

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

**Бакалавр**

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект тепличного комплексу

---

---

Виконав: студент IV курсу, групи МБ-41  
спеціальності \_\_\_\_\_

192 “Будівництво та цивільна інженерія”

(шифр і назва спеціальності)

Студент \_\_\_\_\_ Навроцький О. І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ Ігнат'єва В. Б.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ Мещерякова О. М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Ясній В.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_ Качка О. І.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій  
(повна назва факультету)  
Кафедра Будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри

« \_\_\_\_\_ » (підпис) Ясній В.П. (прізвище та ініціали)  
20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр  
(назва освітнього ступеня)  
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)  
студенту Навроцькому Олегу Івановичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи Проект тепличного комплексу

Керівник роботи Ігнат'єва Вікторія Борисівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри БМ  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-53.

2. Термін подання студентом завершеної роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

Об'єкт проектування - тепличний комплекс на річці Серет біля Касперівської ГЕС із блоками теплиць та адміністративно-побутовою будівлею.

Вихідні умови - каркасна конструктивна схема; збірні залізобетонні колони; дерев'яні клеєні тришарнірки; скляне покриття, сендвіч-панелі та варіанти фундаментно-опорних рішень.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Розробити архітектурно-планувальні та технологічні рішення тепличного комплексу з виробничими, технічними й адміністративно-побутовими приміщеннями.

Обґрунтувати каркасну схему тепличного блоку із залізобетонними колонами, дерев'яними арками, скляним покриттям і сендвіч-панелями.

Виконати теплотехнічний розрахунок огорожень і покриття; описати оздоблення, пожежну безпеку та інженерне обладнання.

Виконати збір постійних, снігових і вітрових навантажень та розрахувати дерев'яну арку у ПК SCAD.

Розрахувати коньковий і опорний вузли арки, болтові з'єднання, сталеві башмаки та залізобетонні колони.

Запроектувати й порівняти понтонні, пальові та ряжеві опорні рішення; розробити розділ «Безпека життєдіяльності, Основи охорони праці».

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення графічної частини - не менше 6 аркушів формату А1 (594 x 841 мм).

## 6. Консультанти розділів роботи

[illegible]

7. Дата видачі завдання 22.01.2026

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Навроцький О.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ігнат'єва В.Б.

(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

|                                                                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                                                                        | 5  |
| РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....                                                                           | 9  |
| 1.1 Вихідні дані для проектування .....                                                                           | 9  |
| 1.2 Об'ємно-планувальні рішення .....                                                                             | 10 |
| 1.3 Конструктивні рішення .....                                                                                   | 10 |
| 1.4 Технічні характеристики для забезпечення необхідної міцності, стійкості, просторової жорсткості будівлі ..... | 11 |
| 1.5 Внутрішнє та зовнішнє оздоблення .....                                                                        | 11 |
| 1.6 Пожежна безпека.....                                                                                          | 11 |
| 1.7 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій .....                                                    | 12 |
| 1.7.1. Теплотехнічний розрахунок конструкції стінової огорожі .....                                               | 12 |
| 1.7.2 Теплотехнічний розрахунок покриття .....                                                                    | 13 |
| 1.8 Інженерне обладнання .....                                                                                    | 14 |
| РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ.....                                                                         | 15 |
| 2.1 Конструктивні характеристики будівлі теплиці .....                                                            | 15 |
| 2.2. Сума навантажень .....                                                                                       | 15 |
| 2.2.1 Постійні навантаження .....                                                                                 | 15 |
| 2.2.2 Тимчасові навантаження .....                                                                                | 15 |
| 2.3 Розрахунок арки .....                                                                                         | 20 |
| 2.3.1 Визначення геометричних характеристик арки .....                                                            | 20 |
| 2.3.2 Моделювання конструкцій.....                                                                                | 21 |
| 2.3.3 Розрахунок конькового вузла.....                                                                            | 25 |
| 2.3.4 Розрахунок опорного вузла .....                                                                             | 26 |
| 2.4 Розрахунок колони .....                                                                                       | 27 |

|                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------|----|
| РОЗДІЛ 3 ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ .....                                              | 31 |
| 3.1 Інженерно-геологічні умови .....                                             | 31 |
| 3.1.1 Вибір варіанту фундаменту .....                                            | 31 |
| 3.2 Проектування та розрахунок фундаменту .....                                  | 35 |
| 3.2.1 Збір навантажень на фундамент .....                                        | 35 |
| 3.2.2 Проектування фундаменту із залізобетонних понтонів .....                   | 35 |
| 3.2.3 Проектування фундаменту з металевих понтонів .....                         | 36 |
| 3.2.4 Проектування фундаменту буронабивні палі в обсадній трубі .....            | 37 |
| 3.2.5 Проектування фундаменту ряжеві опори .....                                 | 39 |
| РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ .....                                  | 45 |
| 4.1 Загальні положення безпеки умов праці на будівельному майданчику .....       | 45 |
| 4.2 Вимоги безпеки при складуванні матеріалів і конструкцій .....                | 45 |
| 4.3 Безпека при виконанні транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт ..... | 46 |
| 4.4 Правила безпечного виконання робіт з розкріплення плавучої споруди .....     | 50 |
| 4.5 Вимоги пожежної безпеки .....                                                | 52 |
| ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....                                                          | 54 |
| БІБЛІОГРАФІЯ .....                                                               | 57 |

## ВСТУП

Тепличні комплекси належать до виробничих об'єктів захищеного ґрунту, призначених для створення та підтримання контрольованого середовища вирощування рослин. Ефективність їх функціонування визначається не лише технологією культивування, а й узгодженістю архітектурно-планувальних, конструктивних, теплотехнічних та інженерних рішень. Для таких споруд необхідно забезпечити достатню освітленість, температурно-вологісний режим, вентиляцію, зрошення, можливість обслуговування рослин, надійність несучих конструкцій і безпечну експлуатацію впродовж усього року.

**Актуальність кваліфікаційної** роботи полягає у розробленні проєкту тепличного комплексу, який поєднує виробничі приміщення для вирощування рослин, технічні зони, адміністративно-побутові приміщення та інженерні системи забезпечення технологічного процесу. Для об'єкта такого призначення особливого значення набувають вибір просторової конструктивної схеми, раціональне використання природного освітлення, теплозахист зовнішніх огорожень, розрахунок несучих арочних конструкцій і обґрунтування фундаментного рішення з урахуванням специфіки будівельного майданчика.

**Об'єктом проєктування** є тепличний комплекс, що складається з блоків теплиць та адміністративно-побутової будівлі. Комплекс призначений для вирощування рослин у захищеному ґрунті із забезпеченням необхідного мікроклімату, поливу, вентиляції, опалення та технологічного обслуговування. У межах тепличних блоків передбачено виробничі зони для рослин, тамбури, котельню, щитову, операторську та приміщення для зберігання інвентарю.

Об'ємно-планувальна структура комплексу сформована з урахуванням поділу виробничих і технічних процесів. Тепличні блоки прийнято одноповерховими, зі світлопрозорим покриттям та окремими евакуаційними виходами з виробничих відділень. Адміністративно-побутова частина призначена для забезпечення роботи персоналу, розміщення допоміжних приміщень і технічного обладнання. Таке рішення дозволяє відокремити зони постійного

перебування працівників від виробничих ділянок і забезпечити зручні функціональні зв'язки в межах комплексу.

Особливістю проєкту є розміщення комплексу в умовах водної акваторії, що впливає на вибір конструкцій основ і способів передавання навантажень. У роботі розглянуто кілька варіантів фундаментно-опорних рішень: конструкції на залізобетонних понтонах, металевих понтонах, буронабивних палях в обсадній трубі та ряжевих опорах. Їх оцінка виконана з урахуванням умов роботи споруди, навантажень від надземної частини та необхідності забезпечення стійкості комплексу.

Конструктивна система тепличного блоку прийнята каркасною. Вертикальними несучими елементами є збірні залізобетонні колони, а основними просторовими конструкціями покриття — дерев'яні клеєні тришарнірні арки асиметричного контуру. Арки сприймають навантаження від власної ваги покриття, скляних елементів, прогонів, снігу та вітру й передають їх на залізобетонні колони. Просторова жорсткість споруди забезпечується спільною роботою арок, колон, опорних вузлів і системи конструктивних зв'язків.

Зовнішні стіни передбачено з тришарових сендвіч-панелей із теплоізоляційним осердям, а покриття теплиць виконано зі скла. Прийняті огорожувальні конструкції повинні забезпечувати необхідний рівень природного освітлення, захист рослин від атмосферних впливів і відповідність вимогам теплозахисту. У роботі виконано теплотехнічну оцінку стінової огорожі та світлопрозорого покриття.

Інженерне обладнання тепличного комплексу включає системи природної вентиляції через світлоаераційні ліхтарі, рециркуляції повітря, зашторювання, опалення, крапельного поливу, подачі вуглекислого газу та автоматичного пожежогасіння. Для підтримання температурного режиму передбачено використання теплового насоса з передаванням низькопотенційного тепла до системи калориферного опалення. Система крапельного поливу забезпечує контрольовану подачу води та поживних розчинів до рослин у межах окремих виробничих зон.

**Метою кваліфікаційної роботи** є розроблення архітектурно-будівельних, розрахунково-конструктивних, теплотехнічних і фундаментних рішень тепличного комплексу з урахуванням технології вирощування рослин, природно-кліматичних умов, особливостей розміщення споруди, надійності дерев'яних арочних конструкцій, стійкості опорної системи та вимог безпечної експлуатації.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішено такі завдання:

- проаналізовано вихідні дані для проєктування, кліматичні, снігові, вітрові та сейсмічні умови району будівництва.
- розроблено об'ємно-планувальні рішення тепличного комплексу, визначено склад виробничих, технічних і адміністративно-побутових приміщень.
- прийнято конструктивну схему тепличного блоку із залізобетонними колонами та дерев'яними клеєними тришарнірними арками.
- розглянуто рішення зовнішніх огорожень, скляного покриття, внутрішнього й зовнішнього оздоблення, а також заходи пожежної безпеки.
- виконано теплотехнічний розрахунок стінових огорожень і покриття теплиці.
- описано основні системи інженерного обладнання: вентиляцію, опалення, зашторювання, крапельний полив, подачу вуглекислого газу та пожежогасіння.
- виконано збір постійних, снігових і вітрових навантажень на елементи несучої системи.
- проведено розрахунок дерев'яної тришарнірної арки методом кінцевих елементів у програмному комплексі scad, визначено внутрішні зусилля, переміщення та розрахункові комбінації навантажень.
- виконано розрахунок конькового й опорного вузлів арки, зокрема підібрано болтові з'єднання та елементи сталевих башмаків.
- проведено підбір арматури залізобетонних колон із використанням модуля «арбат» програмного комплексу scad.
- розглянуто варіанти опорних і фундаментних конструкцій для споруди, розміщеної у складних ґрунтових та гідрологічних умовах.



– опрацьовано заходи з охорони праці та техніки безпеки під час виконання вантажно-розвантажувальних, монтажних, транспортних і спеціальних робіт із розкріплення плавучих конструкцій.

Вихідними даними для проєктування є функціональне призначення об'єкта як тепличного комплексу, каркасна конструктивна система, застосування залізобетонних колон, дерев'яних клеєних арок, скляного покриття, сендвіч-панелей зовнішніх стін, інженерних систем забезпечення мікроклімату та необхідність вибору обґрунтованого фундаментно-опорного рішення.

**Методи виконання роботи** включають аналіз технологічних, архітектурно-планувальних і конструктивних вимог, теплотехнічну оцінку огорожувальних конструкцій, збір навантажень, моделювання арочної системи, розрахунок вузлів і колон, порівняння варіантів фундаментних конструкцій та розроблення заходів з охорони праці.

**Практичне значення роботи** полягає у розробленні комплексного проєктного рішення тепличного комплексу, яке забезпечує створення контрольованого середовища для вирощування рослин, раціональне компонування виробничих і технічних зон, надійну роботу арочних конструкцій, обґрунтований вибір опорної системи та безпечну експлуатацію об'єкта.

**Ключові слова:** тепличний комплекс, дерев'яна тришарнірна арка, скляне покриття, понтонна основа.

## РОЗДІЛ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

#### 1.1 Вихідні дані для проектування

Проектований тепличний комплекс розташовується на річці Серет біля Касперівської ГЕС.

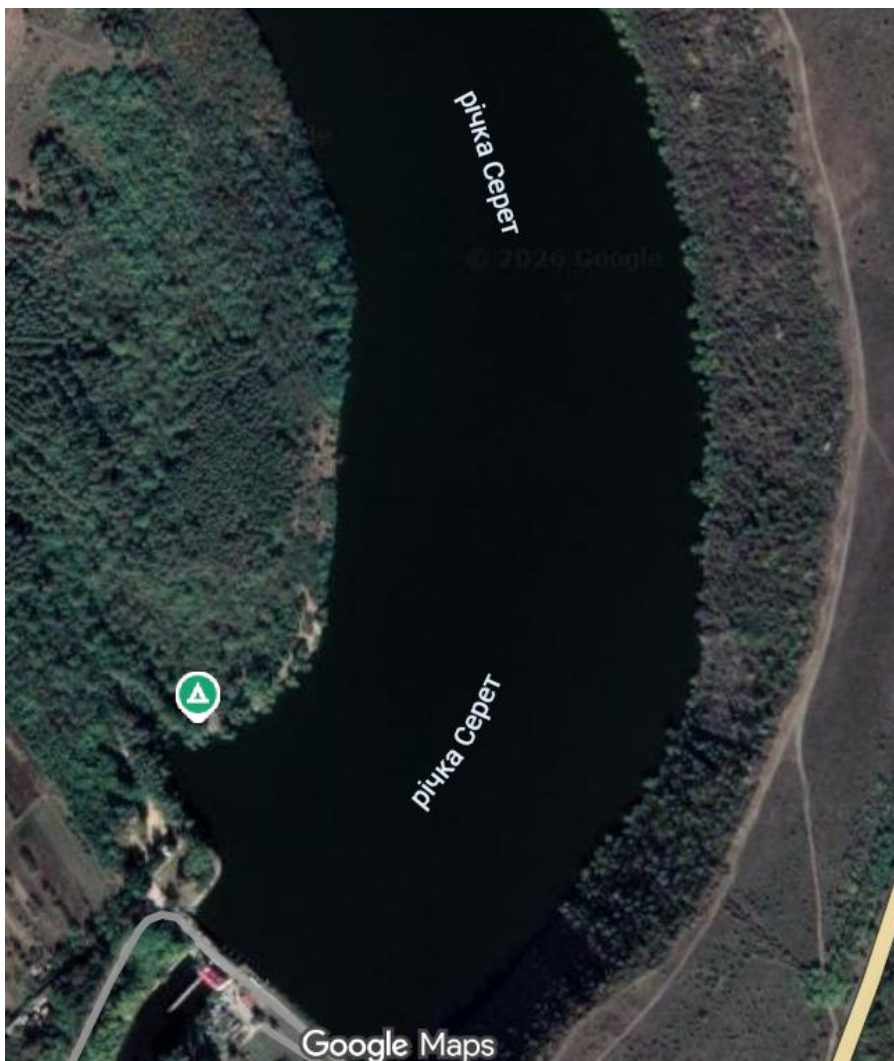


Рисунок 1.1 - Розташування місця будівництва проектного тепличного комплексу

Район будівництва характеризується такими кліматичними умовами:

- кліматичний район для будівництва [2]);
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки  $-27^{\circ}\text{C}$  ,  
забезпеченістю 0,92 [2]);

- сніговий район II [2];
- нормативне снігове навантаження 1,0 кПа [2];
- вітровий район III [2];
- нормативне значення вітрового тиску 0,38 кПа, [2];
- сейсмічність району 7 балів [3].

## 1.2 Об'ємно-планувальні рішення

Тепличний комплекс складається з декількох будівель — блоків теплиць та адміністративно-побутової будівлі.

Блок теплиці одноповерховий, у плані має складну форму розмірами 43,5 × 72,3 м, висота 10,2 м. Загальна площа 1967,5 м<sup>2</sup>. Об'ємно-планувальне рішення будівлі розроблено згідно з [4]. У теплиці передбачені такі приміщення: для вирощування рослин, тамбури, котельня, щитова, операторська, кімната інвентарю. Приміщення теплиці відокремлені між собою залежно від виробничих процесів, а також кожне відділення має свій евакуаційний вихід безпосередньо назовні. Кількість обслуговуючого персоналу на 1 блок теплиці — 6 осіб.

## 1.3 Конструктивні рішення

Будівля теплиці має каркасну конструктивну схему.

Колони — залізобетонні збірні перерізом 300 × 300.

Зовнішні стіни — тришарові сендвіч-панелі з наповнювачем із пінополіізоціанурату товщиною 150 мм.

Перегородки — скляні на металевому каркасі.

Несуча конструкція покриття — дерев'яна тришарнірна арка асиметричного контуру прольотом 42 м.

Покриття теплиці — скло товщиною 4 мм.

#### **1.4 Технічні характеристики для забезпечення необхідної міцності, стійкості, просторової жорсткості будівлі**

Міцність і стійкість будівлі забезпечується спільною роботою вертикальних конструкцій (колон) з горизонтальними (арками). Для спільної роботи елементів передбачається жорстке з'єднання колон з опорною конструкцією.

#### **1.5 Внутрішнє та зовнішнє оздоблення**

Зовнішнє оздоблення будівлі виконано з тришарових сендвіч-панелей з наповнювачем із пінополіізоціанурату товщиною 150 мм.

У будівлі теплиці внутрішнє оздоблення приміщень спроектовано відповідно до виробничого процесу. В якості оздоблення стін використовуються сендвіч-панелі місцевого виробництва з порошковим фарбуванням. Для покриття підлоги використовується трикомпонентний матеріал на поліуро-тан-цементній основі для приміщень з помірними абразивними навантаженнями, впливом агресивних хімічних середовищ і температур до  $+90^{\circ}\text{C}$  – полімерцементна підлога.

#### **1.6 Пожежна безпека**

Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення спроектовані відповідно до вимог чинних норм і правил з пожежної безпеки [6,7,11-14]. Розміри приміщень, шляхів евакуації, кількість виходів відповідають безперешкодній евакуації людей у разі виникнення пожежі. При проектуванні були застосовані несучі конструкції з негорючих матеріалів, а також обробка горючих матеріалів вогнезахисними складами. Дерев'яні конструкції обробляються вогнезахисним антисептиком.

Основні показники для будівлі теплиці:

- ступінь вогнестійкості будівлі - II
- межі вогнестійкості будівельних конструкцій:

- колони - R 90;
- арки - R 15;
- зовнішні стіни - E 15;
- покриття - RE 15.

## 1.7 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Середню температуру зовнішнього повітря та тривалість опалювального періоду приймаємо згідно з [4] для періоду із середньодобовою температурою зовнішнього повітря не більше  $8^{\circ}\text{C}$ . Усі значення приймаємо для району будівництва с. Касперівці.

Тривалість опалювального періоду  $z_{\text{оп}} = 213$  доби.

Середня добова температура опалювального періоду  $t_{\text{оп}} = -7,9^{\circ}\text{C}$ .

Розрахункова температура внутрішнього повітря в холодну пору року:  $t_B = 22^{\circ}\text{C}$ , вологість повітря 60% [12].

Місце будівництва, згідно з картою зон вологості [15], розташоване в сухій зоні.

### 1.7.1. Теплотехнічний розрахунок конструкції стінової огорожі

Конструкція зовнішньої стіни виконана з тришарових сендвіч-панелей з наповнювачем з пінополіізоціанурату товщиною 150 мм. Коефіцієнт теплопровідності даної конструкції  $\lambda = 0,022 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ .

Згідно з п. [4], необхідний опір теплопередачі конструкцій визначається за таблицею 3 залежно від показника ГСОП (градусо-добовий показник опалювального періоду), який, у свою чергу, визначається за [4]:

$$\text{ГСОП} = (t_B - t_{\text{оп}}) \cdot z_{\text{оп}}, \quad (1.1)$$

де  $t_B$  - розрахункова середня температура внутрішнього повітря будівлі;

$t_{оп}, z_{оп}$ , - середня температура зовнішнього повітря та тривалість опалювального періоду, що приймаються для періоду із середньою добовою температурою зовнішнього повітря не більше  $8^{\circ}C$  ;

$$ГСОП = (22 + 7,9) \cdot 223 = 6667,7^{\circ}C \cdot \text{доб};$$

за знайденими значеннями визначаємо необхідний опір теплопередачі за формулою з [4] :

$$R_0^{птр} = a \cdot ГСОП + b, \quad (1.2)$$

де  $a, b$  - коефіцієнти, що визначаються за таблицею 3 [4], для стін:  $a = 0,0002$ ,  $b = 1$  .

Необхідний опір теплопередачі для стін дорівнюватиме  $R_0^{птр} = 2,53 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C/Вт$  ;

Розрахунковий опір теплопередачі для стін визначаємо за формулою Е. 7 [4]:

$$R_0^{птр} = \frac{\delta}{\lambda_s} \quad (1.3)$$

$$R_{0\text{стіни}}^{птр} = \frac{0,15}{0,022} = 6,82 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C/Вт > R_0^{птр} = 2,53 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C/Вт$$

Конструкція відповідає вимогам за показниками теплопередачі.

### 1.7.2 Теплотехнічний розрахунок покриття

Покриття теплиці виконано зі скла товщиною 4 мм.

Необхідний опір теплопередачі світлопрозорого покриття знайдемо за формулою 1.2, де  $a = 0,000025$ ,  $b = 0,2$ :  $R_0^{птр} = 0,33 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C/Вт$  .

## 1.8 Інженерне обладнання

Система вентиляції. У теплиці система вентиляції здійснюється природним провітрюванням зовнішнього повітря через світлоаераційні ліхтарі у верхній огорожі. Для перемішування повітря з метою досягнення рівномірності температури у всьому обсязі промислової теплиці застосовуються рециркуляційні вентилятори.

Система зашторювання. Екранна установка виконана з тканини, яка збирається по контуру арки. Рух екранів здійснюється приводними моторами.

Система опалення. Опалення здійснюється за допомогою теплового насоса, який заснований на принципі перенесення геотермального тепла з області випаровування газу (низько-негативної температури) з поглинанням тепла річки (+12 °C) з подальшим стисненням холодоагенту та передачею тепла калориферами для компенсації тепловтрат огорожувальних конструкцій тепличного комплексу.

Система  $CO_2$ . Ця система призначена для підживлення рослин вуглекислим газом і забезпечує збільшення врожаю на 20 – 30% . Система працює від конденсатора  $CO^2$  котельні.

Крапельний полив. У кожній відокремленій зоні для рослин ПЕ крапельні лінії Ø25мм , кількість ліній залежить від кількості рядів рослин. На відстані 20 або 25 см у крапельній лінії є попередньо вмонтовані крапельниці з компенсацією тиску. Крапельниці — 2 або 3,2 л/год. Крапельні лінії з'єднані з колекторною трубою ПВХ Ø63 мм. До системи поливу промислової теплиці входять денні ємності для зберігання свіжої води об'ємом чистого та брудного дренажу — об'єм ємностей визначається розрахунком (від 10 до 437 м<sup>3</sup> ). Водяні ємності повинні розташовуватися всередині технічної кімнати для води.

Система пожежогасіння. По всій площі будівлі передбачаються автоматичні установки пожежогасіння, а також обладнання установками протидимного захисту.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

#### 2.1 Конструктивні характеристики будівлі теплиці

Конструктивна схема — каркасна. Вертикальні несучі конструкції: колони збірні залізобетонні перерізом  $300 \times 300$  мм. Просторові несучі конструкції - дерев'яна клеєна тришарнірна арка. Коефіцієнт надійності за відповідальністю приймаємо  $\gamma_n = 1,1$  [2].

#### 2.2. Сума навантажень

##### 2.2.1 Постійні навантаження

Для задавання розрахункової схеми виконуємо збір навантажень на  $1 \text{ м}^2$  покриття від покрівлі до підлоги відповідно. Власну вагу конструкції не враховуємо, оскільки вона автоматично обчислюється в програмі. Збір навантажень представлений у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Збір навантажень на арку

| Навантаження                                                             | Нормативне навантаження $H/\text{м}^2$ | Коефіцієнт надійності за навантаженням | Розрахункове навантаження, $H/\text{м}^2$ |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
|                                                                          | $q_H = \delta \cdot \rho$              | $\gamma_f > 1$                         | $q_T^p = q_H \cdot \gamma_f$              |
| Постійні                                                                 |                                        |                                        |                                           |
| Скляне покриття, $\delta = 4 \text{ мм}$ , $m = 10 \text{ кг/м}^2$       | 100                                    | 1,1                                    | 110                                       |
| Прогон перерізом $50 \times 150$ , ( $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$ -сосна) | 37,5                                   | 1,2                                    | 45                                        |
| Разом                                                                    | 137,5                                  |                                        | 151,25                                    |

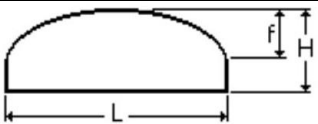
##### 2.2.2 Тимчасові навантаження

Снігові та вітрові навантаження обчислюємо за допомогою програми Вест, вбудованої в програмний комплекс SCAD. Усі навантаження наведено в таблицях 2.2–2.7.



Для арок снігові навантаження враховуються тільки на тій частині довжини дуги арки, де кут нахилу дотичних до горизонту менше  $60^\circ$ .

Таблиця 2.2 - Дані для розрахунку снігового навантаження

| Параметр                                                                           | Значення                                                                           | Одиниці вимірювання |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| Місцевість                                                                         |                                                                                    |                     |
| Сніговий район                                                                     | II                                                                                 |                     |
| Нормативне значення снігового навантаження                                         | 1                                                                                  | $\text{кН/м}^2$     |
| Тип місцевості                                                                     | A - Відкриті узбережжя морів, озер і водосховищ, пустелі, степи, лісостепи, тундра |                     |
| Середня швидкість вітру взимку                                                     | 2,3                                                                                | м/с                 |
| Середня температура січня                                                          | -23                                                                                | $^\circ\text{C}$    |
| Будівля                                                                            |                                                                                    |                     |
|  |                                                                                    |                     |
| Висота будівлі H                                                                   | 10,2                                                                               | М                   |
| Ширина будівлі B                                                                   | 72                                                                                 | м                   |
| L                                                                                  | 42                                                                                 | М                   |
| f                                                                                  | 7                                                                                  | М                   |
| Неутеплена конструкція підвищеним тепловиділенням                                  | з Так                                                                              |                     |

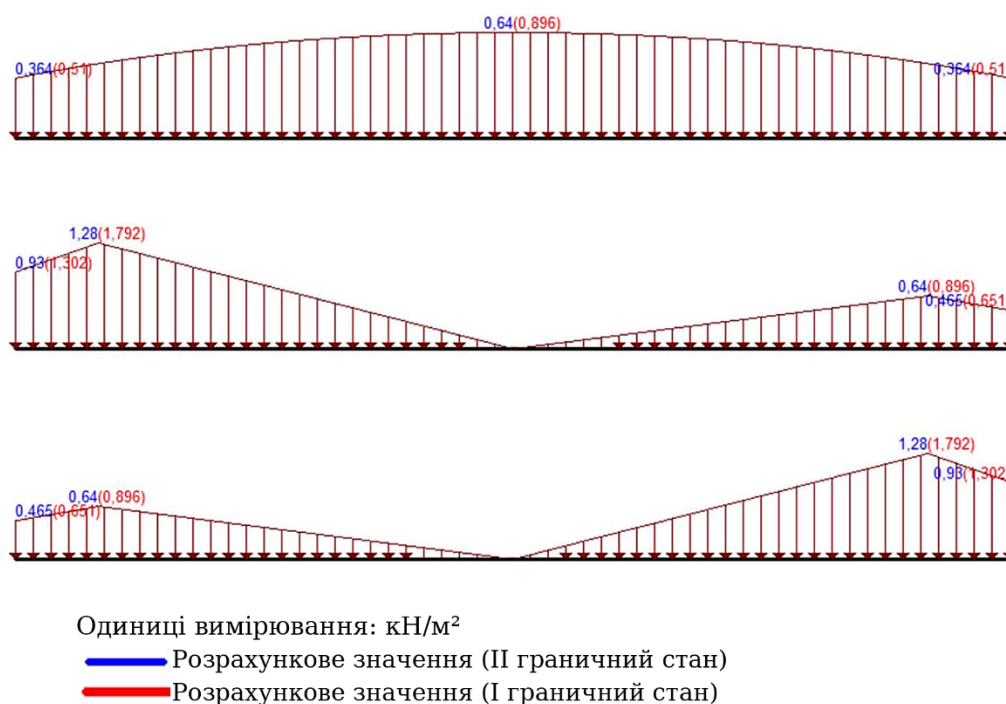


Рисунок 2.1 - Розрахункове значення снігового навантаження

Вітрові навантаження виконані згідно з [2].

Таблиця 2.3 - Вихідні дані для обчислення вітрового навантаження

| Вихідні дані                        |                                                                                    |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| Вітровий район                      | III                                                                                |
| Нормативне значення вітрового тиску | $0,38 \text{ кН/м}^2$                                                              |
| Тип місцевості                      | A - відкриті узбережжя морів, озер і водосховищ, пустелі, степи, лісостепи, тундра |
| Тип споруди                         | Будівлі зі склепінчастими або близькими до них за контурами покриттями             |

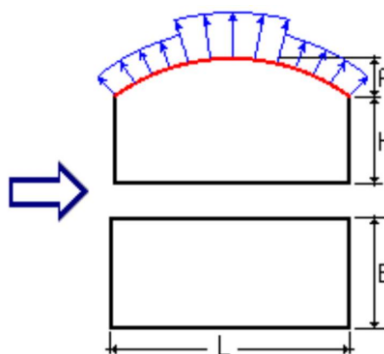


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема для визначення вітрових навантажень

Таблиця 2.4 - Параметри для розрахунку вітрового навантаження

| Параметри                                         |    |          |
|---------------------------------------------------|----|----------|
| Поверхня                                          |    | Покрівля |
| Крок сканування                                   |    | 1 м      |
| Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f$ |    | 1,4      |
| H                                                 | 3  | М        |
| B                                                 | 72 | м        |
| f                                                 | 7  | М        |
| L                                                 | 42 | м        |



Продовження таблиці 2.5

| 1  | 2      | 3      |
|----|--------|--------|
| 23 | -0,295 | -0,413 |
| 24 | -0,295 | -0,413 |
| 25 | -0,295 | -0,413 |
| 26 | -0,295 | -0,413 |
| 27 | -0,295 | -0,413 |
| 28 | -0,174 | -0,244 |
| 29 | -0,114 | -0,16  |
| 30 | -0,114 | -0,16  |
| 31 | -0,114 | -0,16  |
| 32 | -0,114 | -0,16  |
| 33 | -0,114 | -0,16  |
| 34 | -0,114 | -0,16  |
| 35 | -0,114 | -0,16  |
| 36 | -0,114 | -0,16  |
| 37 | -0,114 | -0,16  |
| 38 | -0,114 | -0,16  |
| 39 | -0,114 | -0,16  |
| 40 | -0,114 | -0,16  |

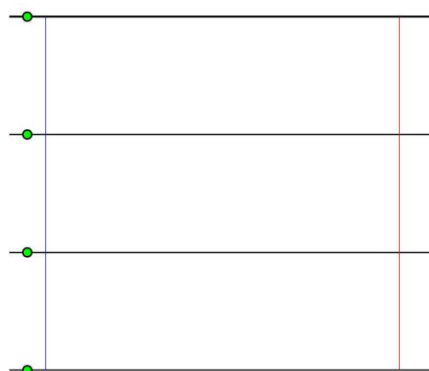


Рисунок 2.4 - Графік розподілу вітрового навантаження на стіни та колони будівлі з навітряного боку

Таблиця 2.6 - Результати розрахунку вітрового навантаження на стіни з навітряного боку

| Висота (м) | Нормативне значення ( $kH/m^2$ ) | Розрахункове значення ( $kH/m^2$ ) |
|------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 0          | 0,228                            | 0,319                              |
| 1          | 0,228                            | 0,319                              |
| 2          | 0,228                            | 0,319                              |
| 3          | 0,228                            | 0,319                              |



Рисунок 2.5 - Графік розподілу вітрового навантаження на стіни та колони будівлі з підвітряного боку

Таблиця 2.7 — Результати розрахунку вітрового навантаження на стіни та колони будівлі з підвітряного боку

| Висота (м) | Нормативне значення<br>( $\kappa H/\text{м}^2$ ) | Розрахункове значення ( $\kappa H/\text{м}^2$ ) |
|------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 0          | 0,134                                            | 0,188                                           |
| 1          | 0,134                                            | 0,188                                           |
| 2          | 0,134                                            | 0,188                                           |
| 3          | 0,134                                            | 0,188                                           |

## 2.3 Розрахунок арки

### 2.3.1 Визначення геометричних характеристик арки

Проліт арок і стрілу підйому арок приймають виходячи з функціонального призначення будівлі або споруди, а також вимог технологічної частини проекту. Усі розрахунки виконуємо для найбільшої арки з прольотом 42 м і стрілою підйому 7 м.

Радіус кривизни лівої піварки визначаємо за формулою:

$$R = \frac{l^2 + 4f^2}{8f} \quad (2.1)$$

Де  $l$  - проліт арки, м;  $f$  - підйом стріли арки.

$$R = \frac{42^2 + 4 \cdot 7^2}{8 \cdot 7} = 35 \text{ м}$$

Кут нахилу опорного радіуса до горизонту  $\varphi_0$  через синус цього кута:

$$\sin \varphi_0 = \frac{R - f}{R} \quad (2.2)$$

$$\sin \varphi_0 = \frac{35 - 7}{35} = 0,8$$

(2.2)

$$\varphi_0 = 50^\circ$$

Оскільки форма арки є асиметричною, то ці значення належать до характеристик лівої піварки. Геометричні розміри правої піварки обчислюємо геометрично, оскільки її характеристики не обчислюються за формулами.

При розрахунку в програмі SCAD довжину дуги розбиваємо на кінцеві елементи. Кількість кінцевих елементів вибираємо таким чином, щоб отримати повне уявлення про розподіл внутрішніх зусиль по довжині дуги арки. Довжина кінцевих елементів призначається з урахуванням характерних точок (точки початку та кінця снігового навантаження, точки зміни інтенсивності вітрового навантаження тощо). Визначення координат вузлів елементів, кутів нахилу дотичної та інших геометричних параметрів у цьому випадку здійснюється автоматично.

### 2.3.2 Моделювання конструкцій

Для розрахунку було обрано тришарнірну дерев'яну арку прольотом 42 м з опорою на залізобетонні колони. Розрахункова схема для даної конструкції починається з побудови розрахункової моделі в програмі SCAD. За заздалегідь обчисленими координатами побудуємо тришарнірну арку та колони з допомогою

кінцевих елементів, призначаємо характеристики жорсткості та задаємо навантаження.

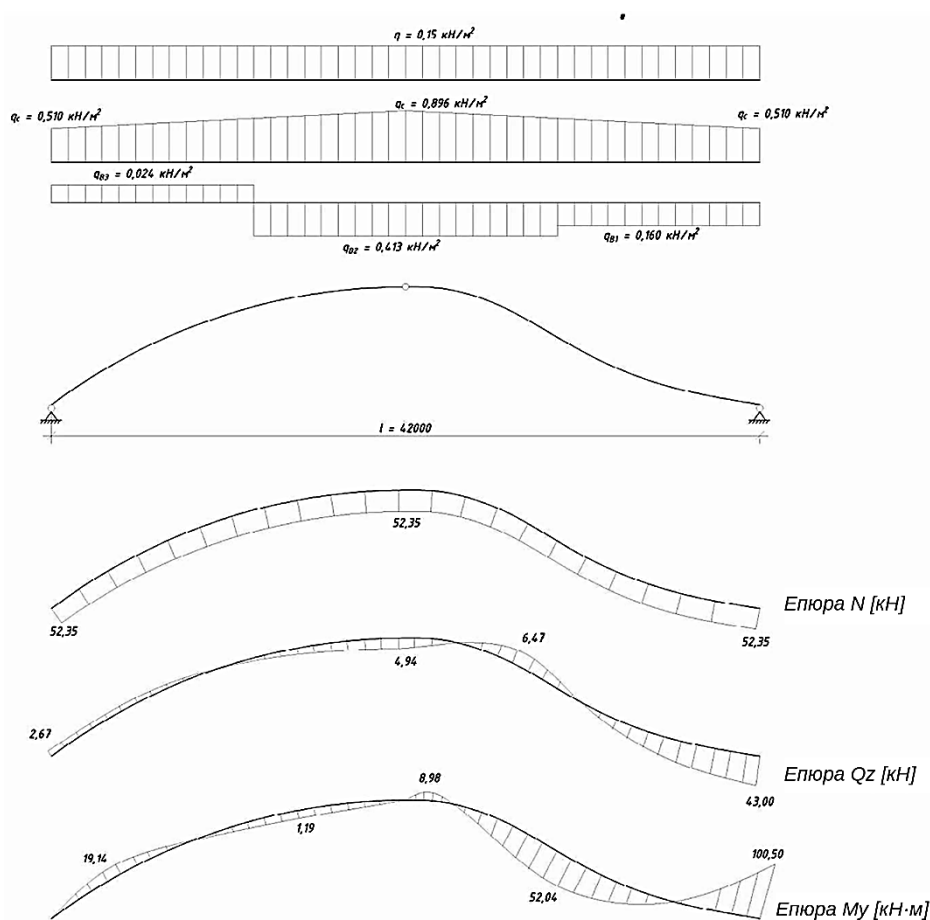


Рисунок 2.6 - Розрахункова схема арки

Навантаження задаємо згідно з таблицями збору навантажень.

L1 - Власна вага

L2 - Снігове навантаження, 1-й варіант

L3 - Снігове навантаження, 2-й варіант

L4 - Вітрове навантаження

L5 - Навантаження від покриття

Комбінації навантажень:

$C1 = L1 + L2 + L4 + L5$   $C2 = L1 + L3 + L4 + L5$ . Найбільше значення

навантажень спостерігається при комбінації навантажень C2.

Аналіз результатів розрахунку. Для аналізу результатів розрахунку знайдемо граничні значення переміщень і прогинів для заданої конструкції.

Граничні вертикальні прогини визначаємо згідно з [2]:

$$f_{ult} = \frac{l}{300}$$

де  $l$  - розрахунковий проліт елемента конструкції

$$f_{ult} = \frac{42}{300} = 0,14 \text{ м} = 140 \text{ мм}$$

Максимальні значення зусиль і переміщень у схемі зафіксовані для комбінації С2.

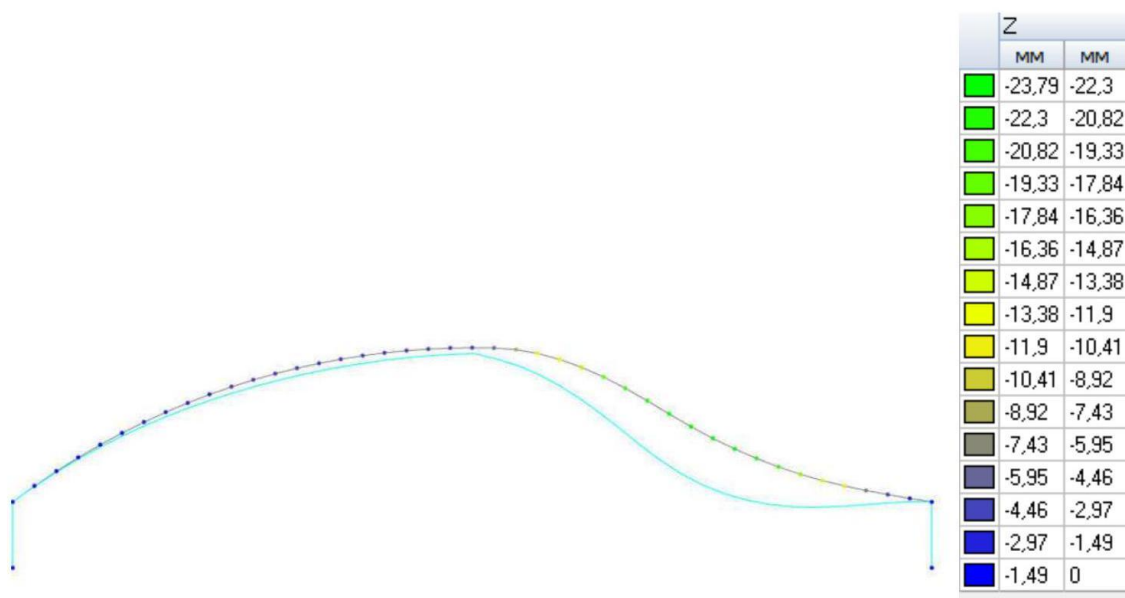


Рисунок 2.7 - Переміщення по  $Q_z$

Максимальне переміщення по  $Q_z$  у становить 23,79 мм, а по  $f_{ult} = 140$  мм.



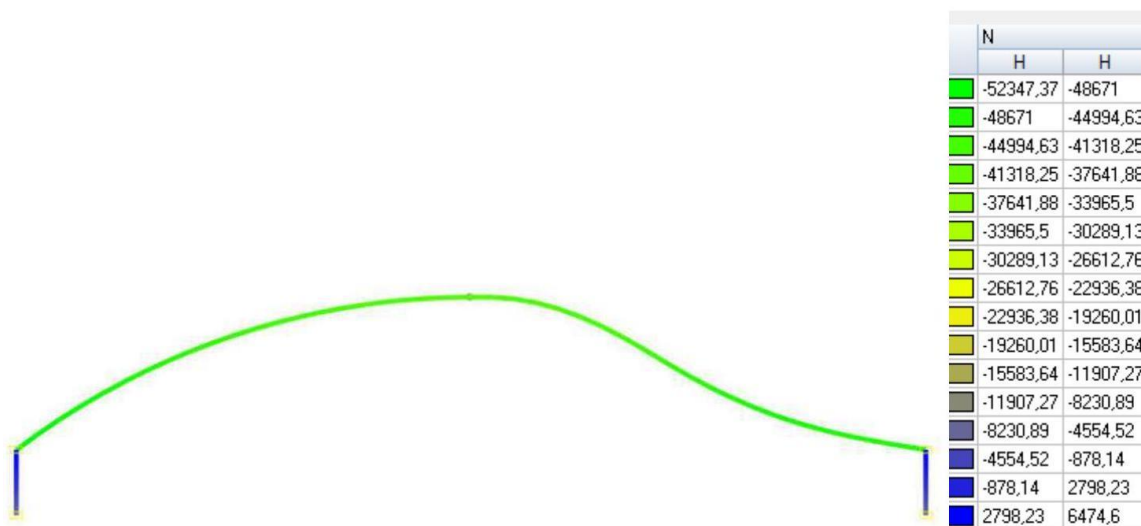
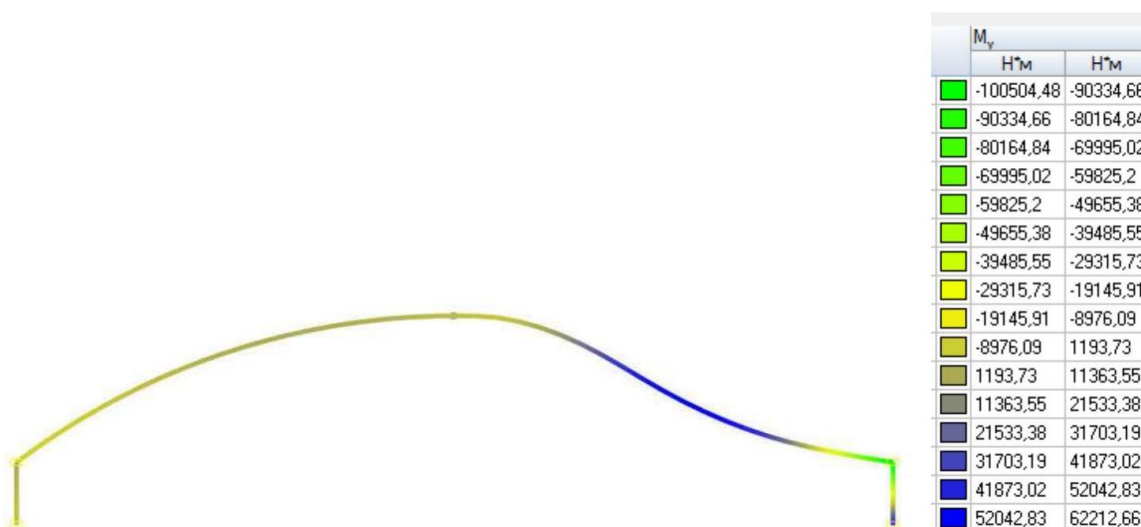
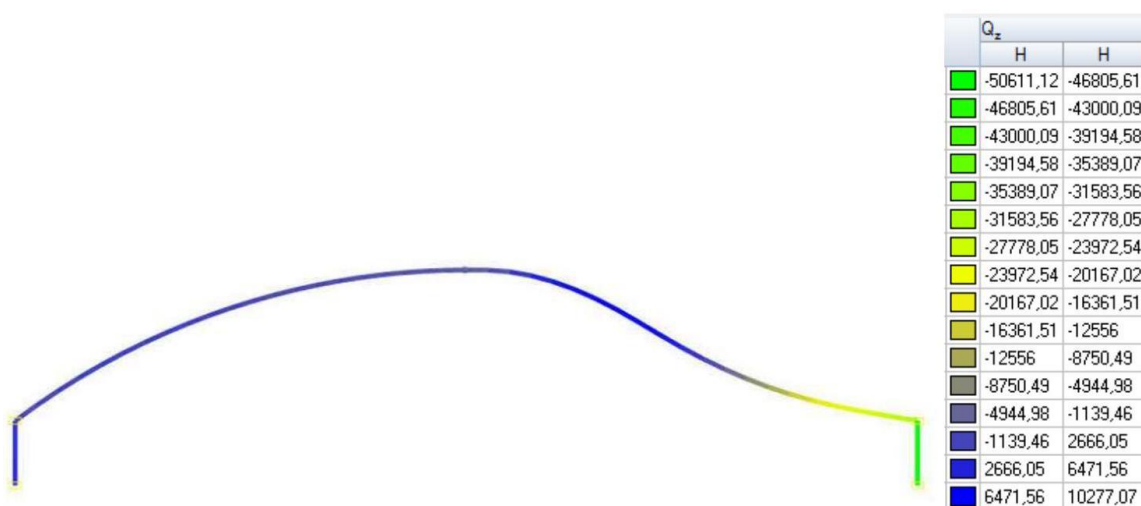


Рисунок 2.8 - Епюра N [кН]

Рисунок 2.9 - Епюра  $M_y$  [кН•м]Рисунок 2.10 - Епюра  $Q_z$  [кН]

### 2.3.3 Розрахунок конькового вузла

Конькові вузли розраховуються у вигляді плиткових шарнірів при прольотах арок понад 18 м. Приступаючи до конструювання вузла, визначаємо діаметр кріпильних болтів і розміри бічних пластин сталевго башмака з умови розташування болтів. Товщину опорної пластини приймаємо 40 мм, товщину бічних накладок сталевго башмака 20 мм.

Висота плиткового шарніра призначається конструктивно ( $h = 100$  мм). Розрахунок на зминання плиткового шарніра проводиться за формулою:

$$\sigma = \frac{N}{2rl} \leq R_{cd} \cdot \gamma_c \quad (2.3)$$

де  $N$  - поздовжнє зусилля в коньковому вузлі,  $N = 52347H$ ;

$r$  - радіус заокруглення плиткового шарніра, що дорівнює 150 мм;

$l$  - довжина плиткового шарніра, що дорівнює 160 мм;

$R_{cd}$  - розрахунковий опір сталі діаметральному стиску при вільному контакті,  $R_{cd} = \frac{0,025R_{un}}{\gamma_m}$  [2];

$\gamma_m$  - коефіцієнт надійності за матеріалом [2];

$\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи [2].

Виконуємо розрахунок на зминання за формулою 2.3:

$$\sigma = \frac{52347}{2 \cdot 150 \cdot 160} = 1,09 H/мм^2 \leq R_{cd} \cdot \gamma_c = \frac{0,025 \cdot 360 \cdot 0,9}{1,025} = 7,902 H/мм^2$$

Розрахунок кріплення сталевго башмака до арки полягає у перевірці умови, це необхідно, щоб рівнодіюча зусиль у найбільш навантаженому (крайньому) болті від дії розрахункової поперечної сили  $Q = 2666,05H$  та моменту в башмаку  $M_6$  не перевищувала його мінімальної несучої здатності, за формулою:

$$R_6 = \sqrt{\left(\frac{M_6 \cdot z_{max}}{n_6 \cdot \sum z_i^2}\right)^2 + \left(\frac{Q}{m_B}\right)^2} < [T_6] \cdot n_w \quad (2.4)$$

$[T_6]$  - мінімальна несуча здатність одного зрізу болта;

$n_{ш}$  - кількість зрізів (2 зрізи);

$M_6$  - розрахунковий момент у башмаку,  $M_6 = Q \cdot e$  ;

$e$  - відстань від осі шарніра до центру болтового з'єднання (200 мм);

$n_6$  - кількість болтів у крайньому ряді, паралельному осі елемента (2 штуки);

$m_6$  - загальна кількість болтів у башмаку (8 штук);

$z_i$  - відстань між осями болтів у напрямку, перпендикулярному осі елемента (100 мм);

$Z_{max}$  - максимальна відстань між осями болтів у тому ж напрямку (100 мм);

$\sum z_i^2$  - сума квадратів відстаней між рядами болтів.

Перевірка кріплення сталевго башмака до арки в коньковому вузлі:

$$M_6 = Q \cdot e = 2666,05 \cdot 200 = 533210 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$R_6 = \sqrt{\left(\frac{533210 \cdot 100}{2 \cdot (100^2 \cdot 100^2)}\right)^2 + \left(\frac{2666,05}{8}\right)^2} = 1374,05 \text{ Н/мм}^2$$

За умовою приймаємо болт М8 з класом міцності 3.6 [15]:

$$[T_6] \cdot n_{II} = 12100 \cdot 2 = 24200 \text{ Н} < R_6 = 1374,05 \text{ Н/мм}^2 < [T_6] \cdot n_{II} = 24200 \text{ Н/мм}^2 - \text{умова виконується.}$$

Приймаємо для кріплення сталевго башмака в коньковому вузлі арки 8 болтів М8.

### 2.3.4 Розрахунок опорного вузла

При прольотах понад 18 м опорні вузли вирішуються у вигляді класичних шарнірів. Конструкція опорних вузлів аналогічна конструкції конькових вузлів арок, розрахунок такого вузла виконуємо за формулами 2.3, 2.4. У вузлах арок внаслідок опори неповним перерізом через сталеві башмаки виникають місцеві напруження. Конструктивно ці ділянки арок посилюються фанерними накладками на клею, стяжними хомутами або вкесеними арматурними стрижнями.

Виконуємо розрахунок на зминання в опорному вузлі при навантаженні  $N = 48671 \text{ Н}$  за формулою 2.3:

$$\sigma = \frac{48671}{2 \cdot 150 \cdot 160} = 1,01 \text{ Н/мм}^2 \leq R_{cd} \cdot \gamma_c = \frac{0,025 \cdot 360 \cdot 0,9}{1,025} = 7,902 \text{ Н/мм}^2$$

Перевірка кріплення сталевго башмака до арки в опорному вузлі за формулою 2.4:

$$M_6 \quad Q \cdot e = 46805,61 \cdot 100 = 4680561 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

$$R_6 \quad \sqrt{\left(\frac{4680561 \cdot 100}{2 \cdot (100^2 \cdot 100^2)}\right)^2 + \left(\frac{46805,61}{4}\right)^2} = 16548,29 \text{ Н/мм}^2$$

За умовою приймаємо болт М8 з класом міцності [15]:

$$[T_6] \cdot n_{ш} = 12100 \cdot 2 = 24200 \text{ Н} < R_6 = 16548,29 \text{ Н/мм}^2 < [T_6] \cdot n_w = 24200 \text{ Н/мм}^2 - \text{умова виконується.}$$

Приймаємо для кріплення сталевго башмака в опорному вузлі арки 4 болти М8.

## 2.4 Розрахунок колони

Підбір арматури в колоні виконуємо за допомогою програми «Арбат» програмного комплексу SCAD.

Характеристики бетону та арматури. Для колон обираємо важкий бетон В30 з такими характеристиками:

$R_b = 17 \text{ МПа}$  [26];  $R_{bt} = 1,15 \text{ МПа}$  [24];  $E_b = 21 \cdot 10^{-3} \text{ МПа}$  [26]; Клас арматури згідно з [26] поздовжньої — А 500, поперечної — А240 з наступними характеристиками:

А500

$$R_s = 435 \text{ МПа} [26];$$

$$R_{sc} = 435 \text{ МПа} [26];$$

$$E_b = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} [26];$$

А240

$$R_s = 210 \text{ МПа} [26];$$

$$R_{sc} = 210 \text{ МПа [26];}$$

$$E_b = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

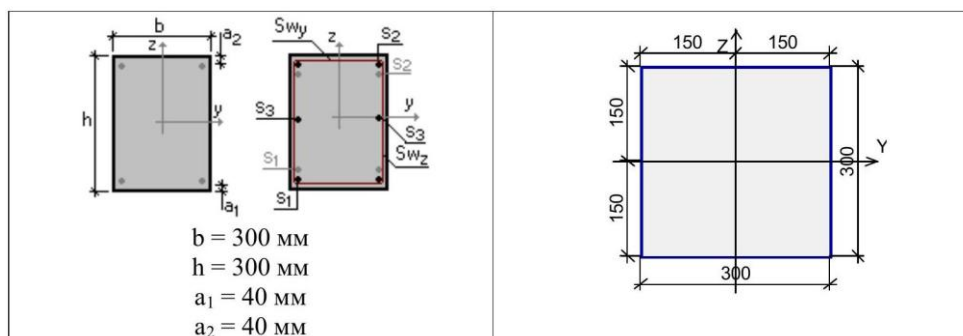


Рисунок 2.11 - Перетин колони



Рисунок 2.12 - Схема ділянок

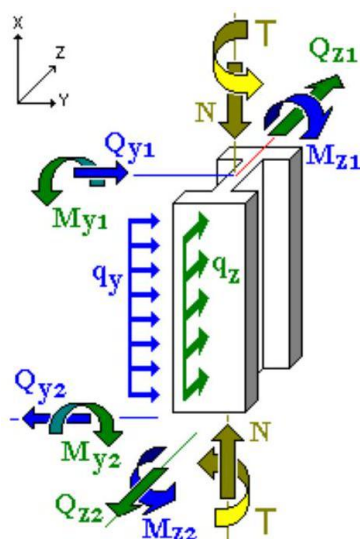


Рисунок 2.13 - Схема завантаження колони

Значення навантажень на колону наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Навантаження на колону

|          |               |          |       |
|----------|---------------|----------|-------|
| N        | 6774 Н        | T        | 0 Н м |
| $M_{y1}$ | 11363,55 Н м  | $M_{z1}$ | 0 Н м |
| $Q_{z1}$ | -8028,805 Н   | $Q_{y1}$ | 0 Н   |
| $M_{y2}$ | -19145,91 Н м | $M_{z2}$ | 0 Н м |
| $Q_{z2}$ | -8028,805 Н   | $Q_{y2}$ | 0 Н   |
| $q_z$    | 319 Н/м       | $q_y$    | 0 Н/м |

Коефіцієнт надійності за навантаженням: 1,1

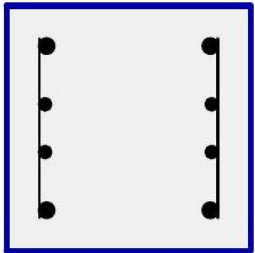
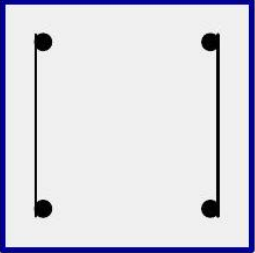
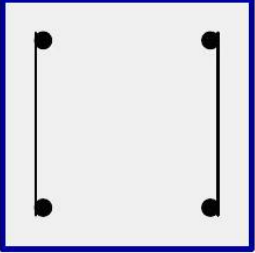
Коефіцієнт тривалої частини: 1

Враховано власну вагу

Коефіцієнт включення власної ваги: 1,1

Результати підбору арматури в колоні наведено в таблиці 2.9 .

Таблиця 2.9 - Підбір арматури колони

| Ділянка | Довжина<br>(м) | Арматура                                                                                                                                                                                                                                                          | Перетин                                                                               |
|---------|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1       | 2,3            | $S_1 - 2\varnothing 18$<br>$S_2 - 2\varnothing 18$<br>$S_3 - 2\varnothing 12$<br>Поперечна арматура вздовж осі Z 1 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 100 мм<br>Поперечна арматура вздовж осі Y 1 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 100 мм |  |
| 2       | 1              | $S_1 - 2\varnothing 18$<br>Поперечна арматура вздовж осі Z 4 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 250 мм<br>Поперечна арматура вздовж осі Y 4 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 250 мм                                                       |  |
| 3       | 0,5            | $S_1 - 2\varnothing 18$<br>Поперечна арматура вздовж осі Z 3 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 80 мм<br>Поперечна арматура вздовж осі Y 3 $\varnothing 8$ ,<br>крок поперечної арматури 80 мм                                                         |  |

Вимоги до ширини розкриття тріщин полягають в умові збереження арматури. Допустима ширина розкриття тріщин: нетривале розкриття 0,4 мм, тривале розкриття 0,3 мм.

Результати розрахунку щодо підбору арматури в колоні наведено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Результати розрахунку підбору арматури в колоні

| Ділянка | Коеф. використ. | Перевірка                                                       |
|---------|-----------------|-----------------------------------------------------------------|
| 1       | 0,009           | Міцність за граничною поздовжньою силою перерізу                |
|         | 0,487           | Міцність за граничним моментом перерізу                         |
|         | 0,143           | Деформації в стиснутому бетоні                                  |
|         | 0,028           | Деформації в розтягнутій арматурі                               |
|         | 0,012           | Поздовжня сила з урахуванням прогину при гнучкості $L_0/i > 14$ |
|         | 0,573           | Ширина розкриття тріщин (короткочасна)                          |
|         | 0,764           | Ширина розкриття тріщин (тривала)                               |
|         | 0,023           | Міцність по бетонній смузі між похилими перерізами              |
|         | 0,112           | Міцність по похилому перерізу                                   |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoY$                              |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoZ$                              |
| 2       | 0,007           | Міцність за граничною поздовжньою силою перерізу                |
|         | 0,245           | Міцність за граничним моментом перерізу                         |
|         | 0,055           | Деформації в стиснутому бетоні                                  |
|         | 0,012           | Деформації в розтягнутій арматурі                               |
|         | 0,006           | Поздовжня сила з урахуванням прогину при гнучкості $L_0/i > 14$ |
|         | 0,023           | Міцність по бетонній смузі між похилими перерізами              |
|         | 0,088           | Міцність по похилому перерізу                                   |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoY$                              |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoZ$                              |
| 3       | 0,005           | Міцність за граничною поздовжньою силою перерізу                |
|         | 0,404           | Міцність за граничним моментом перерізу                         |
|         | 0,084           | Деформації в стиснутому бетоні                                  |
|         | 0,02            | Деформації в розтягнутій арматурі                               |
|         | 0,006           | Поздовжня сила з урахуванням прогину при гнучкості $L_0/i > 14$ |
|         | 0,023           | Міцність по бетонній смузі між похилими перерізами              |
|         | 0,05            | Міцність по похилому перерізу                                   |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoY$                              |
|         | 0,366           | Гранична гнучкість у площині $XoZ$                              |

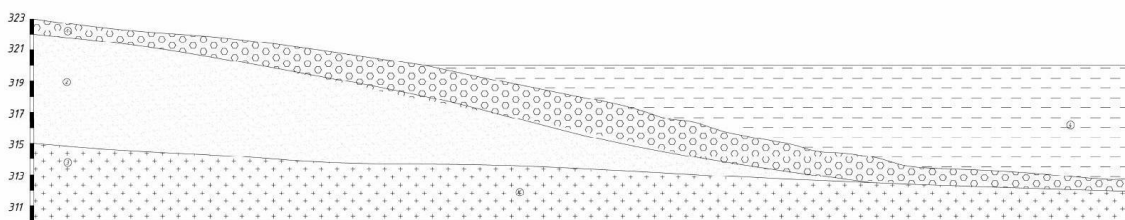
## РОЗДІЛ 3

### ОСНОВИ ТА ФУНДАМЕНТИ

#### 3.1 Інженерно-геологічні умови

Ділянка будівництва розташована на річці Серет. Геологічна будова ділянки вивчена до глибини 9,0 м. Істотну роль у формуванні сучасного рельєфу відіграла ерозійно-аккумулятивна діяльність річки Серет. Річка має добре розвинену асиметричну долину з заплавною та надзаплавними терасами, розташованими в лівобережній частині. Правий берег високий, обривистий, складений скельними породами.

Гравійно-галькова товща складена найдавнішими алювіальними відкладеннями річки Серет. Літологічно вони представлені галькою, гравієм, валунами з піщаним заповнювачем. Потужність давнього алювію 10 – 15 м.



1 - супісок з гравієм; 2 - гравій з піском; 3 - пісок крупний; 4 – вода.

Рисунок 3.1 - Інженерно-геологічний розріз

##### 3.1.1 Вибір варіанту фундаменту

Будівля теплиці буде розташована на воді. Виходячи з цієї особливості, необхідно розглянути всі види фундаментів, що підходять для даного типу експлуатації будівлі. При виборі фундаменту під будівлю теплиці розглядалися такі варіанти:

- залізобетонні понтони;
- металеві понтони;
- буронабивні палі в обсадній трубі;



- гвинтові палі;
- ряжеві опори.

Залізобетонні понтони - це збірна конструкція з важких залізобетонних модулів плавучості, виготовлених із застосуванням спеціального суднобудівного бетону. Як основа (палуба), так і борти міцно армовані; всі роботи з формувального лиття проводяться з розрахунку терміну служби конструкції до капітального ремонту не менше 20 – 50 років (залежно від моделі та умов експлуатації).

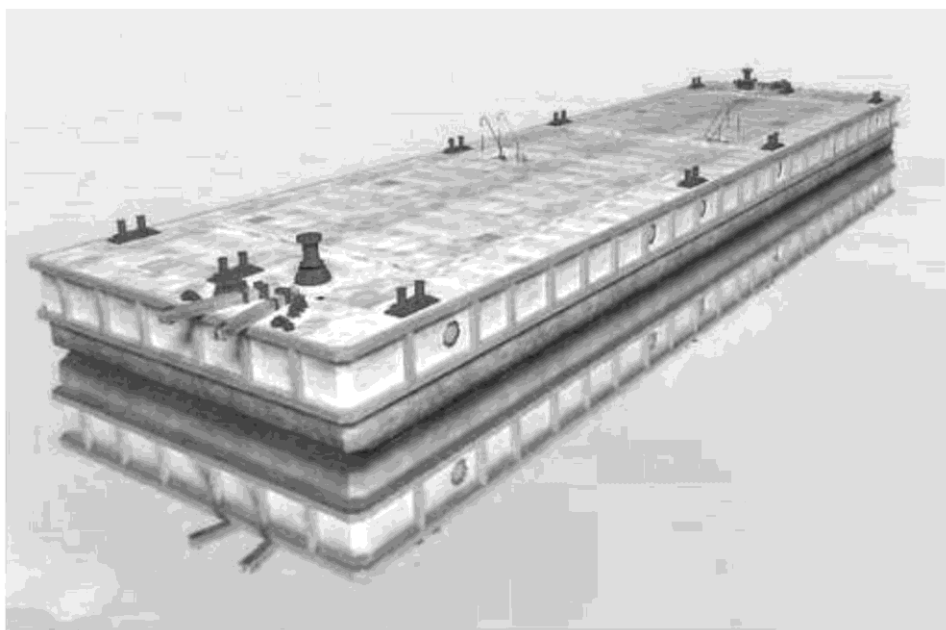


Рисунок 3.2 - Залізобетонний понтон

Металеві понтони - це плавзасіб, який, маючи позитивну плавучість, служить для утримання на воді та переміщення різних вантажів. Типовий металевий понтон складається з таких основних елементів: металевих поплавків, металевих платформ, систем кріплення швартових пальців, пальових замків, кранців та аксесуарів.

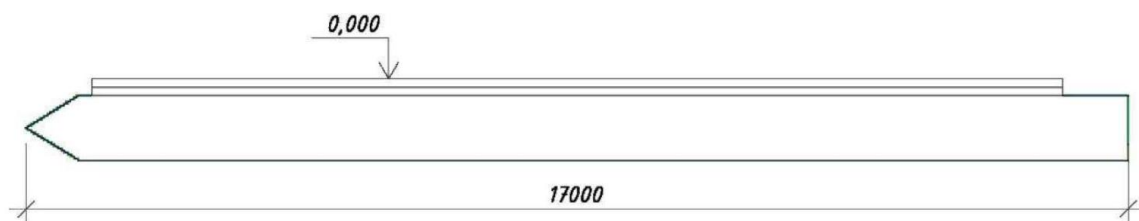


Рисунок 3.3 - Схема металевого понтона

Буронабивні палі в обсадній трубі - у тих випадках, коли фундамент для майбутньої споруди зводиться в умовах складних ґрунтів з великим ризиком їх зсуву, доцільно застосовувати буронабивні палі з обсадною трубою. Дана технологія, яка визнається однією з найбільш безпечних, також використовується в тих випадках, коли майбутню будівлю планується звести на території, що характеризується щільною забудовою.

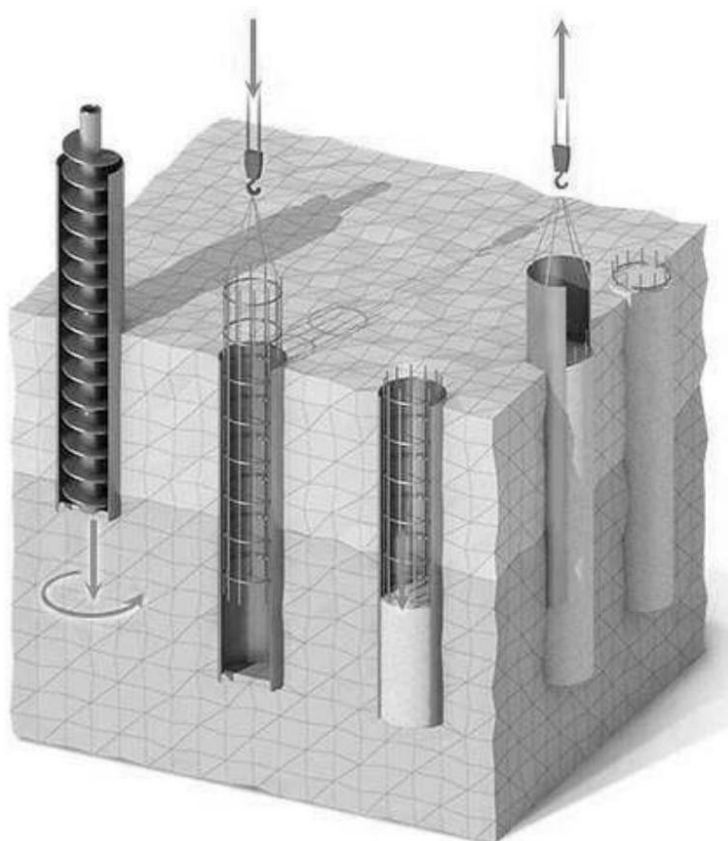


Рисунок 3.4 - Схема влаштування буронабивних паль в обсадній трубі

Гвинтові палі - однією з найважливіших переваг пальово-гвинтових фундаментів є їх стійкість до корозії. Ця якість робить їх незамінними при зведенні об'єктів, розташованих у безпосередній близькості від води. Пальові основи чудово почуваються в агресивному водному середовищі, зокрема в морській та прісній воді, що дозволяє використовувати їх як опору для пірсів та причалів.

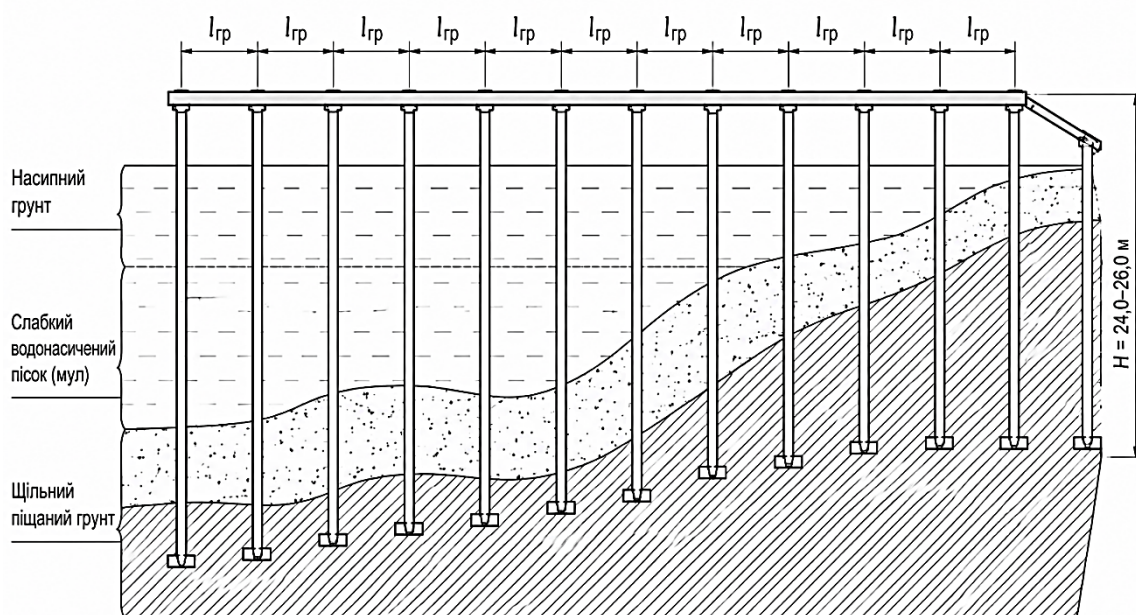


Рисунок 3.5 - Схема гвинтових паль

Ряжеві опори - використовують у мостах через річки, дно яких складається з ґрунтів, і не допускають забивання паль. Конструкція ряжа являє собою дерев'яний зруб з колод з днищем, заповненим каменем. Вінці ряжа укладають впритул або з просвітами не більше половини діаметра. Улаштування просвітів дає можливість зменшити витрату лісу, але вимагає застосування великого каменю і збільшує осідання стін ряжа.

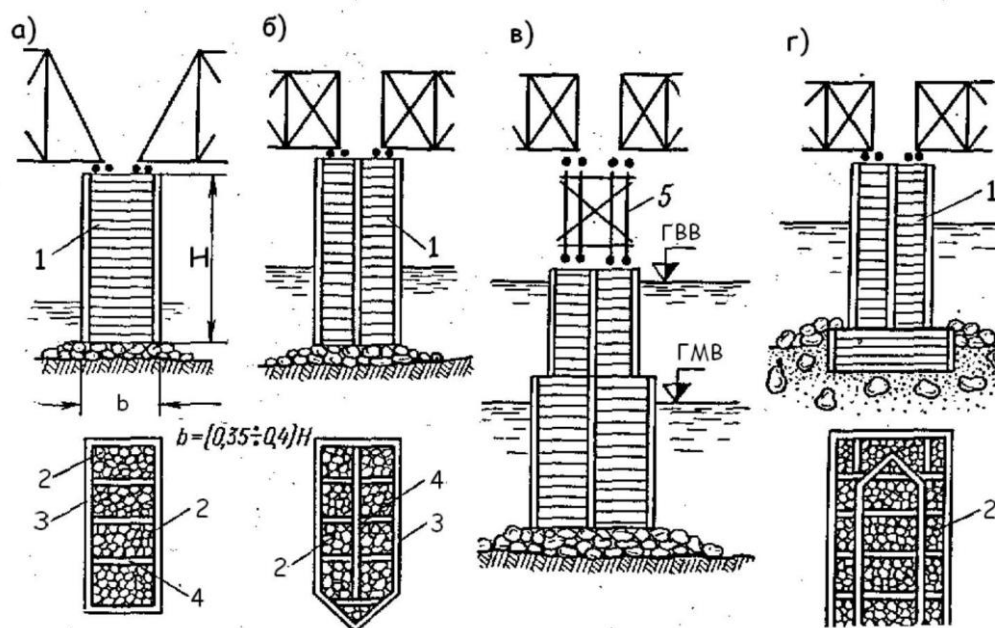


Рисунок 3.6 - Схема ряжевих опор

## 3.2 Проектування та розрахунок фундаменту

### 3.2.1 Збір навантажень на фундамент

Для подальшого розрахунку необхідно визначити навантаження на фундамент.

Таблиця 3.12 - Постійні нормативні навантаження на фундамент

| № | Назва навантаження    | Т/ М <sup>2</sup> |
|---|-----------------------|-------------------|
| 1 | Покриття              | 0,0137            |
| 2 | Арка                  | 0,230             |
| 3 | Колони                | 0,970             |
| 4 | Стіни                 | 0,020             |
| 5 | Покриття підлоги      | 0,103             |
|   | Загальне навантаження | 1,337             |

### 3.2.2 Проектування фундаменту із залізобетонних понтонів

Необхідно підібрати збірні залізобетонні понтони, що витримують навантаження 1,3 т/м<sup>2</sup>. В якості фундаменту під теплицю обираємо залізобетонні понтони виготовлених із застосуванням спеціального суднобудівного бетон». Даний вид модулів витримує навантаження до 25 т/м<sup>2</sup>. Перевагою таких понтонів є моделювання плавучих майданчиків різних розмірів. Основи та борти понтона міцно армовані, термін служби не менше 20 – 50 років. Усередині модуля плавучості укладені блоки пінопласту, що забезпечують гарантовану непотоплюваність.

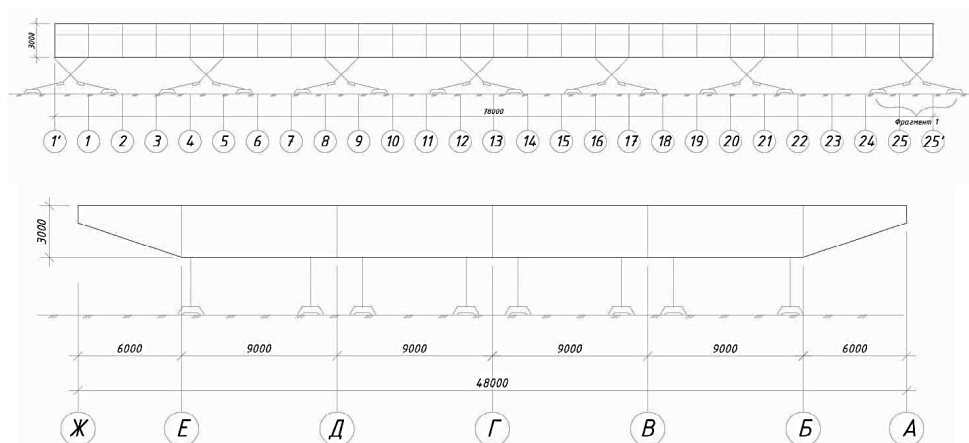


Рисунок 3.7 — Схема залізобетонного понтона

Система набору поперечна. Характеризується наявністю однакових шпангоутних рам, розташованих рівномірно по всій довжині через 1,5 м. Має дві поздовжні перебірки товщиною 50 мм. Товщина бортів, днища, палуби та транців 60 мм. Габарити понтона  $45 \times 25 \times 4$  м. Вантажопідйомність

Переваги залізобетонних понтонів:

- довговічність;
- не потребує частих ремонтних робіт;
- має дуже низький центр ваги, максимально наближений до рівня води, тому може забезпечити необхідну стійкість для споруд для утримання плавучих гідротехнічних споруд слід застосовувати гнучкі якірні зв'язки з якірних ланцюгів з гравітаційними залізобетонними або чавунними якорями та залізобетонними або чавунними підвісними вантажами (або без них).

### 3.2.3 Проектування фундаменту з металевих понтонів

Основними критеріями вибору діаметра несучих труб є вантажопідйомність виробу та розмір водойми. Оскільки навантаження від будівлі становить  $1,33 \text{ т/м}^2$ , то обираємо сталевий понтон діаметром 1220 мм, довжиною 50 м. Матеріал настилу — сталевий прокат.

Таблиця 3.13 - Характеристики металевих понтонів

| Параметр                                     | Показник |
|----------------------------------------------|----------|
| Вантажопідйомність при осіданні $2/3 H$ , кг | 9300     |
| Критична маса вантажу, кг                    | 17000    |
| Маса, кг                                     | 12000    |
| Термін служби, років                         | 25       |
| Довжина, м                                   | 50       |
| Висота надводного борту, м                   | 0,7      |

Переваги металевих понтонів:

- не чутливі до коливань рівня води завдяки поплавку;
- стійкі при сильному водовитісненні завдяки масі;

- довговічні завдяки міцності металу та стійкості покриття до дії корозії;
- придатні до ремонту;
- не вимагають аналізу дна та встановлення опор;
- мобільні – за необхідності демонтуються та монтуються повторно, перевозяться автотранспортом.

### 3.2.4 Проектування фундаменту буронабивні палі в обсадній трубі

Вибір палі-стійки:

Беремо до уваги залізобетонні буронабивні палі круглого перетину діаметром 400 мм, виготовлені з бетону та арматури В15 6018АІІІ. Довжина палі з урахуванням закладення в ростверк на 400 мм та заглиблення в ґрунт на глибину 3 м становить 9 м.

Визначення несучої здатності палі-стійки:

Несуча здатність буронабивної палі-стійки визначається за [28]:

$$F_d = \gamma_c \cdot R \cdot A \quad (3.1)$$

де  $\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті(1,1) ;

$A$  - площа опори палі на ґрунт, м<sup>2</sup>, яка для паль суцільного перерізу приймається рівною площі поперечного перерізу;

$R$  - розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі:

$$R = R_m \left( 1 + 0,4 \frac{l_d}{d_f} \right) \quad (3.2)$$

де  $l_d$  - розрахункова глибина закладення палі в скельний ґрунт (0,7 м);

$d_f$  - зовнішній діаметр палі;

$R_m$  - розрахунковий опір масиву скельного ґрунту під нижнім кінцем палі-стійки ( $20000 \text{ кН/м}^2$ );

$K_s$  - коефіцієнт, що враховує зниження міцності через тріщинуватість скельних порід. Приймаємо за таблицею  $K_s = 0,8$ .

$$R = 20000 \left( 1 + 0,4 \frac{0,7}{0,4} \right) = 34000 \text{ кН/м}^2$$

$$F_d = 1,1 \cdot 34000 \cdot 0,16 = 5984 \text{ кН}$$

Знаходимо розрахункове навантаження, що передається на палю, виходячи з умови за формулою:

$$N \leq \frac{F_d \cdot \gamma_n}{\gamma_{c.g}} \quad (3.3)$$

де  $N$  - розрахункове навантаження, що передається на палю (поздовжнє зусилля, що виникає в ній від розрахункових навантажень, що діють на фундамент при найбільш невідгідному їх поєднанні).

$\gamma_n$  - коефіцієнт надійності за відповідальністю споруди (1);

$\gamma_{c.g}$  - коефіцієнт надійності за ґрунтом, що приймається рівним (1,4).

$$N \leq \frac{5984 \cdot 1}{1,4} = 4274,29 \text{ кН}$$

Несуча здатність за матеріалом:

$$F_{dm} = \varphi \cdot (R_b \cdot A_b + R_{sc} \cdot A_s) \quad (3.4)$$

коефіцієнт, що враховує поздовжній вигин палі, дорівнює 1,0;

$R_b$  - розрахунковий опір бетону стиску,  $R_b = 8,6 \text{ МПа}$ ;

$A_b$  - площа бетону  $A_b = 0,16 - 0,00153 = 0,158 \text{ м}^2$ ;

$R_{sc}$  - розрахунковий опір арматури стиску,  $R_{sc} = 225 \text{ МПа}$ ;

$A_s$  - площа арматури  $A_s = 6 \cdot 3,14 \cdot 0,018^2 / 4 = 0,00153 \text{ м}^2$ ;

$$F_{dm} = 1,0 \cdot (8600 \cdot 0,638 + 225000 \cdot 0,00153) = 5831,05 \text{ кН}$$

Визначення кількості паль-стійок у ростверку:

$$n = \frac{N_{0I}}{F_d} \quad (3.5)$$

де:  $\gamma_k$  - коефіцієнт надійності, що дорівнює 1,4;

$N_{0I}$  - розрахункове навантаження, що передається на фундамент:

$$N_{0I} = N_{0II} \times 1,2 \quad (3.6)$$

$$n = \frac{N_{0I}}{F_d} = 0,88 \approx 1 \text{ шт.}$$

За результатами розрахунку приймаємо 1 буронабивну паль-стійку в ростверку, яка буде спиратися на скельний ґрунт.

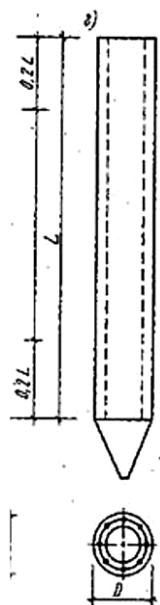


Рисунок 3.8 - Схема буронабивної палі

### 3.2.5 Проектування фундаменту ряжеві опори

Кути стін ряжа рубають без залишку «в лапу». На висоті двох-чотирьох вінців розташовують дно ряжа. Дно ряжа має зазори, розміри яких можна збільшити зі зростанням міцності ґрунту. Для щільного опори на ґрунт низ ряжа



заповнюють дрібним каменем або щебенем. Нижні вінці з'єднують з верхніми металевими хомутами, щоб при завантаженні каменем не відірвалося дно.

Через 2-3 м роблять поперечні перегородки для виключення випучування стін.

З метою економії риштування перегородки влаштовуються у вигляді розпірок висотою в кілька вінців, розташованих у шаховому порядку. У кутах ряжа та біля перегородок зводять вертикальні колоди (стискачі), що стягуються з вінцями болтами. Щоб не перешкоджати осіданню стін ряжа, отвори для болтів у стискачах роблять овальними.

У плані ряжам надають обтічну форму. Унизу (по фасаду) ширину ряжа приймають рівною 0,3 – 0,4 висоти для забезпечення стійкості ряжа.

Ряжева проміжна опора під пролітну конструкцію складається з прямокутної частини розміром  $6,66 \times 3,45$  і двох трикутників з верхньою та нижньою сторонами. Для зменшення звуження річки кути ряжа рубаються «в лапу». Для захисту від пошкодження крижинами та колодами, що пливуть по річці, ріжуча грань носової частини льодорубів оббита листовим залізом. Вінці ряжа посилені вертикальними стискачами, з'єднаними зі стінками болтами. Ряж розбитий на комірки розміром  $1,6 \times 1,6$  м середньою поздовжньою та двома поперечними стінками. З колод, розташованих у шаховому порядку між другим і третім, а також третім і четвертим вінцями, влаштовують дно ряжа. Нижні вінці скріплені металевими хомутами, що необхідно для запобігання відриву дна. У верхній частині ряжа врубані поперечні перегородки з чотирьох колод по висоті, на які спираються мауерлатні бруси, що служать опорами прогонової конструкції. Для захисту ряжа від підмивання навколо нього виконується кам'яна накидка.

При зведенні опор ряжа відбувається велика витрата каменю та значні витрати робочої сили.

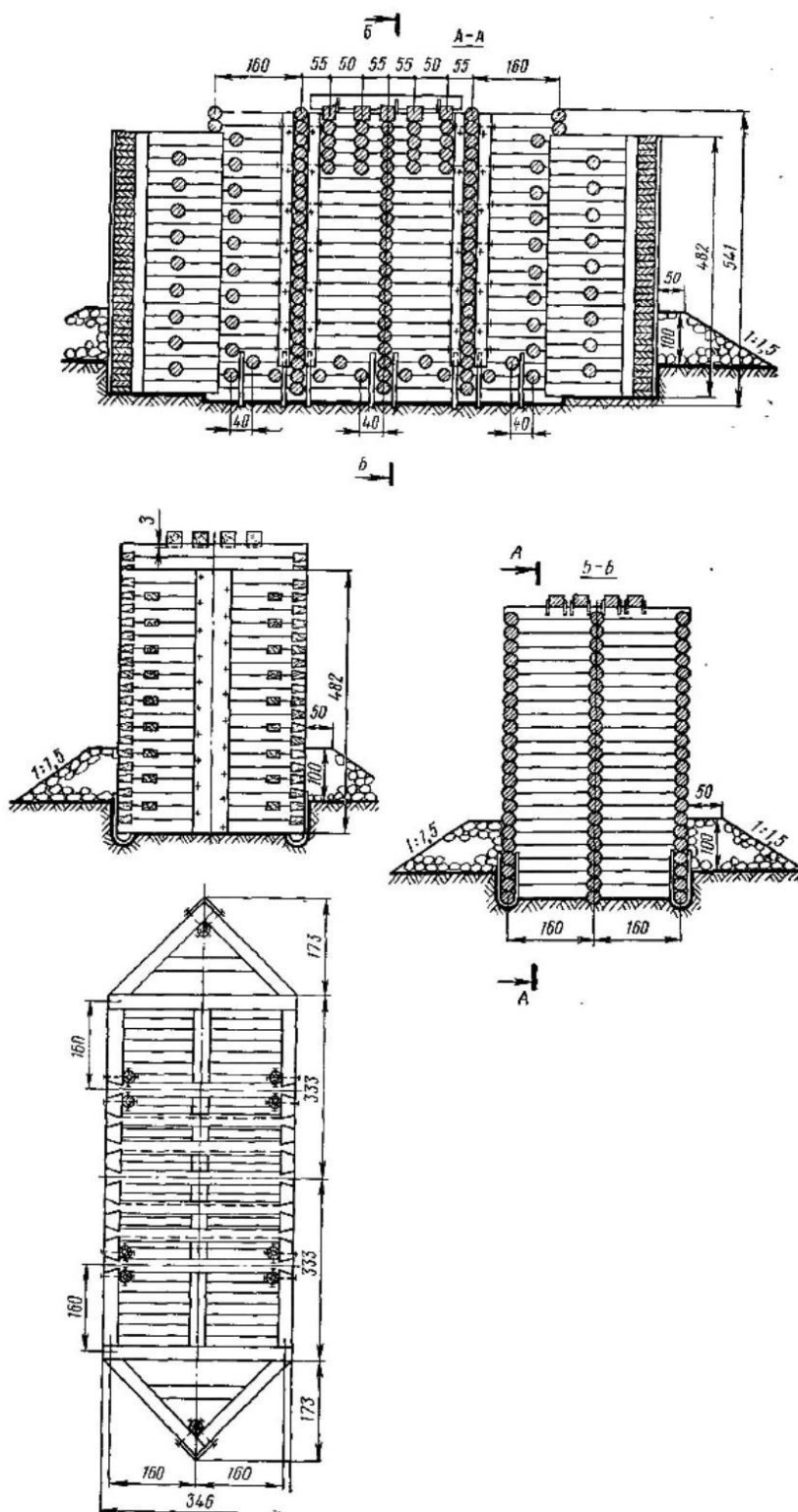


Рисунок 3.6 - Конструкція ряжевих опор

Недоліки опор на ряжах: внаслідок усадки колод поперек волокон стінки ряжа дають значне осідання, а також у межах коливання рівня води швидко загнивають. Опори звужують річку, дно її біля ряжів часто підмивається. Для

захисту опор від підмивання потрібне ретельне спостереження, що збільшує експлуатаційні витрати.

Висновок: фундамент на ряжевих опорах є не найкращим варіантом для даного проекту, оскільки в конструкції спостерігаються значні недоліки у вигляді значних деформацій, що в наслідку позначиться на експлуатаційних витратах, а також надійності та стійкості будівлі.

У проектному рішенні приймаємо основу із залізобетонних понтонів.

Сумарна номінальна потужність усіх встановлених електродвигунів становитиме:

$$P_1 = \sum P_M, \quad (3.14)$$

де  $P_M$  —потужність електродвигунів машин, механізмів, установок, кВт.

Споживана потужність для технологічних процесів (зварювання, розчинний насос):

$$P_2 = \sum P_T, \quad (3.15)$$

де  $P_T$  - споживана потужність технологічного процесу, кВт.

Сумарна потужність освітлювальних приладів та пристроїв для внутрішнього освітлення визначається як:

$$P_3 = \sum P_{OB}, \quad (3.16)$$

де  $P_{OB}$  - потужність освітлювального приладу або установки, кВт.

Сумарна потужність освітлювальних приладів та пристроїв для зовнішнього освітлення об'єктів і території:

$$P_4 = \sum P_{oH}, \quad (3.17)$$

де  $P_{oH}$  - потужність освітлювального приладу або установки, кВт.

Споживана потужність зварювальними трансформаторами:

$$P_5 = \sum P_{зв}, \quad (3.18)$$

де  $P_{зв}$  - потужність зварювального трансформатора, кВт.

Загальний показник необхідної потужності для будівельного майданчика становитиме:

$$P = \alpha \cdot (K_{1c} P_1 / \cos \varphi_1 + K_{2c} P_2 / \cos \varphi_2 + K_{3c} P_3 + K_{4c} P_4 + K_{5c} P_5), \quad (3.19)$$

Де  $\alpha$  — коефіцієнт втрат потужності в мережах залежно від їхньої довжини, перерізу тощо,  $\alpha = 1,05 - 1,1$  ;

$\cos \varphi_1$  — коефіцієнт потужності для груп силових споживачів електродвигунів (дорівнює 0,7);

$\cos \varphi_2$  - коефіцієнт потужності для технологічних споживачів (дорівнює 0,8);

$K_{1c}$  - коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів;

$K_{2c}$  - те саме, для технологічних споживачів (дорівнює 0,4);

$K_{3c}$  - те саме, для внутрішнього освітлення (0,8);

$K_{4c}$  - те саме, для зовнішнього освітлення (дорівнює 0,9);

$K_{5c}$  - те саме, для зварювальних трансформаторів (до 3 шт.—0,8; 3 – 5 шт. 0,6; 5 – 8 шт.—0,5; 8 шт.—0,4 ).

Розрахунок електроспоживання:

$P_1 = 77 \text{ кВт}$ ;  $K_{1c} = 0,2$ ;  $\cos \varphi = 0,5$  - кран;

$$P_2 = 30 \cdot 5 = 180 \text{ кВт}; K_{2c} = 0,8; \cos\varphi = 1 - \text{внутрішнє освітлення};$$

$$P_3 = 40 \cdot 6 = 240 \text{ кВт}; K_{3c} = 1; \cos\varphi = 1 - \text{зовнішнє освітлення};$$

$$P_4 = 4 \text{ кВт}; K_{1c} = 0,5; \cos\varphi = 0,65 - \text{розчинний насос};$$

$$P_5 = 7,7 \cdot 1 = 7,7 \text{ кВт}; K_{1c} = 0,35; \cos\varphi = 0,6 - \text{зварювальний}$$

$$P = 1,1 \cdot (0,2 \cdot 77 \cdot 2/0,5 + 0,8 \cdot 180/1 + 1 \cdot 240/1 + 0,5 \cdot 4 \cdot 4/0,65 + 0,35 \cdot 7,7/0,6) = 61,6 + 144 + 240 + 12,3 + 4,5 = 462,4 \text{ кВт}$$

Для забезпечення будівельного майданчика приймаємо трансформаторну підстанцію СКТП - потужністю 560 кВт (довжина - 3,4 м, ширина - 2,27 м).

## **РОЗДІЛ 4**

### **ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ**

Під час будівництва об'єкта необхідно дотримуватися вимог охорони праці та правил техніки безпеки на будівельному майданчику. У цьому розділі, керуючись нормативними документами, наведено основні правила техніки безпеки при виконанні певних робіт на будівельному майданчику.

#### **4.1 Загальні положення безпеки умов праці на будівельному майданчику**

Організація забезпечення безпечних умов охорони праці здійснюється відповідно до чинного законодавства. Під час будівництва теплиці передбачається призначення осіб, відповідальних за забезпечення безпеки та охорони праці.

Призначені працівники повинні виконувати обов'язки з охорони праці з урахуванням займаної посади в обсязі посадових інструкцій або інструкцій з охорони праці.

#### **4.2 Вимоги безпеки при складуванні матеріалів і конструкцій**

Повинні дотримуватися такі вимоги техніки безпеки при складуванні матеріалів:

- складування матеріалів, прокладення транспортних шляхів, влаштування опор повітряних ліній електропередачі та зв'язку повинні здійснюватися за межами призми обвалення ґрунту незакріплених виїмок (котлованів, траншей), а їх розміщення в межах призми обвалення ґрунту біля виїмок із кріпленням дозволяється за умови попередньої перевірки стійкості закріпленого укосу за паспортом кріплення або розрахунком з урахуванням динамічного навантаження.
- матеріали та конструкції потрібно розміщувати відповідно до цих норм і правил з охорони праці на вирівняних майданчиках, вживаючи заходів проти

самовільного зміщення, просідання, осипання та розкочування матеріалів, що складаються.

Складські майданчики необхідно захистити від поверхневих вод.

– матеріали, вироби, конструкції та обладнання при складуванні на будівельному майданчику та робочих місцях повинні розміщуватися наступним чином:

– стінові панелі — у касети або піраміди (панелі перегородок — у касети вертикально);

– колони — у штабель висотою до 2 м на підкладках і з прокладками; великогабаритне та важке обладнання та його частини — в один ярус на підкладках;

– скло в ящиках і рулонні матеріали — вертикально в 1 ряд на підкладках;

– складування інших матеріалів, конструкцій та виробів слід здійснювати відповідно до вимог стандартів та технічних умов на них.

– між штабелями (стелажми) на складах повинні бути організовані проходи шириною не менше 1 м і проїзди, ширина яких залежить від габаритів транспортних засобів та вантажно-розвантажувальних механізмів, що обслуговують склад.

– не допускається притуляти (опирати) матеріали та вироби до огорож, дерев та елементів тимчасових і капітальних споруд.

#### **4.3 Безпека при виконанні транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт**

Згідно з [33] повинні дотримуватися такі вимоги техніки безпеки при виконанні транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт:

– при виконанні транспортних та вантажно-розвантажувальних робіт у будівництві, промисловості будівельних матеріалів та будівельній індустрії залежно від виду транспортних засобів поряд з вимогами цих правил та норм

необхідно дотримуватися правил з охорони праці на автомобільних перевезеннях, міжгалузевих правил з охорони праці та державних стандартів;

- транспортні засоби та обладнання, що застосовуються для вантажно-розвантажувальних робіт, повинні відповідати характеру вантажу, що переробляється;

- майданчики для вантажно-розвантажувальних робіт необхідно спланувати з ухилом не більше  $5^\circ$ , а їх розміри та покриття повинні відповідати проекту виконання робіт. у відповідних місцях необхідно встановити написи: «в'їзд», «виїзд», «розворот» тощо;

- спуски та підйоми повинні очищатися від льоду та снігу і посипатися піском або шлаком у зимовий час;

- естакади, з яких розвантажуються сипучі вантажі, повинні бути розраховані з певним запасом міцності на сприйняття повного навантаження вантажного автомобіля певної марки, обладнані показчиками допустимої вантажопідйомності, а також повинні огорожуватися з боків і обладнуватися колесовідбійними брусами.

На майданчиках для навантаження та розвантаження тарних вантажів (тюків, бочок, рулонів тощо), що зберігаються на складах і в пакгаузах, необхідно влаштувати платформи: естакади, рампи висотою, що дорівнює рівню підлоги кузова автомобіля.

Рух автомобілів на виробничій території, вантажно-розвантажувальних майданчиках та під'їзних шляхах до них повинен регулюватися загальноприйнятими дорожніми знаками та показниками.

При розміщенні автомобілів на вантажно-розвантажувальних майданчиках відстань між автомобілями, що стоять один за одним (у глибину), повинна бути не менше 1 м, а між автомобілями, що стоять поруч (по фронту), не менше 1,5 м.

Якщо автомобілі встановлюють для навантаження або розвантаження поблизу будівлі, то між будівлею та заднім бортом автомобіля (або задньою точкою вантажу, що звисає) має дотримуватися інтервал не менше 0,5 м.



Відстань між автомобілем і штабелем вантажу повинна становити не менше 1 м.

Під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт слід дотримуватися вимог законодавства щодо граничних норм перенесення важких предметів та допуску працівників до виконання цих робіт.

Транспортувати матеріали на ношах по горизонтальному шляху дозволяється тільки у виняткових випадках і на відстань не більше 50 м.

Освітленість приміщень і майданчиків, де виконуються вантажно-розвантажувальні роботи, повинна відповідати вимогам відповідних будівельних норм.

Вантажно-розвантажувальні роботи повинні виконуватися, як правило, механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного обладнання та під керівництвом особи, призначеної наказом керівника організації, відповідальної за безпечне виконання робіт кранами.

Відповідальний за організацію вантажно-розвантажувальних робіт повинен перевірити справність вантажопідйомних пристроїв, такелажу, пристосувань, підмостків та іншого вантажно-розвантажувального обладнання, а також пояснити співробітникам їхні безпосередні обов'язки, послідовність виконання операцій, значення поданих сигналів та якість матеріалу, поданого до навантаження (розвантаження).

Механізований спосіб вантажно-розвантажувальних робіт є обов'язковим для вантажів вагою понад 50 кг, а також при підйомі вантажів на висоту понад 2 м.

Організаціями або фізичними особами, які використовують вантажопідйомні машини, повинні бути розроблені способи правильного стропування та зачеплення вантажів, яким повинні бути навчені стропальники та машиністи вантажопідйомних машин.

У місцях виконання вантажно-розвантажувальних робіт та в зоні роботи вантажопідйомних машин забороняється перебування осіб, які не мають безпосереднього відношення до цих робіт.

Присутність людей та пересування транспортних засобів у місцях можливого обвалення та падіння вантажів забороняються.

У випадках неоднакової висоти підлоги кузова автомобіля та платформи повинні застосовуватися трапи.

Для забезпечення безпеки під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт із застосуванням вантажопідйомного крана його власник та організація, що виконує роботи, зобов'язані дотримуватися таких вимог: на місці виконання робіт не допускається перебування осіб, які не мають відношення до виконання робіт; не дозволяється опускати вантаж на автомобіль, а також підіймати вантаж, коли в кузові або в кабіні автомобіля перебувають люди.

у місцях постійного завантаження та розвантаження автомобілів і напіввагонів повинні бути влаштовані стаціонарні естакади або навісні майданчики для стропальників.

Такелажні роботи або стропування вантажів повинні виконуватися особами, які пройшли спеціальне навчання, перевірку знань і мають посвідчення на право виконання цих робіт.

Для зачеплення та обв'язки (стропування) вантажу на гак вантажопідйомної машини повинні призначатися стропальники. В якості стропальників можуть допускатися інші робітники (такелажники, монтажники тощо), навчені за професією стропальника в порядку.

Способи стропування вантажів повинні виключати можливість падіння або ковзання застропованого вантажу. Установка (укладання) вантажів на транспортні засоби повинна забезпечувати стійке положення вантажу під час транспортування та розвантаження.

Під час виконання вантажно-розвантажувальних робіт не допускаються стропування вантажу, що знаходиться в нестійкому положенні, а також виправлення положення елементів стропувальних пристроїв на піднятому вантажі, відтягування вантажу при косому розташуванні вантажних канатів.

Підлоги та платформи, по яких переміщуються вантажі, повинні бути рівними та не мати щілин, вибоїн, набитих планок, стирчащих цвяхів.

Проходи для переміщення вантажів повинні відповідати вимогам державних стандартів.

Після закінчення вантажно-розвантажувальних робіт з небезпечними вантажами місця виконання робіт, підйомно-транспортне обладнання, вантажозахоплювальні пристосування та засоби індивідуального захисту повинні бути піддані санітарній обробці залежно від властивостей вантажу.

#### **4.4 Правила безпечного виконання робіт з розкріплення плавучої споруди**

Під час виконання будівельно-монтажних робіт з розкріплення плавучої споруди повинні бути виконані вимоги з техніки безпеки.

Роботи з установки плавучої споруди слід виконувати при хвилюванні моря не вище двох балів і силі вітру не більше п'яти балів.

В акваторії, у місці виконання робіт з установки плавучої споруди, повинні бути встановлені попереджувальні сигнали та знаки. Місце роботи слід огородити віхами на якорях і світловими буями. Світлові буї слід встановлювати на відстані не менше 25 м від кінця споруди, що зводиться, у бік моря. Відстань між несвітлячими знаками повинна бути не більше 25 м.

Маневри плавзасобів, що забезпечують виконання робіт з установки та якірного закріплення плавучої споруди, повинні бути здійснені відповідно до вимог морської практики, а водолазні та підводно-технічні роботи — відповідно до інструкцій та настанов.

На плавучі засоби та судна, що використовуються під час виконання робіт, має бути забезпечено своєчасне надсилання штормових попереджень та інших екстрених повідомлень, що стосуються забезпечення їх безпечної роботи.

На час роботи зі складання та кріплення плавучої споруди має бути організована рятувальна служба з необхідним оснащенням. Усі рятувальні засоби (шлюпка або човен, рятувальні кола, кидальні кінці, відпорні гаки, аптечка тощо) необхідно утримувати в повній готовності.

На кожну особу, зайняту в установці та кріпленні плавучої споруди, має бути передбачений рятувальний жилет. Біля місця виконання забортових робіт мають знаходитися додатковий рятувальний круг та кидальний канат.

Плавкрани повинні бути обладнані леєрними огорожами висотою не менше 0,9 м та тимчасовими трапами і сходами. Сходи повинні мати ширину не менше 550 мм та леєрну огорожу.

Для зменшення ковзання по палубах плавзасобів вони повинні бути очищені від плям масла, фарб, снігу, льоду та посипані піском.

Під час виконання робіт з розкріплення плавучої споруди заборонено:

- виконувати такелажні роботи при поганому освітленні;
- обмацувати руками отвори стикуваних елементів;
- носити багри гаком назад;
- укладати якорі та обладнання на круглі прокладки (труби, котки, колоди);
- перебувати під піднятим вантажем або на шляху його руху, поблизу або у напрямку тяги троса, що підбирається або стравлюється;
- користуватися зрощеними, що мають значну корозію та пошкодження, тросами, а також ланцюгами, що мають розтягнуті ланки або зношеність понад 15% ;
- здійснювати розстропування вантажу доти, доки він надійно не встановлений на підкладки;
- використовувати кувалди та молотки для заведення на гак стропів або ланцюгів, якими закріплено вантаж;
- перебувати всередині бухт і поблизу бухт тросів, що стравлюються, або розкладок ланцюгів, що стравлюються;
- виконувати роботи за бортом між двома понтонами, що стоять поруч, або причалом і судном;
- скорочувати ланцюги (троси) зав'язуванням вузлів;

- виконувати роботи з підйому плавкраном (кілектором) якорів, підвісних масивів та елементів з'єднувального мосту при сильному хитанні плавучої споруди або крана (кілектора);
- у разі вимушеної перерви в роботах з підйому вантажу залишати вантаж на вазі більше п'яти хвилин;
- при двороговому гаку плавучого крана стропити вантаж за один рік.

При встановленні штанг, що з'єднують плавучу споруду з береговою кореневою частиною, слід передбачати страхувальну прив'язку такелажника, який виконує цю роботу. Береговий будівельний майданчик повинен бути обладнаний каналізаційними системами, що забезпечують подачу виробничих та господарсько-побутових стічних вод до постійних або тимчасових очисних споруд (установок).

Технічне обслуговування берегових будівельних машин і механізмів допускається тільки на спеціальних майданчиках. Заправку механізмів слід проводити за допомогою насосів, виключаючи розлив. Відпрацьовані паливно-мастильні матеріали машин і механізмів, будівельне та побутове сміття повинні бути зібрані в ємності та контейнери з подальшою утилізацією.

Поблизу об'єкта, що будується, має бути забезпечено прийом нафтовмісних, господарсько-фекальних стічних вод та сміття з берегової будівельної площадки та з плавучих будівельних механізмів і транспортних засобів, що застосовується на виробництві робіт, з подальшим їх видаленням з району будівництва.

#### **4.5 Вимоги пожежної безпеки**

На будівельному майданчику повинні дотримуватися такі вимоги пожежної безпеки.

Виробничі території повинні бути обладнані засобами пожежогасіння згідно.

У місцях, що містять горючі або легкозаймисті матеріали, куріння має бути заборонено, а користування відкритим вогнем допускається лише в радіусі понад 50м .

Не дозволяється накопичувати на майданчиках горючі речовини (жирні масляні ганчірки, тирсу або стружку та відходи пластмас), їх слід зберігати в закритих металевих контейнерах у безпечному місці.

Протипожежне обладнання повинно утримуватися в справному, роботоздатному стані. проходи до протипожежного обладнання повинні бути завжди вільними та позначені відповідними знаками.

На робочих місцях, де застосовуються або готуються клеї, мастики, фарби та інші матеріали, що виділяють вибухонебезпечні або шкідливі речовини, не допускаються дії з використанням вогню або такі, що викликають іскроутворення. Ці робочі місця повинні провітрюватися. Електроустановки в таких приміщеннях (зонах) повинні бути у вибухобезпечному виконанні. Крім того, повинні бути вжиті заходи, що запобігають виникненню та накопиченню зарядів статичної електрики.

Робочі місця, небезпечні з вибухо- або пожежної точки зору, повинні бути укомплектовані первинними засобами пожежогасіння та засобами контролю й оперативного оповіщення про загрозову ситуацію.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено проєкт тепличного комплексу, призначеного для вирощування рослин у захищеному ґрунті з підтриманням необхідних параметрів мікроклімату. Прийняті рішення поєднують виробничі тепличні блоки, адміністративно-побутові приміщення, технічні зони та інженерні системи, необхідні для організації технологічного процесу, обслуговування рослин і безпечної експлуатації споруди.

Архітектурно-планувальне рішення сформовано з урахуванням поділу виробничих, технічних та адміністративно-побутових процесів. Тепличні блоки запроєктовано одноповерховими зі світлопрозорим покриттям, окремими евакуаційними виходами та приміщеннями для вирощування рослин. У складі комплексу передбачено тамбури, котельню, щитову, операторську, приміщення для зберігання інвентарю та адміністративно-побутову частину для персоналу.

Розміщення комплексу у водній акваторії поблизу Касперівської ГЕС визначило особливий підхід до вибору опорної системи. У роботі враховано снігові, вітрові та сейсмічні впливи, характерні для району будівництва, а також умови роботи споруди на воді. Це стало підставою для варіантного розгляду кількох фундаментно-опорних рішень, що відрізняються способом передавання навантажень на основу та конструктивною схемою закріплення комплексу.

Конструктивну систему тепличного блоку прийнято каркасною. Вертикальними несучими елементами є збірні залізобетонні колони, а покриття виконано у вигляді дерев'яних клеєних тришарнірних арок асиметричного контуру. Арки сприймають навантаження від скляного покриття, прогонів, снігу та вітру й передають їх на залізобетонні колони. Просторову жорсткість забезпечує спільна робота арок, колон, опорних вузлів і конструктивних зв'язків.

Для зовнішніх стін прийнято тришарові сендвіч-панелі з теплоізоляційним осердям, а покриття теплиці виконано зі скла. Таке рішення дає змогу поєднати необхідне природне освітлення виробничих зон із захистом рослин від атмосферних впливів. Виконані теплотехнічні розрахунки стінової огорожі та

покриття дали змогу обґрунтувати параметри зовнішніх конструкцій відповідно до умов експлуатації теплиці.

Внутрішнє оздоблення приміщень прийнято з урахуванням вологісного режиму, можливого впливу добрив, агресивних середовищ і потреби в регулярному очищенні поверхонь. Для підлог передбачено полімерцементне покриття, придатне для приміщень із помірними абразивними навантаженнями. Зовнішнє оздоблення виконано на основі сендвіч-панелей, що одночасно формують огорожувальну конструкцію та забезпечують захист утеплювача.

У проєкті опрацьовано комплекс інженерних систем, необхідних для вирощування рослин у контрольованому середовищі. Передбачено природну вентиляцію через світлоаераційні ліхтарі, рециркуляцію повітря, систему зашторювання, калориферне опалення із застосуванням теплового насоса, крапельний полив і подачу вуглекислого газу. Такі рішення спрямовані на підтримання температурно-вологісного режиму, регулювання освітленості та контрольоване забезпечення рослин водою і поживними речовинами.

У розрахунково-конструктивному розділі виконано збір постійних, снігових і вітрових навантажень на елементи арочної системи. Для розрахунку враховано власну вагу конструкцій, масу скляного покриття та прогонів, а також різні варіанти снігового й вітрового навантаження.

Окремо розраховано коньковий і опорний вузли арки. Для них визначено параметри плиткового шарніра, сталевих башмаків, бічних пластин і болтових з'єднань. Прийняті конструктивні рішення забезпечують передавання зусиль між елементами арки, можливість її монтажу та надійну роботу в межах прийнятої конструктивної схеми.

У роботі також виконано підбір арматури залізобетонних колон із використанням програмного модуля «Арбат». Розрахунок колон проведено з урахуванням навантажень від арочної конструкції та покриття, що дало змогу визначити необхідні параметри армування й забезпечити сумісну роботу вертикальних і горизонтальних несучих елементів.



У розділі основ і фундаментів розглянуто кілька варіантів опорних конструкцій для тепличного комплексу: залізобетонні понтони, металеві понтони, буронабивні палі в обсадній трубі та ряжеві опори. Порівняння виконано з урахуванням особливостей водної акваторії, характеру навантажень від надземної частини, умов монтажу та вимог до стійкості споруди. Такий підхід дозволяє обґрунтовано вибрати опорну систему для подальшого проєктування комплексу.

Заходи з охорони праці охоплюють вимоги до облаштування будівельного майданчика, складування матеріалів, виконання транспортних і вантажно-розвантажувальних робіт, монтажу конструкцій та робіт із розкріплення плавучої споруди. Особливу увагу приділено безпеці працівників під час роботи поблизу води, застосуванню вантажопідіймальних механізмів, огороженню небезпечних зон і дотриманню вимог пожежної безпеки.

У роботі послідовно виконано основні завдання проєктування тепличного комплексу: визначено вихідні умови будівництва, розроблено об'ємно-планувальні та конструктивні рішення, обґрунтовано огорожувальні конструкції та інженерне обладнання, проведено теплотехнічні розрахунки, виконано розрахунок дерев'яної тришарнірної арки, її вузлів і залізобетонних колон, розглянуто варіанти фундаментно-опорних систем та опрацьовано заходи з пожежної безпеки й охорони праці. Прийняті рішення відповідають офіційній темі бакалаврської кваліфікаційної роботи та забезпечують комплексний підхід до проєктування тепличного комплексу.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006 (зі змінами №1, чинними з 01.06.2020). – 68 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 (чинний з 01.11.2011)
4. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування.
5. ДБН В.2.6-98:2009 Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції.
6. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 Конструкції будинків і споруд. Конструкції сталезалізобетонні. Загальні технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 83 с.
7. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2006. – 96 с
8. Ігнат'єва, В. Б., & Шинкляр, Н. В. (2019, October). Аналіз способів посилення залізобетонних будівельних конструкцій. In *Scientific discoveries: projects, strategies and development*. European Scientific Platform.
9. Гудь, М. І., & Гиря, П. В. Властивості полімербетонів. Збірник тез доповідей XIII Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 28-28.
10. ДСТУ Б В.2.6-9:2008 Конструкції будинків і споруд. Профілі сталеві холодногнуті. Технічні умови. – К.: Мінрегіонбуд України, 2008. – 32 с.
11. Ігнат'єва, В. Б. (2019). Посилення несучих конструкцій фіброармованими системами та сталевими конструкціями. *Матеріали XXI наукової конференції Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*, 102-104.
12. Конончук, О. П., Лещук, М. Р., Винницький, М. В., Лещишена, О. В., Баріш, С. В., & Антоняк, Я. В. (3.5). Вивчення напружено-деформованого стану залізобетонних елементів таврового профілю. Матеріали XII Міжнародної науково-

практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 20-20.

13. Конончук, О. П., Хома, І. Б., & Чайковський, А. С. (3.6). Дослідження деформацій і зусиль в елементах каркасу будівлі від різного роду зовнішніх навантажень. Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів „Актуальні задачі сучасних технологій“, 9-10.

14. Закон України "Про пожежну безпеку". – Київ: Верховна Рада України, 1993.

15. ДБН А.3.2-2-2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення.

16. ДБН В.2.2-15:2019 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення.

17. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. – К.: Мінрегіонбуд України, 2016. – 96 с.

18. ДБН В.1.2-7:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека. – К.: Мінрегіон, 2021.

19. ДСТУ Б В.2.2-29:2011 Будинки і споруди. Будівлі підприємств. Параметри.

20. ДСТУ Б В.2.7-233:2010 Будівельні матеріали. Склопакети клеєні. Технічні умови. – К.: Мінрегіон України, 2010. – 38 с.

21. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2021 (чинний з 01.09.2022). – 23 с.

22. ДСТУ Б EN ISO 10077-1:2016 Теплотехнічні характеристики вікон, дверей та віконниць. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі. Частина 1. Загальна методика. – К.: Мінрегіон України, 2016. – 37 с.

23. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель з урахуванням якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики (EN 15251:2007, IDT). – К.: Мінрегіон України, 2011. – 72 с.

24. ДБН В.2.6-31:2016. Покриття підлог. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2016.

25. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд / Мінрегі-

онбуд України. — Київ: ДП «ДНДІБК», 2018. — Чинний з 01.01.2019.

26. ДСТУ 9208:2022 Бетони важкі. Технічні умови.

27. ДСТУ Б В.2.6-65:2008. Конструкції будинків і споруд. Палі залізобетонні забивні. Конструкція і розміри. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2008.

28. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. — 64 с.

29. Мещерякова, О. М., & Ясній, В. П. (2022). Вім: ефективний інструмент для реконструкції будівель та споруд. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві, 18, 61-70.

30. Ігнат'єва, В. Б., & Скакун, Д. В. (2018, November). Залежність фізико-механічних властивостей бетонних сумішей від виду модифікуючи добавок. In *Konferencja międzynarodowa "Naukowy i innowacyjny potencjał prezentacji"*.

31. Mykhailo, H., Ihnatieva, V., & Denys, B. (2024). Influence of mass distribution on natural vibrations of a reinforced concrete building frame.

32. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці та промислова безпека в будівництві. — Київ: Мінрегіон України, 2009. — 38 с.

33. ДБН В.1.2-5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2007. — 50 с.