра (т.6.12 ДБН В.1.1-12:2014)

γ

1

Випадкові ексцентриситети (стержень)

По висоті перерізу EY

0

см

По ширині перерізу EZ

0

см

☒ Уточнювати схему утворення тріщин

Бетон	Од.Вим.: МПа
Ім'я	C20/25
f _{ck_cube}	25.00
f _{ck_prizm}	18.50
gama _c	1.30
f _{ctm}	2.20
f _{ctk_005}	1.50
f _{ctk_095}	2.90
gama _{ct}	1.50
E _{cm}	30000.00
E _{ck}	26000.00
E _{cd}	23000.00
Eps _{c1_ck} (*1000)	1.71

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Гориз

Арматура I типу

Поздовжня

УЗДОВЖ X

A500C1 d=

1.05

2.5

Уздовж Y

A500C1 d=

1.05

2.5

Поперечна

A400C d=

1.08

2.5

Уздовж X

Од.Вим.: т/(м*м)

Ім'я	A500C1 d=8..22
Es	210000.00
f _{yk}	500.00
Gama _s	1.15
f _{yd}	435.00

Арматурний каркас

В'язаний каркас

Ураховання сейсмічного впливу

Коеф. з т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

Коеф. при розрахунках похилих перерізів, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

☐ Розрахунки міцності похилих перерізів синхронізовані з EN 1992-1-1:2005

Арматура II типу

Вибрати...

Для розрахунку необхідної площі армування стін та плит покриття, а також підбору поперечних перерізів балок покриття були прийняті наступні параметри матеріалів (табл. 2-4 відповідно).

Табл. 2 Матеріали стін захисної споруди

Назва

Стена

Вид розрахунку

Оболонка

Теорія розрахунку арматури

Вуд

Система

Статично невизначена

Розрахунки

☒ Підбирати поперечну арматуру на 1 кв.м.
☐ Нормативні характеристики матеріалів для особливого/аварійного сполучення
☐ Ураховувати вогнестійкість
☐ Ураховувати пластичність

Точність розрахунку, %

Попереднього

20

MIN

0.05

Основного

1

MAX

5

Діапазон коеф. використання несної здатності

MIN

0.9

MAX

1.5

Відстань до ц.в. арматури

a1

A1X

3.5

см

A1Y

2

см

a2

A2X

3.5

см

A2Y

2

см

Арматура розрахунку на продавлення

Ax

0

Ay

0

☒ %
 ☐ см2

☒ Розрахунки по граничних станах II групи

Тріщини тривалі, мм

0.3

Тріщини нетривалі, мм

0.4

☒ Крок арматурних стрижнів, мм

200

☐ Діаметр арматурних стрижнів

☒ Ураховувати розрахункову висоту стіни

Висота стіни

☐ Розрахункова висота

3

м

☒ Коефіцієнт

1

Армування

Симетричне

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Верт

Клас бетону

C25/30

+

-

Заповнювач

сілікатний заповнювач

Діаграма напруження-деформація

2-лінійна діаграма напруження-деформації

Відносна вологість повітря, %

80

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (стиск)

α_{cc}

1

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (розтяг)

α_{ct}

1

Коеф., що враховує руйнування бетонних конструкцій

γ_{c2}

1

Коеф. для конструкцій, які бетонуються у вертикальному положенні

γ_{c3}

1

Граничне значення параметра (т.6.12 ДБН В.1.1-12:2014)

γ

1

Випадкові ексцентриситети (стержень)

По висоті перерізу EY

0

см

По ширині перерізу EZ

0

см

☐ Уточнювати схему утворення тріщин

Бетон	Од.Вим.: МПа
Ім'я	C25/30
f _{ck_cube}	30.00
f _{ck_prizm}	22.00
gama_c	1.30
f _{ctm}	2.60
f _{ctk_005}	1.80
f _{ctk_095}	3.40
gama_ct	1.50
E _{cm}	32500.00
E _{ck}	29000.00
E _{cd}	25000.00
Eps_c1_ck (*1000)	1.76

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Верт

Арматура I типу

Поздовжня

УЗДОВЖ X

A500C1 d=

1.05

2.5

Уздовж Y

A500C1 d=

1.05

2.5

Поперечна

A400C d=6

1.08

2.5

+

-

Уздовж X	Од.Вим.: т/(м*м)
Ім'я	A500C1 d=8..22
Es	210000.00
f _{yk}	500.00
Gama_s	1.15
f _{yd}	435.00

Арматурний каркас

В'язаний каркас

☒ max

22

1

☐

1

1

Ураховування сейсмічного впливу

Коеф. з т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

Коеф. при розрахунках похилих перерізів, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

☐ Розрахунки міцності похилих перерізів синхронізовані з EN 1992-1-1:2005

Арматура II типу

Вибрати...

+

Табл. 3 Матеріали для плит покриття захисної споруди

Назва

Плита

Вид розрахунку

Оболонка

Теорія розрахунку арматури

Вуд

Система

Статично невизначена

Розрахунки

☒ Підбирати поперечну арматуру на 1 кв.м.
☐ Нормативні характеристики матеріалів для особливого/аварійного сполучення
☐ Ураховувати вогнестійкість
☐ Ураховувати пластичність

Точність розрахунку, %

Попереднього

20

MIN

0.05

Основного

1

MAX

5

Діапазон коеф. використання несної здатності

MIN

0.9

MAX

1.5

Відстань до ц.в. арматури

a1

A1X

3.5

см

A1Y

3

см

a2

A2X

3.5

см

A2Y

3

см

Арматура розрахунку на продавлення

Ax

0

Ay

0

☒ %
 ☐ см2

☒ Розрахунки по граничних станах II групи

Тріщини тривалі, мм

0.3

Тріщини нетривалі, мм

0.4

☒ Крок арматурних стрижнів, мм

200

☐ Діаметр арматурних стрижнів

200

☐ Ураховувати розрахункову висоту стіни

Висота стіни

☐ Розрахункова висота

0

м

☒ Коефіцієнт

1

Армування

Симетричне

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Гориз

Клас бетону

C25/30

+

-

Заповнювач

силікатний заповнювач

Діаграма напруження-деформація

2-лінійна діаграма напруження-деформації

Відносна вологість повітря, %

80

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (стиск)

α_{cc}

1

Коеф., що враховує тривалість дії навантажень (розтяг)

α_{ct}

1

Коеф., що враховує руйнування бетонних конструкцій

γ_{c2}

1

Коеф. для конструкцій, які бетонуються у вертикальному положенні

γ_{c3}

1

Граничне значення параметра (т.6.12 ДБН В.1.1-12:2014)

γ

1

Випадкові ексцентриситети (стержень)

По висоті перерізу EY

0

см

По ширині перерізу EZ

0

см

☐ Уточнювати схему утворення тріщин

Бетон

Од.Вим.: МПа

Ім'я	C25/30
f _{ck_cube}	30.00
f _{ck_prizm}	22.00
gamma _c	1.30
f _{ctm}	2.60
f _{ctk_005}	1.80
f _{ctk_095}	3.40
gamma _{ct}	1.50
E _{cm}	32500.00
E _{ck}	29000.00
E _{cd}	25000.00
Eps _{c1_ck} (*1000)	1.76

ДБН В.2.6-98:2009

Назва

Гориз

Арматура I типу

Поздовжня

УЗДОВЖ X

A500C1 d=

1.05

2.5

Уздовж Y

A500C1 d=

1.05

2.5

Поперечна

A400C d=6

1.08

2.5

+

-

Уздовж X

Од.Вим.: т/(м*м)

Ім'я	A500C1 d=8..22
Es	210000.00
f _{yk}	500.00
gamma _s	1.15
f _{yd}	435.00

Арматурний каркас

В'язаний каркас

max

22

1

0

Ураховування сейсмічного впливу

Коеф. з т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

Коеф. при розрахунках похилих перерізів, т.6.13 ДБН В.1.1-12:2014

1

☐ Розрахунки міцності похилих перерізів синхронізовані з EN 1992-1-1:2005

Арматура II типу

Вибрати...

Табл. 4 Матеріали для сталевих балок покриття захисної споруди

Параметри	
Номер	1
Коментар	Двотавр 80Б1 (Стальні конструкції). Створено з перерізу №3
Набір параметрів	Точна відповідність
Фільтр; Вигляд	(немає); Ім'я (Норми) <Файл>
Переріз	
Таблиця матеріалів	Двутавры стальные горячекатаные с уклоном внутренних гр...
Матеріал	C245
Скорочений сортанент	Ні
OK Скасувати	

Параметри	
Норми проектування	ДБН В.2.6-198:2014
Номер	1
Коментар	Стальні конструкції
Тип елемента	
Фермовий	☐
Колона	☐
Балка	☐
Універсальний	☒
Коефіцієнти умов роботи та надійності	
Ус стійкості	1
Ус міцності	1
Додатковий Ус=0.8	☐
Уп*	1
Уfy	1.6
Уfz	1.6
Напружено-деформований стан	1-й клас
Чистий згин	☐
Ребра жорсткості	
встановлювати ребра	☒
крок ребер, м	0
Гранична гнучкість	
основний елемент	☒
неосновний елемент	☐
одиначний елемент структурної конструкції на болтах	☐
інший	☐
На стиск	180-60а
На розтяг	300
Розрахунок за прогинном	
Довжина прольоту L, м	16
Максимально допустимий прогин	1/400
Консоль	☐
Розрахункові довжини	
Kz	1
Ky	1
Kφ	1
використовувати коефіцієнти довжини	☒
Враховувати моменти 1/3 довжини	☐
Дані для розрахунку на загальну стійкість	
Консоль	☐
Балка з однією віссю симетрії	☐
Розкріплення стиснутого пояса	два і більше, ділять проліт .
Розкріплення стиснутого пояса Умови закріплення стиснутого пояса балки	

Параметри

Номер	1
Коментар	Стальні конструкції
Габарити перерізу	
Z1 min, см	1
Z1 max, см	300
Y1 min, см	1
Y1 max, см	300
Tmin, см	0.1
Ребра жорсткості	Як зазначено у дод...
Будь-який клас перерізу (EC3)	Так
Класифікація перерізів (EC3)	
Тільки пружний	☐
Рівномірне збільшення	☒
Виключити малі N	☐
Підбирати все	Так
Підбирати матеріал елементів перерізу	Ні. Використовувати...
OK Скасувати	

Задаємо постійні навантаження в середовищі ПК «LIRA-CAD» згідно завдання – 300 кг/м^2 на плиту покриття та 400 кг/м^2 - на плиту фундаменту.

Задаємо коефіцієнт постелі для фундаментної плити $C_1 = 3400 \text{ кН/м}^3$.

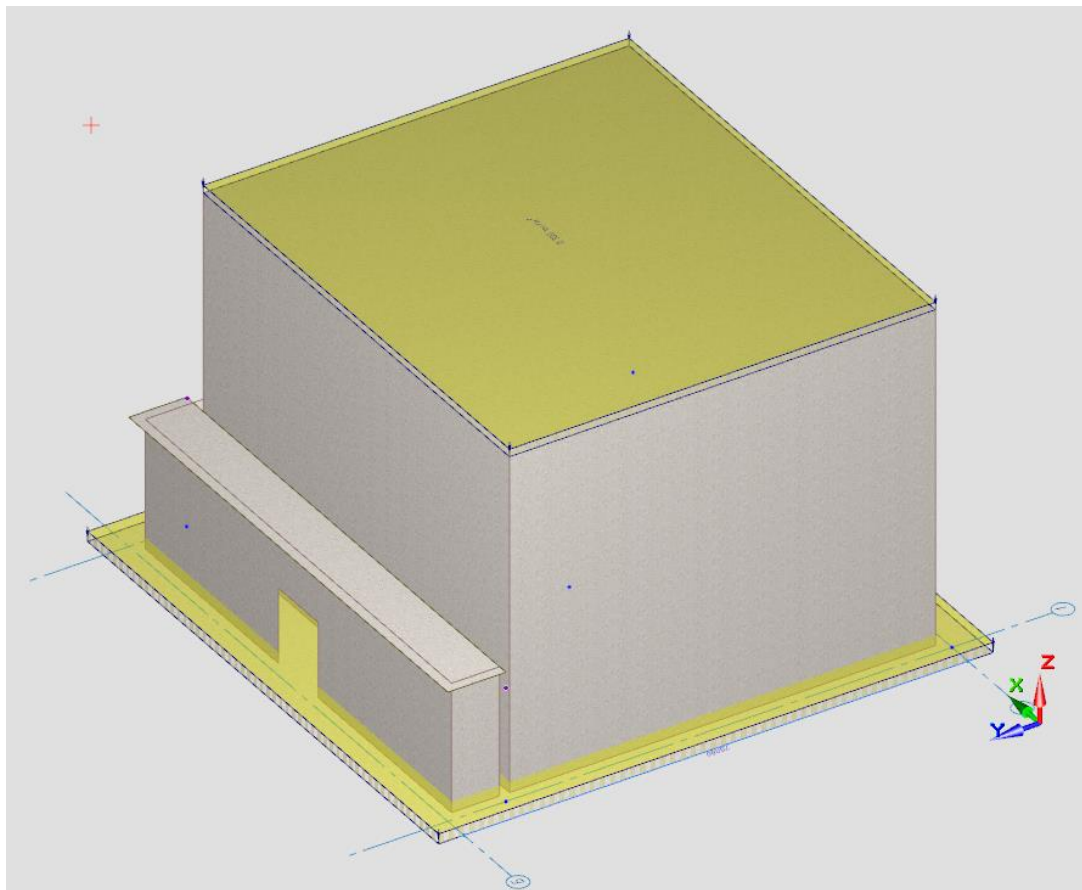


Рис. 3.4 Аналітична модель до триангуляції та коригування

3.3 Створення динамічних навантажень в ПК «LIRA-CAD»

Розрахунок на вплив тиску від вибухової хвилі виконуємо прямим динамічним методом. Згідно результатів аналізу параметрів ВУХ, розрахованих за різними методиками у розд. 1, за розрахункову – прийнята методика Кінгері-Булмаша.

Дана методика реалізована для автоматизованого режиму створення вибухових навантажень в ПК «LIRA-CAD» версії 2025 року.

За допомогою модуля «САПФІР-ГЕНЕРАТОР» та нодів «Вибух» задаємо 4 сценарії вибуху, згідно завдання, вказуючи масу тротилового еквіваленту 36 кг та відстань від епіцентру вибуху до будівлі – 5м (рис. 3.5).

У властивостях вибухового навантаження встановлюємо для графіку зміни імпульсу в часі параметри врахування тільки позитивної фази вибуху.

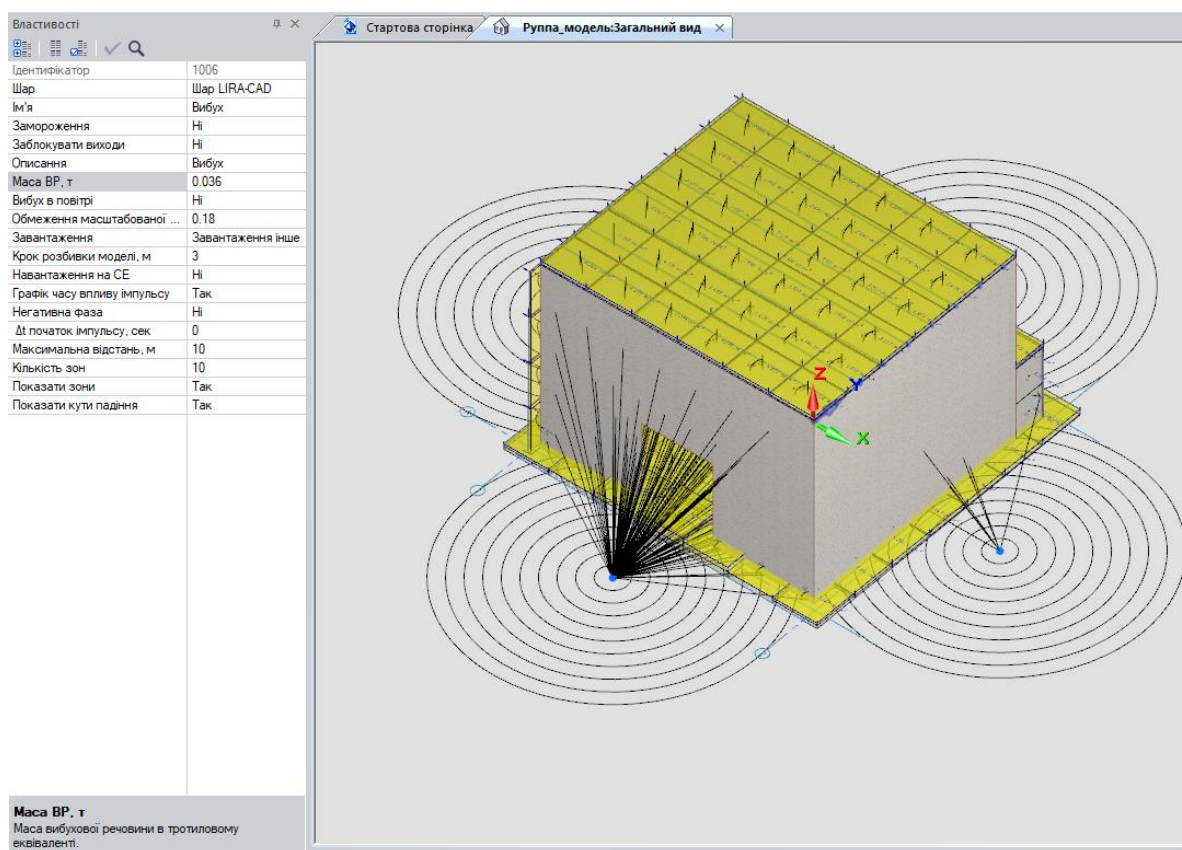


Рис. 3.5 Створення та прикладання вибухових навантажень на захисну споруду

3.4 Створення аналітичної моделі захисної споруди в ПК «LIRA-CAD» та експорт в ПК «LIRA-FEM»

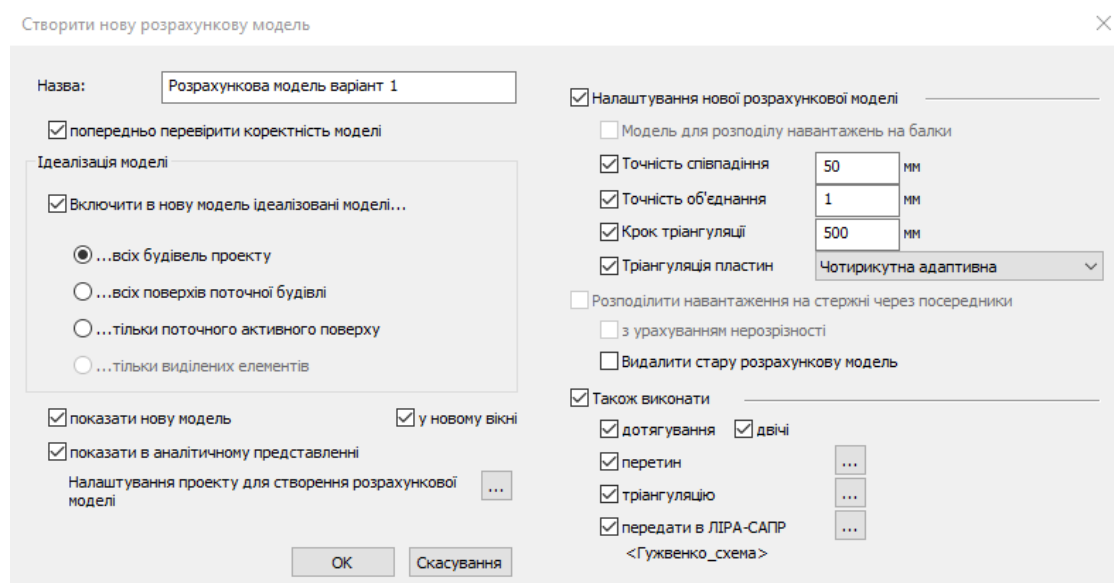


Рис. 3.6 Параметри автоматизованого створення аналітичної моделі

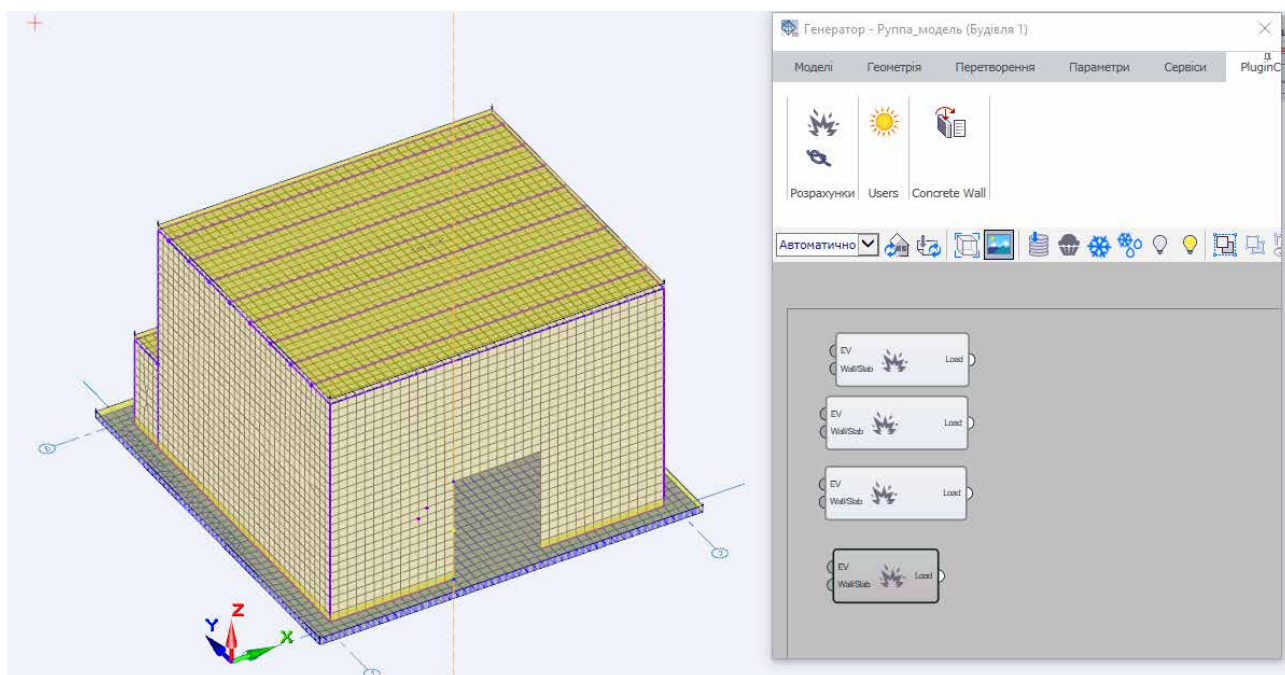


Рис. 3.7 Аналітична модель захисної споруди в в ПК «LIRA-CAD» після коригувань

ПК «LIRA-CAD» автоматично передає аналітичну MCE-модель споруди в ПК «LIRA-FEM».

Власна вага залізобетонних та металевих елементів захисної споруди в ПК «LIRA-FEM» визначається автоматично в залежності від габаритів елементів та густини.

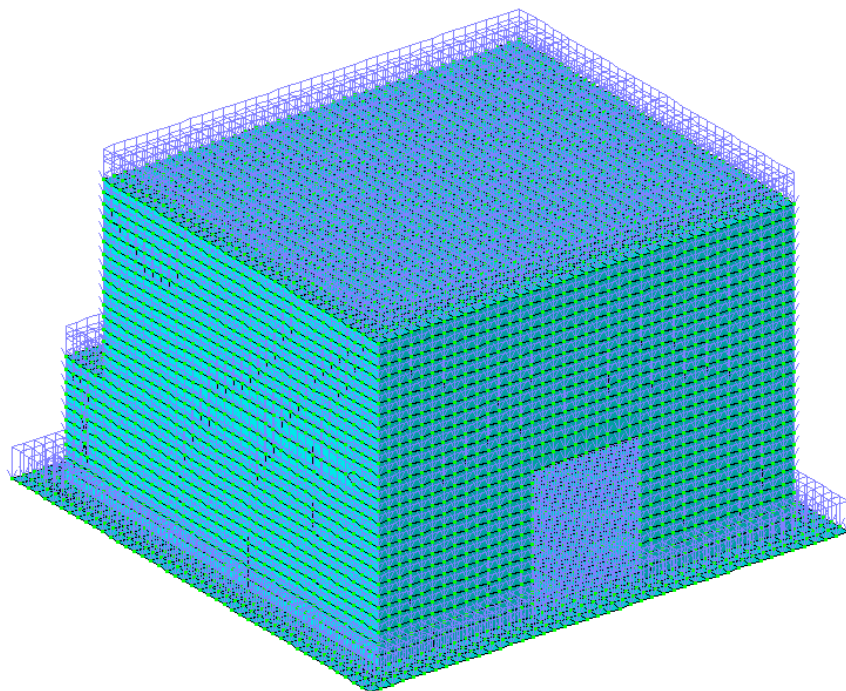


Рис. 3.8 Схема прикладання навантаження від власної ваги на модель захисної споруди в ПК «LIRA-FEM»

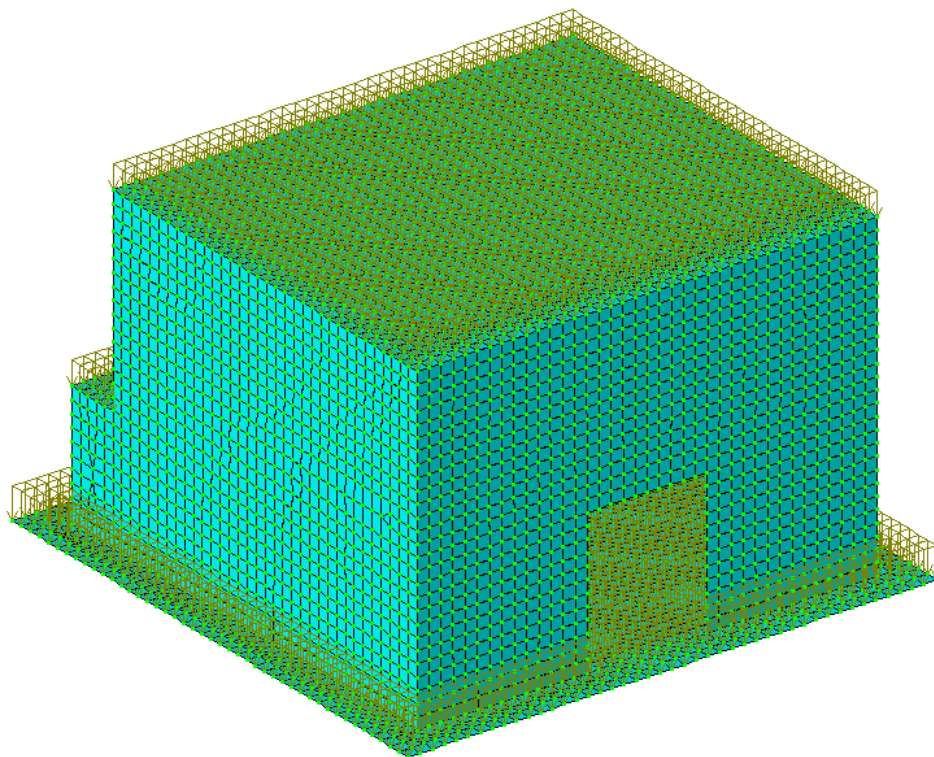


Рис. 3.9 Схема прикладання постійних навантажень на елементи моделі захисної споруди

Як було вказано вище, розглядаємо 4 сценарії прикладання навантаження від тиску внаслідок наземного вибуху в 4-х різних місцях фронтально кожному із фасадів споруди (рис. 3.9, 3.10).

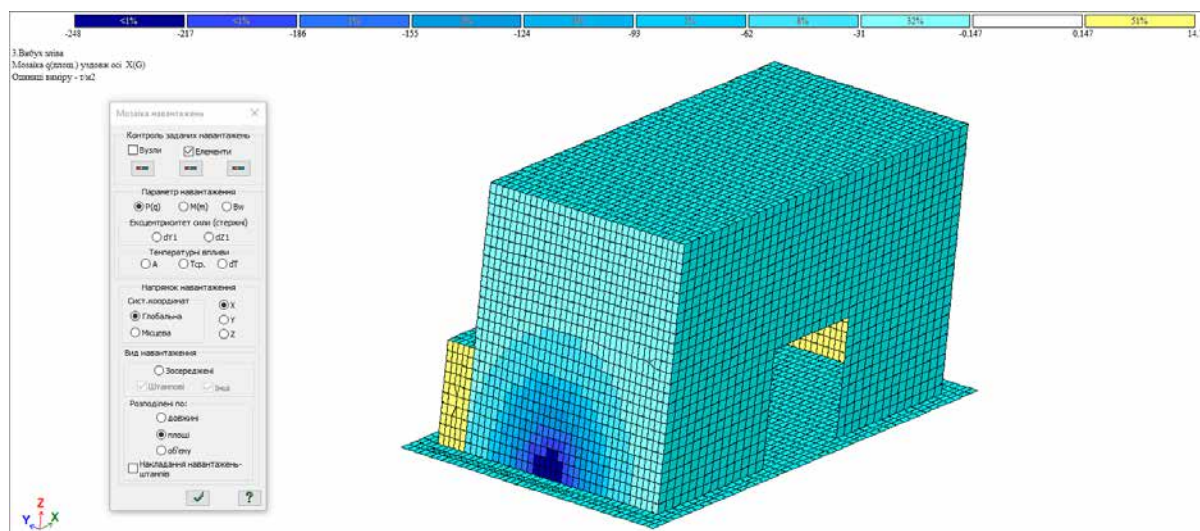


Рис. 3.9 Значення навантаження від тиску вибухової хвилі на елементи моделі захисної споруди від вибуху зліва

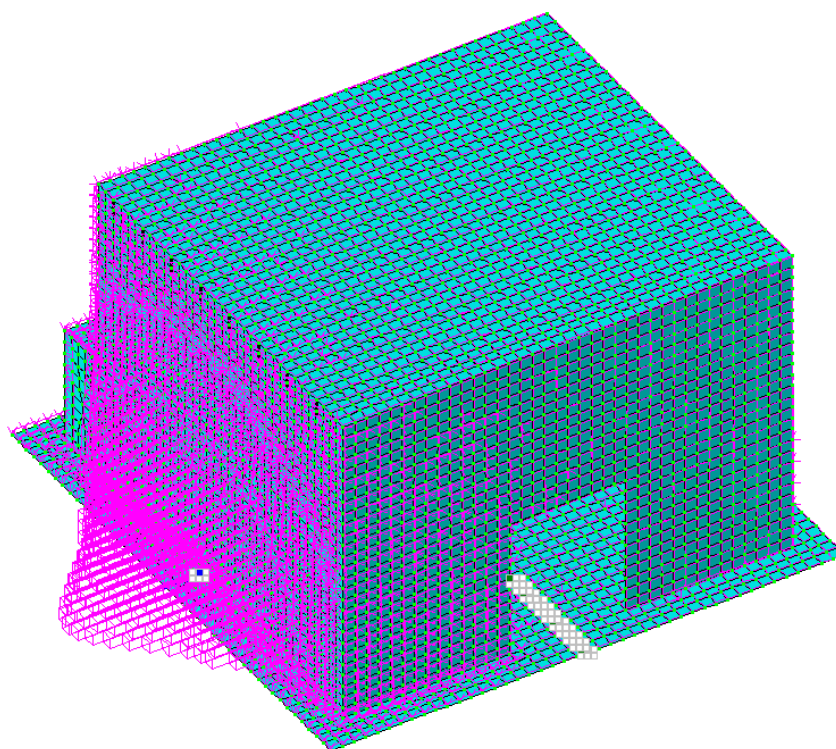


Рис. 3.10 Схема прикладання навантажень при виді збоку на елементи моделі захисної споруди від вибуху зліва

Формуємо динамічні навантаження зі статичних (рис. 3.11).

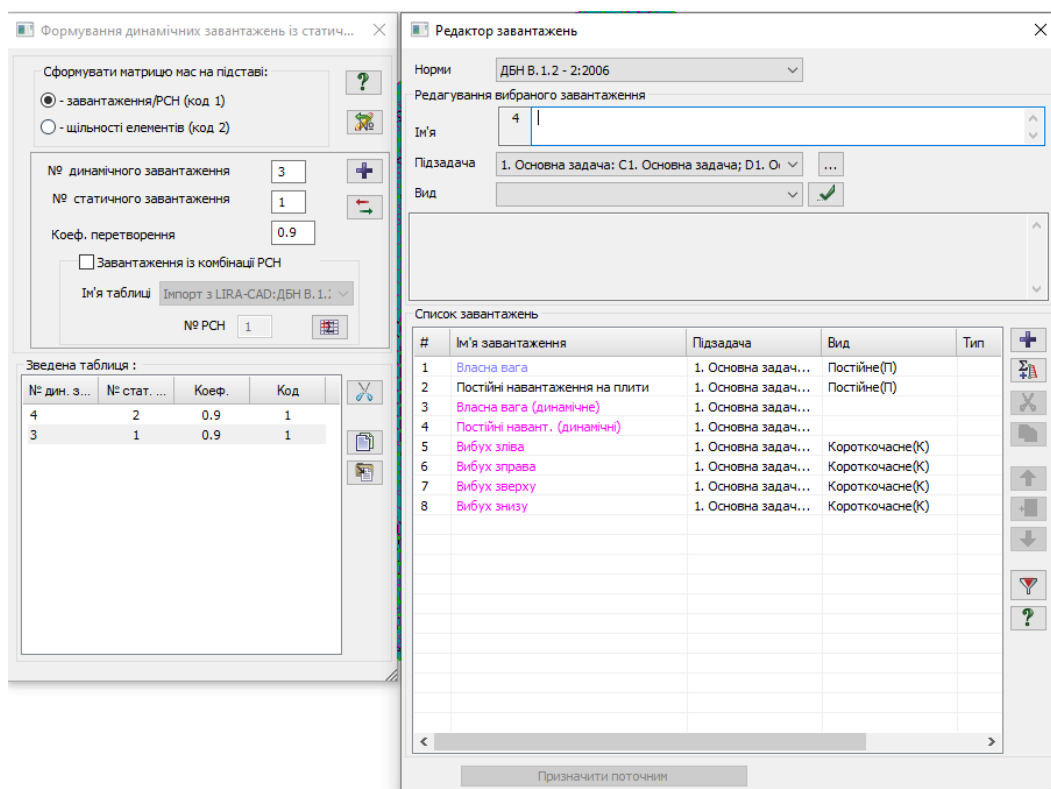


Рис. 7.11 Формування динамічних навантажень зі статичних

Задаємо параметри розрахунку для кожного сценарію дії вибухового навантаження режиму «Динаміка у часі» (рис. 7.12).

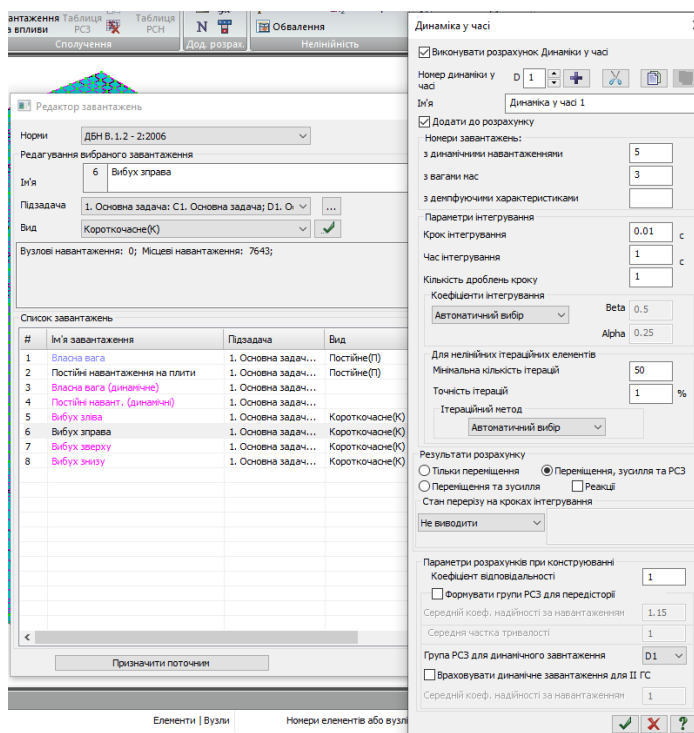


Рис. 7.12 Задаємо параметри розрахунку для кожного сценарію дії вибухового навантаження режиму «Динаміка у часі»

Розрахунок виконуємо за варіантом конструювання за режимом РСН (у статичній постановці) та за режимом РСЗ (рис. 3.13) – у динамічній постановці (за прямим динамічним методом).

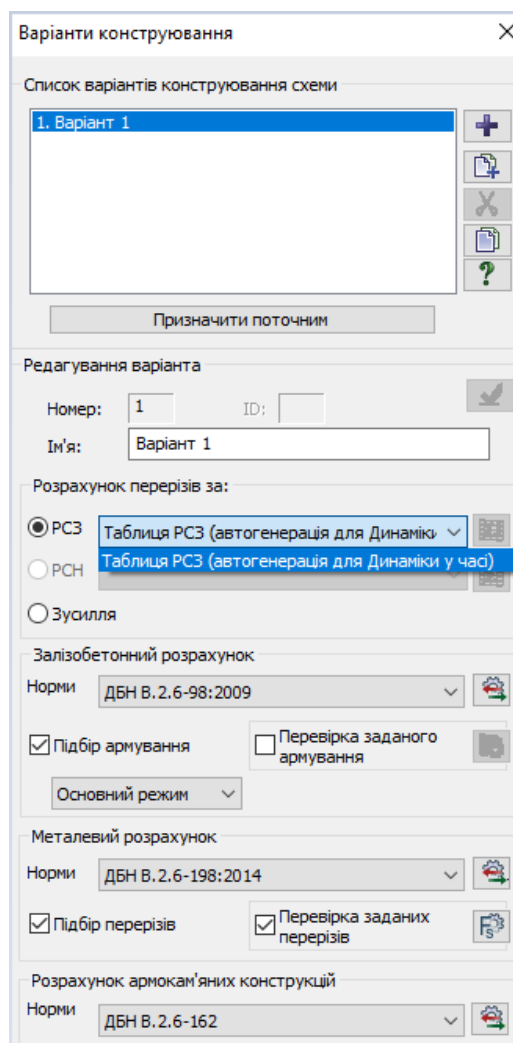


Рис. 7.13 Варіанти конструювання, прийняті для розрахунку

Після призначення матеріалів елементам розрахункової схеми та параметрів розрахунку, запускаємо задачу на розрахунок.

7.6. Аналіз отриманих результатів. Конструювання елементів

7.6.1 Аналіз отриманих результатів

Розрахунок виконано в системі «основа-фундамент-надземна споруда» з отриманням зусиль в елементах розрахункової моделі та врахуванням впливу деформацій основи та фундаменту на основні несучі конструкції.

Після виконання розрахунку прямим динамічним методом у пружній постановці було отримано наступні результати.

Нижче представлені мозаїки переміщень для типового сценарію Динаміки у часі №1, який поєднує навантаження від власної ваги, постійні навантаження на плиту покриття та фундаментну плиту, а також вибухове навантаження від вибуху, який відбувається фронтально до лівої стіни будівлі в плані.

Динаміки у часі №2-4 із іншими розрахунковими ситуаціями, призводять до подібної картини деформацій та переміщень вузлів споруди.

Результати розрахунку захисної споруди представлені у дод. Б.

7.7. Результати підбору перерізів балок покриття

Варіант конструювання: Варіант 2

Розрахунок по РСЗ:ДБН_1 (ДБН В.2.6-198:2014)

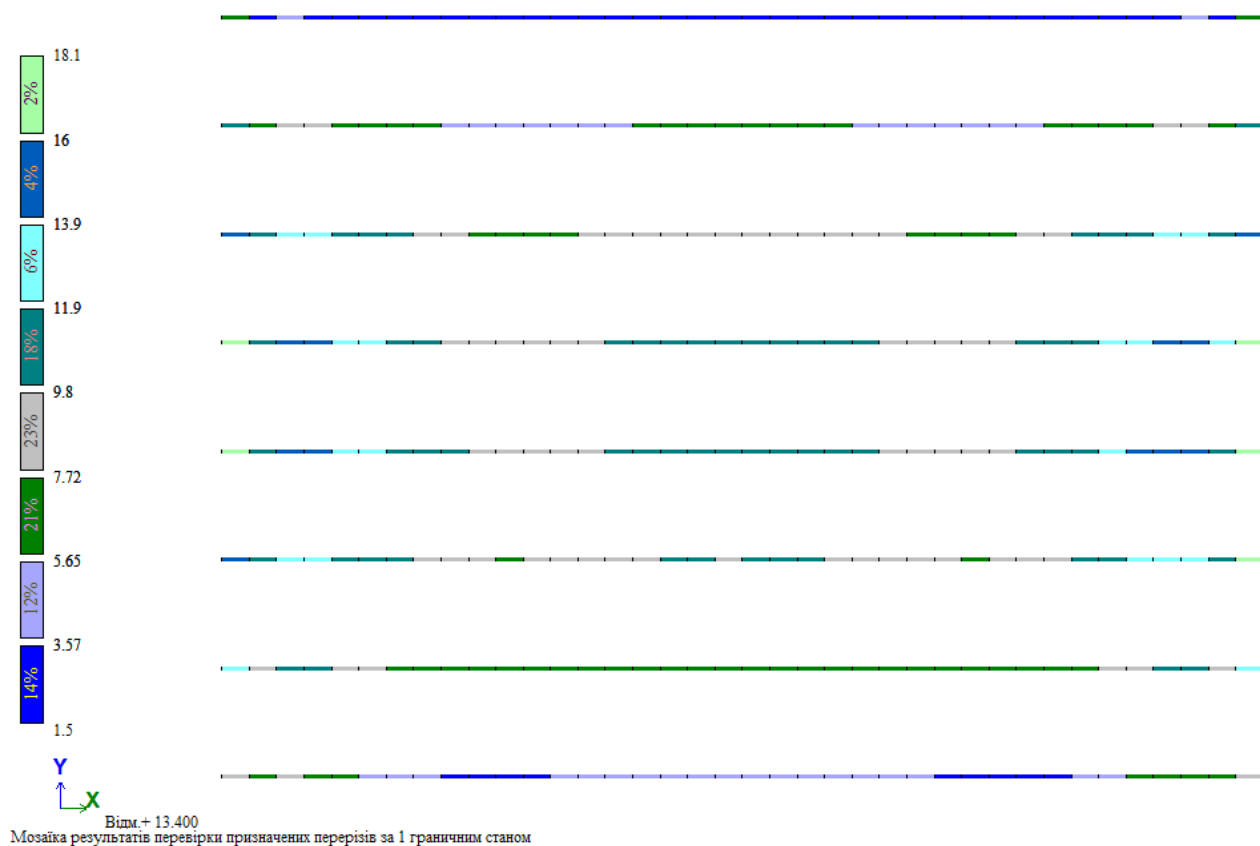


Рис. 4.38 Результати перевірки попередньо призначених перерізів балок покриття за I групою граничних станів

Варіант конструювання: Варіант 2
 Розрахунок по РСЗ:ДБН_1 (ДБН В.2.6-198:2014)

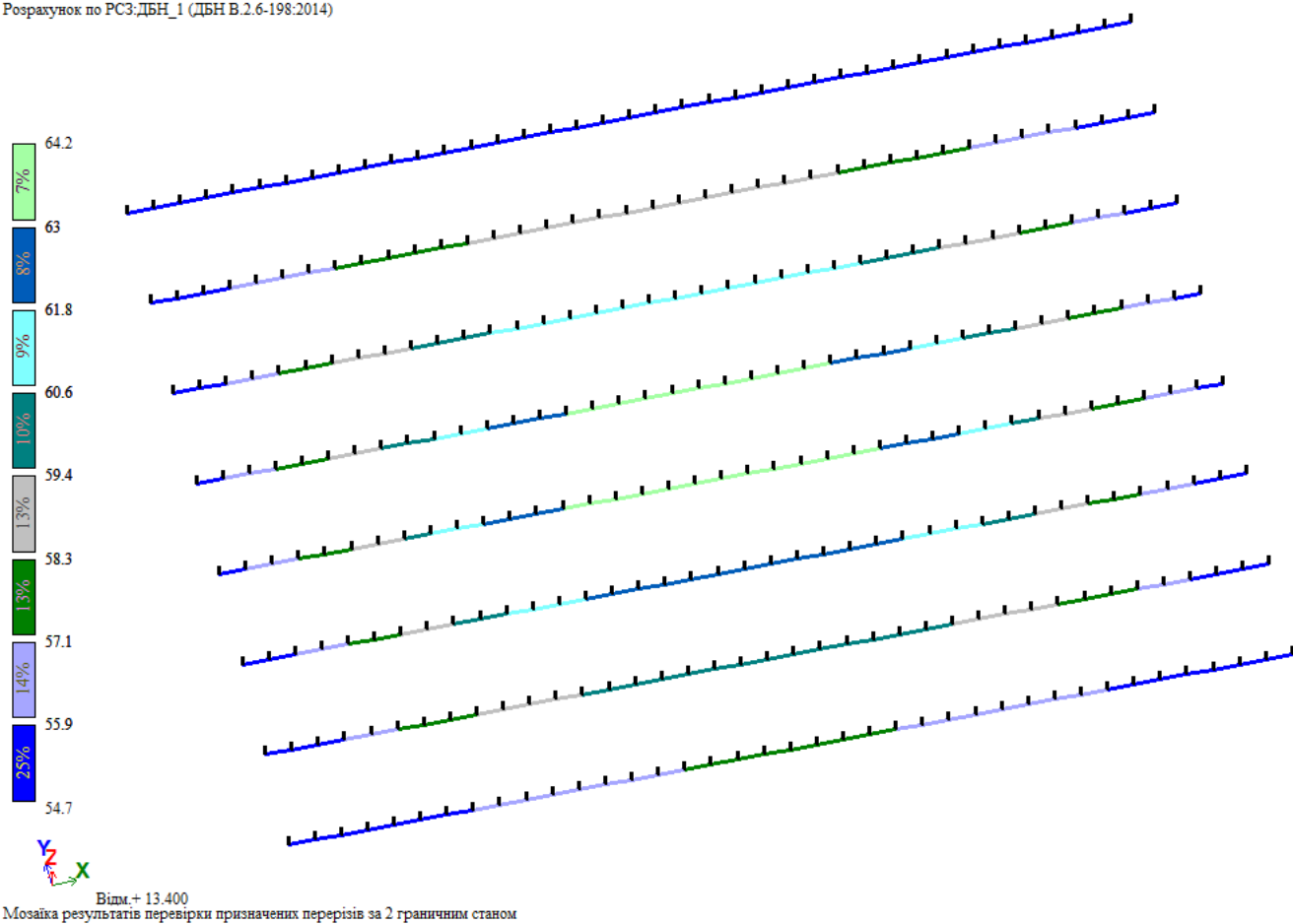


Рис. 4.39 Результати перевірки попередньо призначених перерізів балок покриття за II групою граничних станів

Варіант конструювання: Варіант 2
 Розрахунок по РСЗ:ДБН_1 (ДБН В.2.6-198:2014)

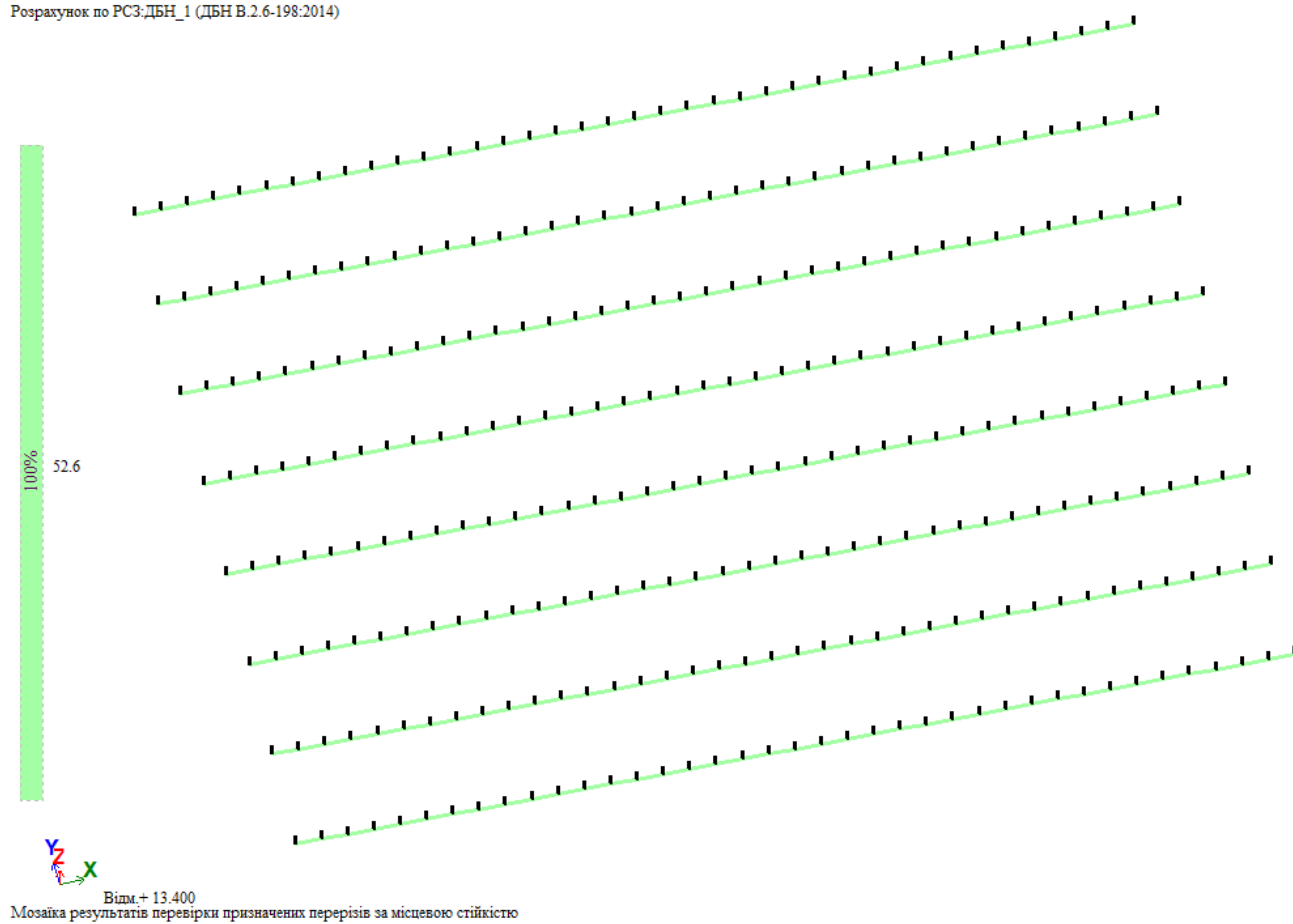


Рис. 4.40 Результати перевірки попередньо призначених перерізів балок покриття за місцевою стійкістю

Варіант конструювання: Варіант 2
Розрахунок по РСЗ: ДБН_1 (ДБН В.2.6-198:2014)

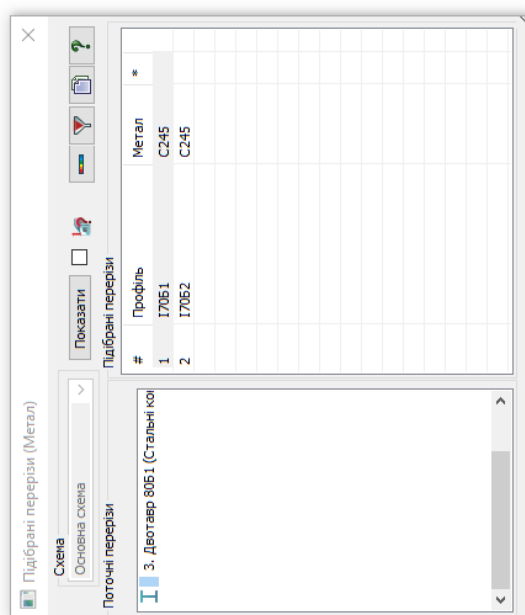
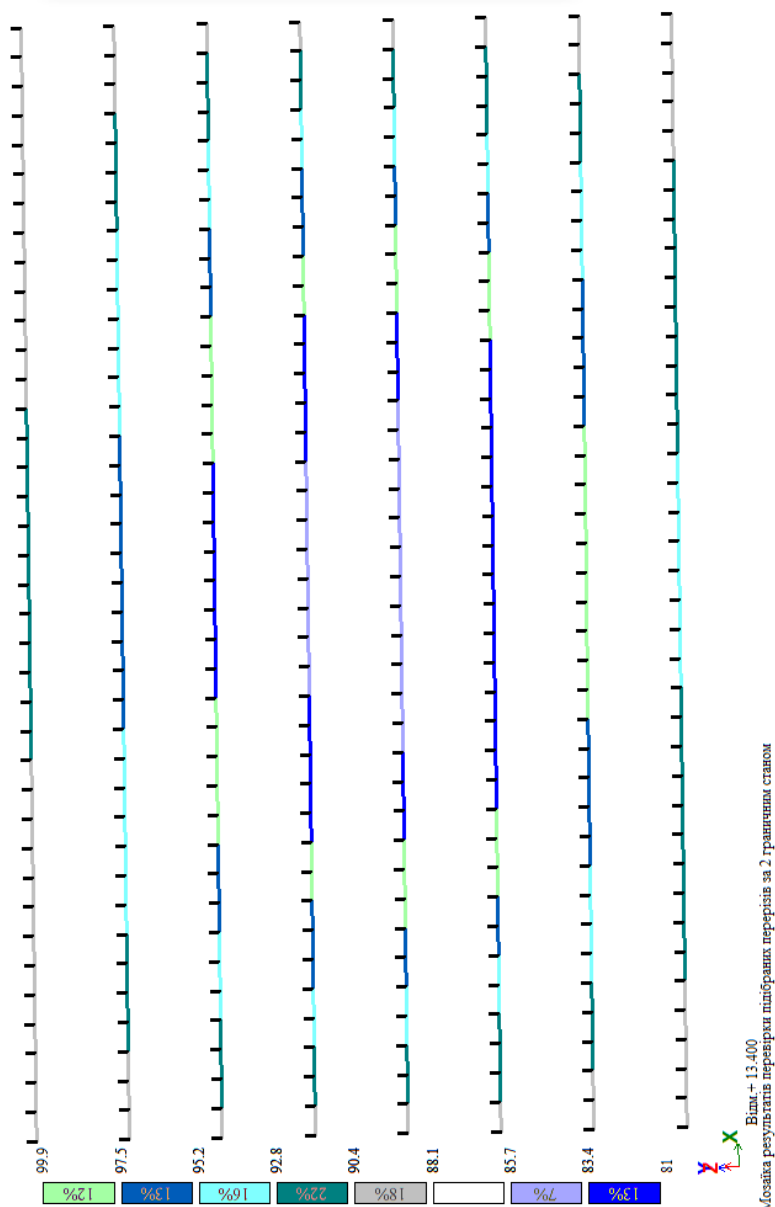


Рис. 4.40 Результати підбору перерізів балок покриття

Висновки за результатами дослідження

1. За результатами виконаного дослідження встановлено, що визначення параметрів вибухово-ударної хвилі є одним із ключових етапів розрахунку захисних споруд, оскільки саме від прийнятих значень надлишкового та відбитого тиску, тривалості фази стиснення і імпульсу навантаження залежить подальша оцінка напружено-деформованого стану конструкції.

2. Порівняльний аналіз методик М.О. Садовського, А.Н. Бірбраєра, Кіннея і Грахама та Кінгері-Булмаша показав, що результати визначення параметрів вибухово-ударної хвилі можуть суттєво відрізнятися, особливо на малих відстанях від епіцентру вибуху. Це підтверджує необхідність критичного аналізу отриманих значень та обґрунтованого вибору розрахункової методики залежно від типу вибуху, відстані до споруди, маси заряду та рівня відповідальності об'єкта.

3. Для подальшого чисельного моделювання доцільним є використання параметрів вибухової хвилі, отриманих за методикою Кінгері-Булмаша, оскільки ця методика дозволяє визначати як надлишковий, так і відбитий тиск, а отримані результати займають проміжне положення між найбільш і найменш консервативними значеннями розглянутих підходів. Такий вибір є обґрунтованим для подальшого інженерного аналізу захисної споруди.

4. Створення просторової розрахункової моделі у ПК «ЛІРА-САПР» дозволило врахувати сумісну роботу основних несучих елементів споруди: фундаментної плити, монолітних залізобетонних стін, плити покриття та металевих балок. Застосування методу скінченних елементів забезпечує можливість дослідження просторового характеру деформування конструкції, визначення зон концентрації зусиль і переміщень, а також оцінювання роботи споруди при різних сценаріях прикладання вибухового навантаження.

5. Результати розрахунку прямим динамічним методом підтверджують доцільність використання динамічної постановки задачі для оцінювання роботи захисних споруд при дії вибухово-ударної хвилі. На відміну від умовно статичного підходу, прямий динамічний метод дає змогу врахувати розвиток

процесу навантаження у часі, інерційні властивості конструкції та особливості її просторової реакції.

6. Отримані результати можуть бути використані при подальшому вдосконаленні методики проектування захисних споруд для об'єктів критичної інфраструктури, а також при розробленні практичних рекомендацій щодо вибору розрахункових сценаріїв вибухового навантаження, побудови МСЕ-моделей та оцінювання надійності несучих конструкцій в умовах дії короткочасних інтенсивних динамічних впливів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2021. 27 с. Чинний від 30.12.2021.
2. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2016. 49 с. Чинний від 05.05.2016.
3. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і у будівництві. Основні положення. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 126 с. Чинний від 27.01.2009.
4. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки. будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2006. 75 с. Чинний від 03.07.2006.
5. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель і споруд. Основні положення. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2018. 71 с. Чинний від 02.08.2018.
6. ДБН А.2.1-1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Планування і забудова територій. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. 128 с. Чинний від 07.01.2008.
7. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. 74 с. Чинний від 24.12.2009.
8. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2019. 43 с. Чинний від 26.03.2019.
9. Будівлі та споруди. Визначення класів наслідків (відповідальності) : : ДСТУ 8855:2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Державне підприємство

- «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – 14 с. – (Державний стандарт України).
10. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Система проєктної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-24-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).
 11. ДБН А.3.2-2:2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Вид. офіц. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 116 с.
 12. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010. – [Чинний з 2011–11–01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 158 с. – (Національний стандарт України).
 13. Громадські будівлі та споруди : ДБН В.2.2-9-99. – [Введені в дію з 2000-01-01]. – К. : Держбуд України, 1999. – 51 с. – (Державні будівельні норми України).
 14. Захисні споруди цивільного захисту : ДБН В.2.2-5:2023 зі Змінами № 1, № 2. – [Чинний з 2023–11–01; Зміна № 2 чинна з 2025–04–01]. – К. : Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України, 2023. – 122 с. – (Державні будівельні норми України).
 15. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2–15–2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 44 с. – (Державні будівельні норми України).
 16. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1–12–2014. – [Чинний з 2014–10–01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2014. – 110 с. – (Державні будівельні норми України).
 17. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-46:2017. – [Чинний з 2017–09–01]. – К. : Мінрегіонбуд, 2017. – 47 с. – (Державні будівельні норми України).

18. Основні вимоги до будівель та споруд. Захист від шуму : ДБН В.1.2-10-2008. – [Введені в дію з 2008-10-01]. – К. : Держбуд України, 2008. – 11 с. – (Державні будівельні норми України).
19. Настанова щодо обстеження будівель для визначення та оцінки їх технічного стану : ДСТУ-Н Б В.1.2-18:2016. – [Чинний з 2017-04-01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2017. – (Національний стандарт України).
20. Охорона праці: Навч. посібник / В.М. Ярошевська, П.М. Дубінський, Н.М. Прокопчук. – К.: ІСДО, 1993. – 312 с.
21. Технологія будівельного виробництва: Підручник / В.К.Черненко, М.Г.Ярмоленко, Г.М.Батура та ін.; За ред. В.К.Черненка, М.Г.Ярмоленка. – К.: Вища шк., 2002. – 430 с.: іл..
22. ДСТУ-Н Б В.2.6-212:2016. Настанова з виконання робіт із застосуванням сухих будівельних сумішей. Київ, Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2018. 32 с. Чинний від 13.05.2018.
23. Бабич В.І., Огородник В.І., Романюк В.В. Таблиці для проектування будівельних конструкцій. Довідник. – Рівне: Видавництво РДТУ, 1999 – 506 с., 394 табл., бібліогр.: 35 назв.
24. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Конструкції з деревини та пластмас" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад. : М.В. Усенко. – К. : НУБіП України, 2023. – 68 с.
25. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини : підручник/ А.М. Павліков. – 2-ге вид., виправ. – Полтава : ПолтНТУ, 2017. – 284 с.
26. Бакулін Є.А. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи «Проектування одноповерхової промислової каркасної будівлі із збірних залізобетонних елементів» з дисципліни «Архітектура будівель і споруд» для студентів за напрямом підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія» Розрахунок будівельних конструкцій на міцність, жорсткість та

- вогнестійкість» / Є.А. Бакулін, Н.О. Костира, В.М. Бакуліна. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. – 83 с.
27. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. Х Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.
 28. Бабич Є.М. Діагностика, паспортизація та відновлення будівель і інженерних споруд : підручник / Є.М. Бабич, В.В. Караван, В.Є.Бабич. – Рівне : «Волинські обереги», 2018. – 176 с
 29. Бамбура А.М. Проектування залізобетонних конструкцій : посібник / А.М. Бамбура, І.Р. Сазонова, О.В. Дорогова, О.В. Войцехівський; за ред. А.М. Бамбури. – К. : Майстер книг, 2018. – 240 с.
 30. Дворкін Л.Й. Будівельне матеріалознавство : навч.-довід. посіб. укр. та англ. мовами / Л.Й. Дворкін. – Рівне: НУВГП, 2017. – 355 с.
 31. Бліхарський З.Я. Реконструкція та підсилення будівель та споруд : навч. посібник / З.Я. Бліхарський. – Львів : вид-во «Львівська політехніка», 2008. – 108 с.
 32. Куліков П.М. Архітектура будівель і споруд. Книга 5. Промислові будівлі: підручник / П.М. Куліков, В.О Плоський, Г.В. Гетун. – Кам'янець-Подільський : Рута, 2020. – 820 с.
 - 33.Бакулін Є.А. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навчальний посібник / Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. – 264 с.
<https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201>
 - 34.Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Основи автоматизованого проєктування в будівництві" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 91 с.

- 35.Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Основи і фундаменти» підготовки фахівців ОС «Бакалавр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» /укл. : О.В. П'ятков, Є.А. Бакулін. – К. : НУБіП України, 2023. – 85 с.
- 36.Яковенко І. А. Реконструкція будівель та споруд аеропортів : мет. реком. до виконання РГР для студентів спец. 6.06010101 / І. А. Яковенко, Є. А. Бакулін. – К.: НАУ, 2013. – 50 с.
- 37.Куценко А.Г. Будівельна механіка : навчальний посібник / А.Г. Куценко, М.М. Бондар, В.В. Яременко – К.: Центр учбової літератури, 2019. – 704 с.
- 38.Практичний розрахунок елементів залізобетонних конструкцій за ДБН В.2.6–98:2009 у порівнянні з розрахунками за СНиП 2.03.01–84* і EN 1992–1–1 (Eurocode 2) / В.М. Бабаєв, А.М. Бамбура, О.М. Пустовойтова та ін. ; за заг. ред. В.С. Шмуклера. – Харків : Золоті сторінки, 2015. – 208 с.
- 39.Скребнєва С. М. Чисельні методи в розрахунках будівельних конструкцій : лабораторний практикум / С. М. Скребнєва, І. Л. Машков, І. А. Яковенко. – К. : НАУ, 2015. – 52 с.
40. Угненко Є.Б. Основи організації будівництва та будівельного виробництва : конспект лекцій / Є.Б. Угненко, О.М. Тимченко, Н.В. Белікова . – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – Ч. 1. – 81 с.
41. Колчунов В.І. Аналітична модель зчеплення та нелінійна податливість арматурних зв'язків при розкритті дискретних тріщин у залізобетонних конструкціях / В.І. Колчунов, І.А. Яковенко, Є.А. Дмитренко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2016. – Вип. 32. – С. 183 – 196.
42. Яковенко І.А. Пошук раціональних методів посилення зони розтягу згинальних залізобетонних конструкцій при реконструкції та відновленні будівель / І.А. Яковенко, І.М. Мельничук, О.А. Андросюк // Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання» з нагоди 118-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор.

- ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) (20–21 лютого 2025 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2025. – С. 562–566.
43. Yakovenko I., Dmytrenko Y., Bakulina V. Construction of Analytical Coupling Model in Reinforced Concrete Structures in the Presence of Discrete Cracks. In: Bieliatynskiy A., Breskich V. (eds) *Safety in Aviation and Space Technologies. Lecture Notes in Mechanical Engineering (LNME)*. Springer, Cham. – 2022. – P.107–120. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85057-9_10
 44. Dmytrenko, Y., Usenko, M., Yakovenko, I. (2024). Collisions of Strength Determination Modeling for Eccentrically Compressed Reinforced Concrete Constructions with Small Eccentricities by Normal Sections in Lira-FEM Software. In: Blikharsky, Z., Zhelykh, V. (eds) *Proceedings of EcoComfort 2024. EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 604. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_5
 45. Dmytrenko E.A., Yakovenko I.A., Fesenko O.A. (2021). Strength of excentrically tensioned reinforced concrete structures with small eccentricities by normal sections // *Scientific Review – Engineering and Environmental Sciences* (2021), 30 (3), 424–438. <https://doi.org/10.22630/PNIKS.2021.30.3.36>
 46. Дмитренко Є.А., Бакай Т.В. Залежності зчеплення арматури з бетоном при різних видах руйнування зони їх контакту. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання». Київ, Україна: НУБіП України, 2025. С. 524–527.
 47. Дмитренко Є.А., Денисенко Д.О. Зміна параметрів зчеплення арматури з бетоном при дії довготривалих навантажень. Збірник тез доповідей XII Міжнародної науково-технічної конференції «Крамаровські читання». Київ, Україна: НУБіП України, 2025. С. 527–530.
 48. American Society of Civil Engineers (ASCE): ASCE/SEI 59-11 "Blast Protection of Buildings".
 49. Розрахунок конструкцій будівель і споруд на дії основних факторів ураження засобів повітряного нападу: Монографія / Михайловський Д.В., Білик А.С., Складов І.О. / КНУБА /Київ 2024

ДОДАТКИ