

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

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

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

## Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект офісного комплексу в Луцьку з  
дослідженням роботи консольної конструкції

Виконав: студент 6 курсу, групи МБмд-61  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Тулайдан Я. М.</u> (підпис)	<u>Тулайдан Я. М.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Баран Д. Я.</u> (підпис)	<u>Баран Д. Я.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Мещерякова О. М.</u> (підпис)	<u>Мещерякова О. М.</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Ясній В.П.</u> (підпис)	<u>Ясній В.П.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u>Бобик М.П.</u> (підпис)	<u>Бобик М.П.</u> (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

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня Магістр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Тулайдану Ярославу Миколайовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект офісного комплексу в Луцьку з  
дослідженням роботи консольної конструкції

Керівник роботи Баран Денис Ярославович, к.т.н. доц.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

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

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

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

1. Архітектурний розділ. 2. Розрахунково-конструктивний розділ. 3. Науково-дослідна частина. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)  
8-10 листів формату А1

### 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Каспрук В.Б. доцент		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	Стручок В.С. ст. викладач		
Нормоконтроль	Мещерякова О. М. ст. викладач		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Архітектурний розділ		
2.	Розрахунково-конструктивний розділ		
3.	Науково-дослідна частина		
4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях		
5.	Графічне оформлення креслень		

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Тулайдан Я. М. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Баран Д. Я. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....	9
1.1 Опис і обґрунтування зовнішнього і внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації.....	9
1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва.....	10
1.3 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва.....	11
1.4 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення.....	12
1.5 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень із постійним перебуванням людей.....	12
1.6 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу.....	13
1.7 Опис рішень щодо світлозахисту об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден (за необхідності) .....	13
1.8 Опис рішень щодо декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів - для об'єктів невиробничого призначення .....	13
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ .....	14
2.1 Кліматичні умови району будівництва.....	14
2.2 Компонування конструктивної схеми .....	15
2.2.1 Визначення кроку елементів і поперечних розмірів каркаса конструкції .....	15

2.2.2 Влаштування зв'язків .....	17
2.3 Розрахунок і конструювання каркаса .....	18
2.3.1 Розрахункова схема.....	18
2.3.2 Збір навантажень.....	20
2.3.4 Основні результати розрахунку.....	28
2.4 Перевірка перерізів елементів .....	33
2.4.1 Перетин колони .....	33
2.4.2 Перевірка перерізу балки .....	37
2.4.5 Перевірка перерізу зв'язків.....	39
2.5 Проектування фундаментів.....	40
2.5.1 Оцінка інженерно-геологічних умов майданчика будівництва .....	40
2.6 Проектування стовпчастого фундаменту під колону в осях Б-20 .....	42
2.6.1 Визначення глибини закладення .....	42
2.6.2 Визначення навантажень, що діють на фундамент і основу .....	43
2.6.3 Визначення розмірів подошви фундаменту.....	43
2.6.4 Визначення розрахункового опору ґрунту основи.....	44
2.6.5 Перевірка умов розрахунку основи за деформаціями.....	45
2.6.6 Визначення середньої осадки основи методом пошарового підсумовування.....	46
РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ.....	49
3.1 Моделювання консолі .....	49
3.2 Конструктивні варіанти влаштування консолі .....	50
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	53
4.1 Охорона праці.....	53

4.1.1 Законодавчі акти України .....	53
4.1.2 Рішення з охорони праці .....	55
4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях .....	57
4.2.1 Заходи з та пожежної безпеки .....	57
ВИСНОВКИ .....	59
БІБЛІОГРАФІЯ .....	60

## ВСТУП

Як об'єкт дипломного проектування виступає офісна будівля з консольним вильотом 35 м у м. Луцьк.

Луцьк - адміністративний, економічний, культурний, науково-освітній, промисловий центр. Будівельна галузь нині є однією з провідних галузей економіки міста. Частка офісного сегмента в комерційній нерухомості міста висока, проте позначається обмеженість пропозиції якісних офісних об'єктів, що й зумовлює потребу в будівництві запроєктованої будівлі.

Загальна властивість будівель із консольним вильотом полягає в їхній унікальності. Вони не є об'єктами масового будівництва, що допускає застосування для них індивідуальних архітектурних і конструктивних рішень. Однак і для цього класу споруд доцільно використовувати уніфіковані стандартні елементи та модульну систему, якщо це не суперечить основним вимогам до них.

Вимоги до несучих конструкцій у таких будівлях мають суттєво залежати від призначення будівлі. Наприклад, для громадських будівель, що розташовуються зазвичай у центральній частині міста, домінують архітектурно-композиційні вимоги. Специфічні й вимоги до інтер'єру цих будівель, що забезпечує необхідний комфорт, а також раціональність і безпеку експлуатації.

**Актуальність теми.** Будівництво офісного центру створить можливості компаніям об'єднувати свої офісні приміщення в одному місці, що сприяє покращенню комунікації та співпраці між різними відділами та командами. Крім того, спільне використання інфраструктури, такої як конференц-зали, рецепції, кухні та інші зони, призводить до економії ресурсів і зменшення загальних витрат на утримання офісного простору.

Зручне розташування офісного центру біля транспортних вузлів та ключових об'єктів забезпечує легкий доступ для співробітників та клієнтів. Місце розташування у сучасному офісному центрі підвищить корпоративний образ компанії та зробить її більш привабливою для клієнтів та партнерів.

**Мета роботи:** Розробка проекту офісного центру з дослідженням роботи

консольної конструкції.

**Об'єкт досліджень** – консольна конструкція громадської будівлі.

**Предмет дослідження** – деформації та металоємність консольної просторової конструкції громадської будівлі в залежності від конфігурації решітки.

**Доцільність проведення** спричинена тим, що отримані висновки дозволять підвищити ефективність та тривалість використання несучих елементів в громадських будівель.

**Завдання роботи:**

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення будівлі офісного центру;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій будівлі офісного центру;
- створити скінченно-елементну модель каркасу консольної конструкції і визначити величини деформації та металоємність в залежності від конфігурації решітки;
- розробити заходи по охороні праці та цивільному захисту населення.

**Методи дослідження** – скінченно-елементний з використанням прикладного програмного пакету.

**Галузю застосування** результатів роботи є проектування нових, реконструкція та експлуатація існуючих громадських будівель.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика моделювання роботи консольної просторової конструкції громадської будівлі.

**Практичне значення отриманих результатів.** Отримані в роботі результати досліджень можуть бути використані для зведення нових та реконструкції існуючих громадських будівель.

**Апробація результатів** магістерської роботи виконана роботи виконана на XII Міжнародній науково-технічна конференція молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій» (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 6-7 грудня 2023 року).



**Публікація результатів магістерської роботи** здійснена у збірнику тез вищезазначеної конференції.

Робота виконана згідно з тематикою науково-дослідних робіт кафедри будівельної механіки ТНТУ та державними програмами надійності і економічності будівельних виробів, матеріалів і конструкцій.

**Ключові слова:** КОНСОЛЬ, МЕТАЛЕВИЙ КАРКАС, ГРОМАДСЬКА БУДІВЛЯ, СКІНЧЕННІ ЕЛЕМЕНТИ.

## РОЗДІЛ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

#### **1.1 Опис і обґрунтування зовнішнього і внутрішнього вигляду об'єкта капітального будівництва, його просторової, планувальної та функціональної організації**

Як проєктований об'єкт виступає офісна будівля з консольним вильотом 35 м у Луцьку.

Конструкція будівлі являє собою втілення характеру конструктивно-просторової системи в архітектурних формах, а також інтеграцію природно-кліматичних, архітектурно-планувальних, конструктивних, інженерних, екологічних, економічних принципів проєктування.

Офісна будівля запроєктована з метою створення екологічно збалансованого та комфортного середовища з використанням найбільш енергоекономічних архітектурно-планувальних рішень.

Проєктований об'єкт - 5-поверхова будівля висотою 18,66 м. Висота поверхів - 3,6 м.

Об'єм будівлі являє собою вигнуту структуру складної форми: будівля має консольну частину з вильотом 35 м під кутом до горизонту  $13^\circ$  над вхідною зоною. Таким чином, конструкція будівлі візуально звужується за висотою над головним входом.

У плані будівля має форму сегмента кола, кут якого  $76^\circ$  за радіусу кола за віссю А - 143 м, до осі Б - 155 м.

Розміри проєктованого об'єкта в осях А-Б - 12 м, в осях 1-22 по осі А - 210 м, по осі Б - 225,94 м.

Будівля призначена для розташування офісів державних і недержавних організацій та установ. Бічні зони будівлі призначені для лінійно розташованих офісних приміщень. У широкій центральній зоні розташовані офіси відкритого типу, сходово-ліфтові вузли, санвузли, службові приміщення, приміщення для приймання їжі, відпочинку та чотири вертикальні атріуми. Внутрішні атріуми,

відкриті на всіх поверхах, забезпечують природне освітлення через світлопрозоре скління в покрівлі. Зенітні ліхтарі, що відчиняються за типом люка, також слугують для природної вентиляції приміщень.

На верхньому поверсі в консольній частині будівлі розташовано конференц-зал і терасу для відпочинку.

Сполучення між поверхами забезпечується незадимлюваною сходовою кліткою з підпором повітря і аварійним джерелом світла. У будівлі передбачено три пасажирські ліфти вантажопідйомністю 1275 кг із розмірами кабін 2000×1400×2300 мм.

## **1.2 Обґрунтування прийнятих об'ємно-просторових та архітектурно-художніх рішень, у тому числі в частині дотримання граничних параметрів дозволеного будівництва об'єкта капітального будівництва**

Об'ємно-планувальні та архітектурно-художні рішення обумовлені:

- особливостями розташування на генеральному плані;
- функціональним призначенням;
- вимогами технічних регламентів, зокрема такими, що встановлюють вимоги щодо забезпечення безпечної експлуатації будівель і споруд;
- кліматичними особливостями району будівництва;
- номенклатурою індустріальних сертифікованих будівельних виробів і матеріалів.

Прийняті планувальні рішення (розміри приміщень, ширина коридорів і сходових маршів, кількість евакуаційних виходів) забезпечують можливість своєчасної та безперешкодної евакуації людей з будівлі до настання загрози їхньому життю та здоров'ю внаслідок впливу небезпечних факторів пожежі.

Основні показники за проектом:

- клас наслідків будівлі – ССЗ;
- ступінь вогнестійкості будівлі - II.

### **1.3 Опис та обґрунтування використаних композиційних прийомів під час оформлення фасадів та інтер'єрів об'єкта капітального будівництва**

Під час проектування будівлі застосовано рішення, які максимальною мірою відповідають економічності та індустріалізації будівництва. При цьому враховано місцеві умови будівництва: кліматичні, інженерно-геологічні, екологічні.

Фасад офісної будівлі сформований складною конфігурацією плану.

У зовнішньому оздобленні 1-го поверху застосовано вітражне скління із двокамерним склопакетом.

На 2-му - 5-му поверхах фасад виконано з алюмінієвих профілів із світлопрозорим заповненням, яке чергується, та сендвіч-панелями (колір зовнішнього облицювання RAL 2010).

Застосовано стриманий підхід до колірної палітри стінових елементів і їхніх розмірів. Таким чином, створено елегантний фасад будівлі, що запам'ятовується.

Неповторну виразність архітектурного вигляду створює панорамне скління консольної частини будівлі, а також її торця.

Головний вхід у будівлю акцентовано консольною частиною, що нависає над ним.

Внутрішнє оздоблення приміщень виконано відповідно до їх функціонального призначення та гігієнічних нормативів.

Основні завдання, які були вирішені під час проектування інтер'єру з метою створення найкращих умов для протікання робочого процесу в офісному просторі:

- раціональне зонування офісних приміщень,
- наявність обідніх зон, їдальні, закритої тераси як зони відпочинку.
- застосування колірної оздоблення будівельних елементів, раціональне комбінування природного і штучного освітлення приміщень для створення оптимальних умов праці працюючого персоналу.

#### **1.4 Опис рішень з оздоблення приміщень основного, допоміжного, обслуговуючого та технічного призначення**

Оздоблення виконано з негорючих та екологічно чистих матеріалів.

Внутрішнє оздоблення зовнішніх стін (сендвіч-панель із внутрішньої сторони виконана з профлиста заводського забарвлення RAL 7047) і скляних перегородок на алюмінієвому профілі не потрібне.

Поверхні перегородок з гіпсокартонних листів (ГКЛ) фарбуються: водоемульсійною фарбою світлих тонів за 2 рази по ґрунту. Колір забарвлення - світло-сірий RAL 7047.

У сан. вузлах - керамічна плитка до стелі сірого кольору.

У ліфтових холах - штукатурка із затіркою і фарбуванням акриловою фарбою.

Стелі в надземній частині будівлі - підвісні "Армстронг", колір стель - білий.

Усі металеві несучі елементи каркаса забарвлюються вогнезахисною фарбою, сірого кольору (RAL 7047).

#### **1.5 Опис архітектурних рішень, що забезпечують природне освітлення приміщень із постійним перебуванням людей**

Природне освітлення мають усі офісні приміщення. Захист від сонця і перегріву забезпечено технічними пристосуваннями (пристроями) у вітражній системі.

Розміщення громадської будівлі та орієнтація офісних та інших приміщень забезпечує нормативну інсоляцію і нормативний КЕО, що впливають із вимог вимоги до інсоляції та сонцезахисту приміщень житлових і громадських будівель і територій.

## **1.6 Опис архітектурно-будівельних заходів, що забезпечують захист приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу**

Заходи, які передбачені в цьому проєкті для забезпечення захисту приміщень від шуму, вібрації та іншого впливу:

- застосування в огорожувальних конструкціях як заповнювача мінераловатних плит (у перегородках із ГКЛ, зовнішніх сендвіч-панелях і конструкції покрівлі);
- забезпечення герметичності вітражних систем завдяки термовставкам, герметизувальним стрічкам і спеціальним ущільнювачам, а також застосування двокамерного склопакета;
- використання в конструкції підлоги звукоізоляційних матеріалів;
- оснащення дверей герметичними притворами.

## **1.7 Опис рішень щодо світлозахисту об'єкта, що забезпечують безпеку польоту повітряних суден (за необхідності)**

Оскільки висота проєктованого об'єкта менше ніж 20 м, світлоогорожу об'єкта, що забезпечує безпеку польоту повітряних суден, не передбачено.

## **1.8 Опис рішень щодо декоративно-художнього та кольорового оздоблення інтер'єрів - для об'єктів невиробничого призначення**

У внутрішньому оздобленні приміщень використовуються матеріали, що відповідають санітарно-гігієнічним, естетичним і протипожежним вимогам. Стіни і стелі офісних приміщень і конференц-залів виконані в єдиній колірній гамі.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

#### 2.1 Кліматичні умови району будівництва

Будівля розташована в м. Луцьк. Згідно з ДБН "Будівельна кліматологія" [3] основні природно-кліматичні характеристики району будівництва:

- будівельно-кліматичний район - ШВ;
- абсолютна максимальна температура повітря -  $(+28)^{\circ}\text{C}$ ;
- абсолютна мінімальна температура повітря -  $(-23)^{\circ}\text{C}$ ;
- середньорічна температура із середньодобовою температурою нижче  $0^{\circ}\text{C}$  -  $(-2,8)^{\circ}\text{C}$ ; нижче  $(+8)^{\circ}\text{C}$  -  $(-0,1)^{\circ}\text{C}$ ;
- температура повітря найхолоднішої п'ятиденки забезпеченістю 0,92 -  $(-19)^{\circ}\text{C}$ , забезпеченістю 0,98 -  $(-22)^{\circ}\text{C}$ ;
- тривалість періоду із середньодобовою температурою нижче  $0^{\circ}\text{C}$  - 97 діб; нижче  $(+8)^{\circ}\text{C}$  - 166 діб;
- середньомісячна відносна вологість повітря найхолоднішого місяця - 82%;
- кількість опадів за листопад-березень - 219 мм;
- добовий максимум опадів - 100 мм.
- переважний напрям вітрів за грудень-лютий - східний, за червень-серпень - північно-східний.
- максимальна із середніх швидкостей вітру за румбами за січень - 4,8 м/с.

За сукупністю всіх метеорологічних даних клімат району будівництва характеризується як помірно-континентальний, з м'якою зимою і спекотним літом.

Нормативне значення ваги снігового покриву на  $1\text{ м}^2$  горизонтальної поверхні землі дорівнює 1 кПа ( $140\text{ кгс/м}^2$ ) - IV сніговий район.

Нормативний вітровий тиск - 0,5 кПа ( $50\text{ кгс/м}^2$ ) - III вітровий район.

Сейсмічність району - 6 балів.

## **2.2 Компонування конструктивної схеми**

### **2.2.1 Визначення кроку елементів і поперечних розмірів каркаса конструкції**

Конструктивна схема громадської будівлі запроектована в каркасно-стовбурному виконанні.

Каркас будівлі складається з металевих колон, ригелів, балок, зв'язків і залізобетонних елементів конструкцій (перекриття, покриття і ядер жорсткості), що входять до просторової роботи каркаса.

Геометрична незмінність будівлі забезпечується жорсткими вузлами обпирання колон, жорстким з'єднанням колон і ригелів у єдину просторову конструкцію за допомогою похилих зв'язків і спільною роботою з монолітними ядрами жорсткості.

Поперечна рама сталевого каркаса має проліт 12 м і консольні балки вильотом 4,8 м з обох боків, які несуть бічні зони перекуття.

Кут повороту цифрових осей полярної сітки колон становить  $4^\circ$ . Таким чином крок колон по осі А - 10 м, по осі Б - 10,84 м.

За заданої довжини будівлі потрібне влаштування двох температурних швів, які ділять будівлі на три частини. Вісь температурного шва поєднується з віссю ряду основної сітки. При цьому відстань між колонами біля температурного шва приймається 1000 мм.

Компонування конструктивної схеми представлено на рисунках 2.1, 2.2.



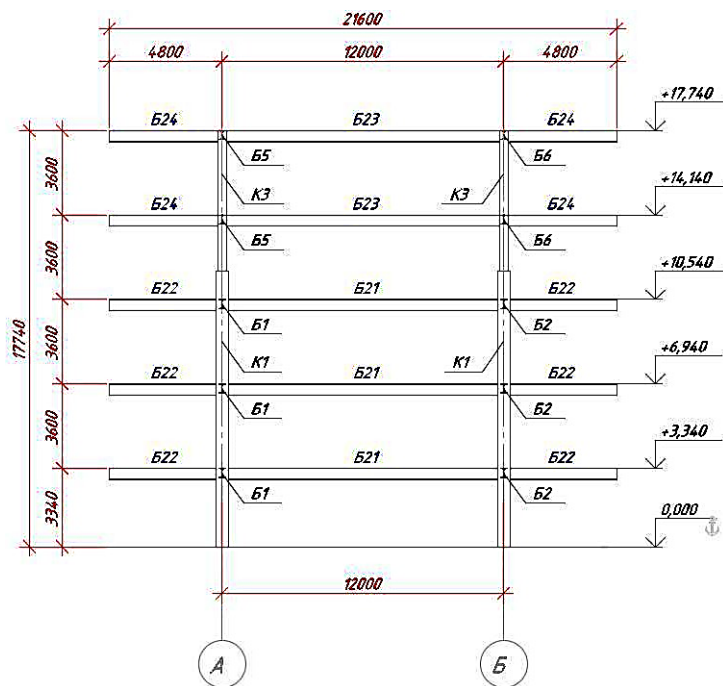


Рисунок 2.1 - Рама каркаса в осях А-Б (вісь 2)

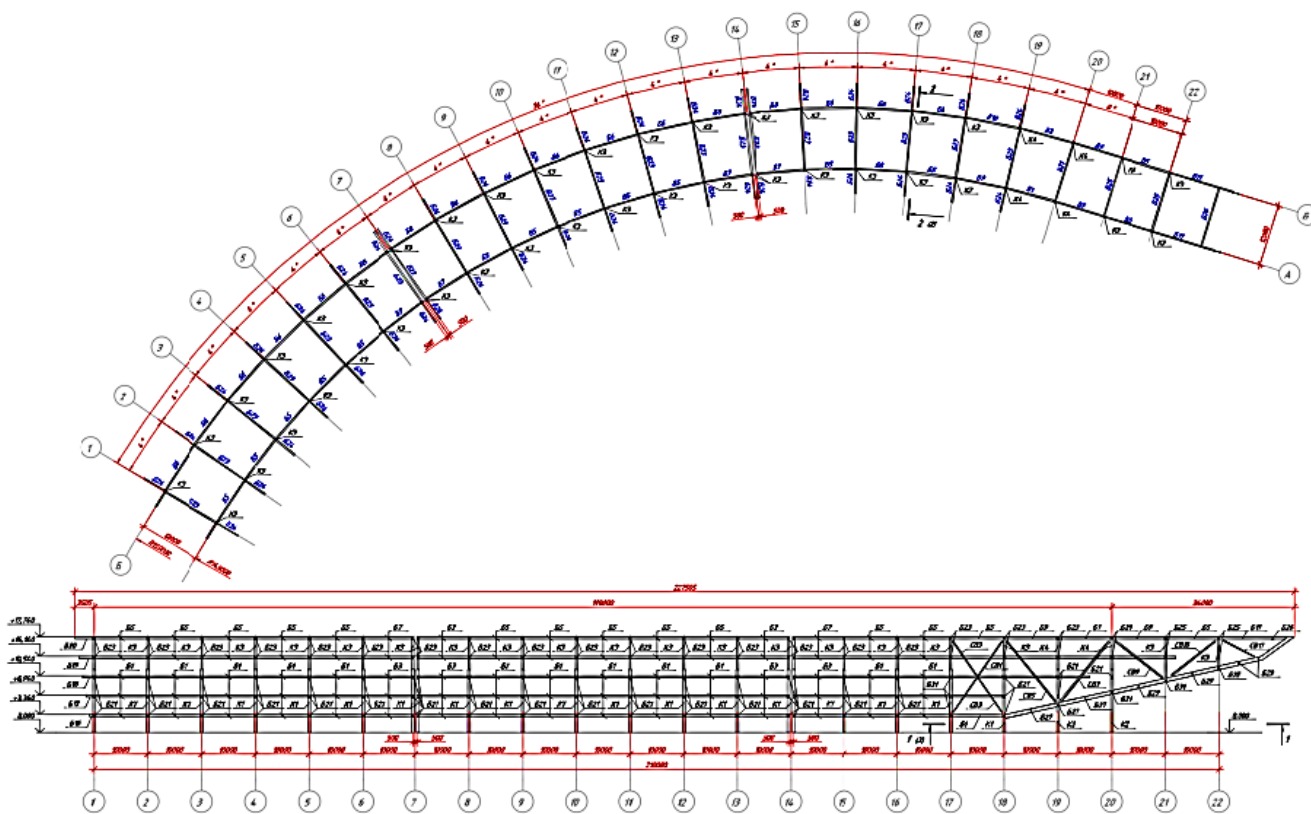


Рисунок 2.2 - Схема розташування основних елементів каркасу на відм. +17.740 і рама каркаса в осях 1-22 (вісь А)

## 2.2.2 Влаштування зв'язків

У будь-якій будівлі має бути передбачена система зв'язків.

Вони призначені:

- для незмінності просторової системи каркаса будівлі та стійкості його елементів;
- для забезпечення належної жорсткості елементів каркаса, щоб їхні переміщення не перевищували граничних;
- для зменшення розрахункових довжин елементів конструкцій;
- для забезпечення просторової роботи каркаса і проектного положення елементів каркаса в процесі монтажу та експлуатації.

Під час проектування передбачаємо такі системи зв'язків:

- хрестові зв'язки в площині похилих балок у консольній частині будівлі (рисунок 2.3);
- вертикальні похилі зв'язки в площині колон у консольній частині будівлі (рисунок 2.4).

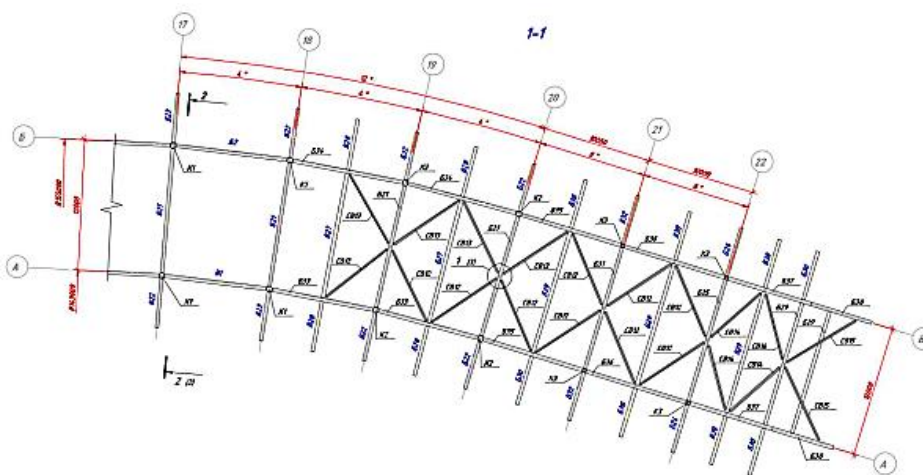


Рисунок 2.3 - Влаштування хрестових зв'язків в площині похилих балок у консольній частині будівлі

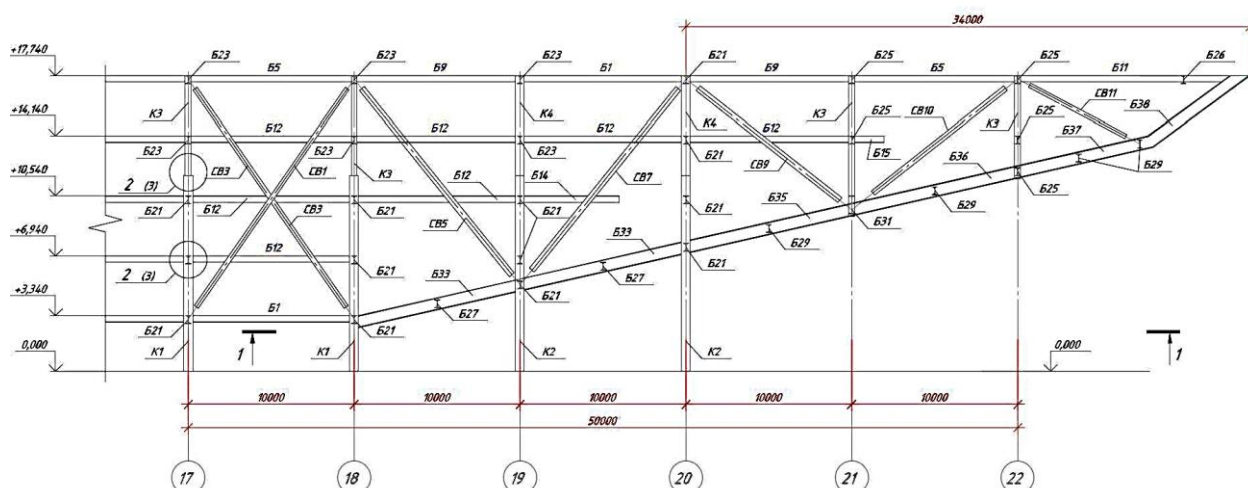


Рисунок 2.4 - Влаштування вертикальних похилих зв'язків у консольній частині каркаса

## 2.3 Розрахунок і конструювання каркаса

### 2.3.1 Розрахункова схема

Для імпорту цього об'єкта як підкладки в систему необхідно виконати план несучих та інших конструкцій за їхніми серединними лініями (рисунок 2.5).

Отримана модель представляється у вигляді системи стрижнів. Ядро жорсткості задаємо за допомогою функції "Стіна" (введення по 2 вузлах і висоті). У стінах задаємо дверні прорізи. Елементи перекриття задаємо за допомогою функції "Перекриття/дах", призначаємо тип приміщень. Зовнішні огорожувальні конструкції та перегородки задаємо за допомогою фіктивних стрижнів з нульовою жорсткістю. Модель 5-го поверху представлено на малюнку 2.6.

Попередньо приймаємо перерізи елементів металевого каркаса будівлі, клас бетону для всіх залізобетонних конструкцій і товщину стін ядра жорсткості, а також перекриттів і покриттів.

Для експорту створеної схеми в систему SCAD скористаємося інструментом "Генерація результуючого проекту". Після встановлення всіх параметрів система автоматично зробить створення скінченно-елементної моделі (рисунок 2.7). Потім усі маніпуляції з моделлю здійснюються в середовищі SCAD.

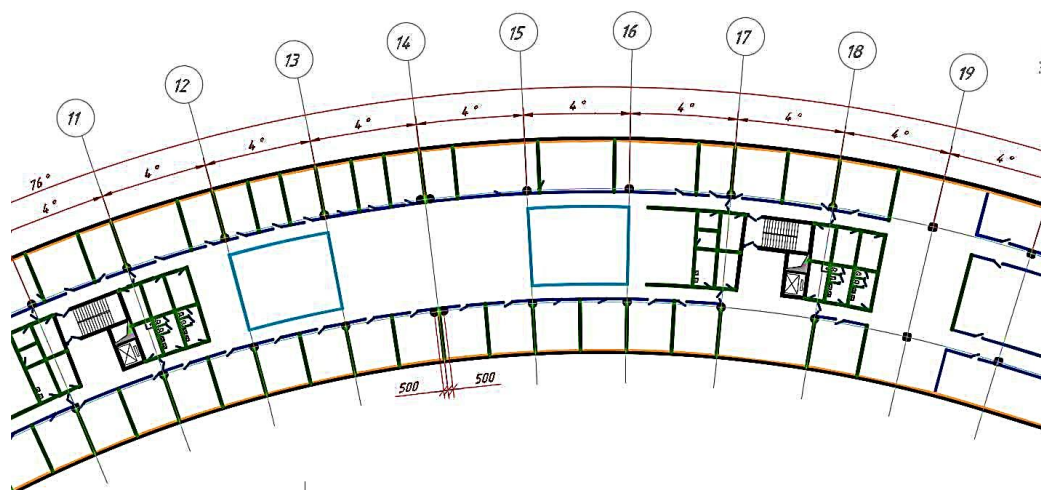


Рисунок 2.5 - Фрагмент плану серединних ліній конструкцій (формування підкладки)

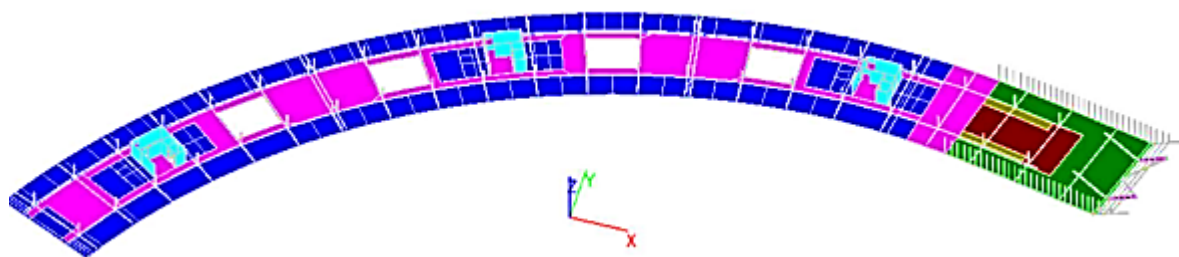


Рисунок 2.6 - Модель 5-го поверху

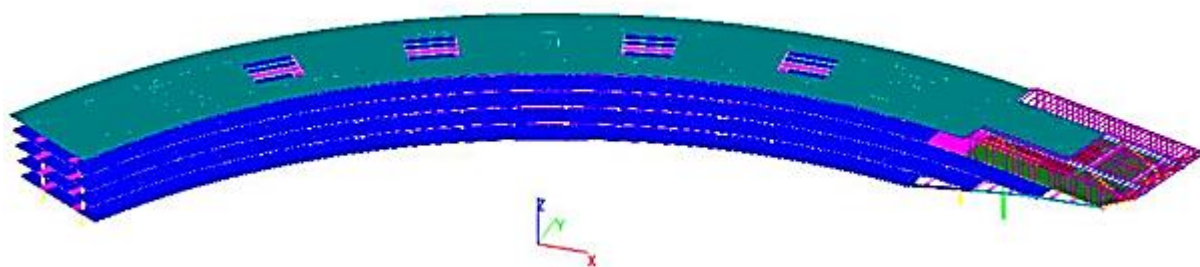


Рисунок 2.7 - Розрахункова схема будівлі в системі SCAD

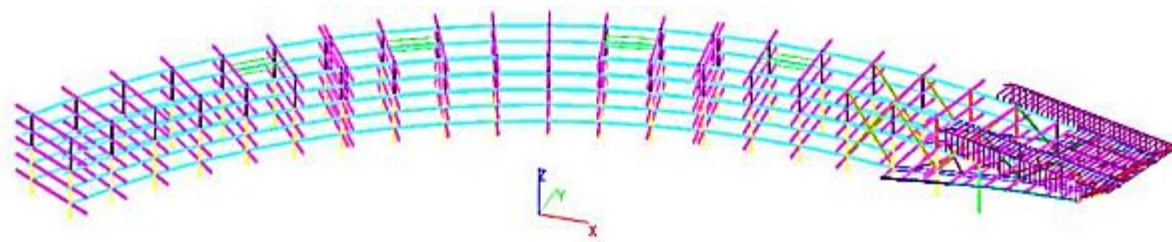


Рисунок 2.8 - Розрахункова схема металевого каркаса будівлі в системі SCAD

### 2.3.2 Збір навантажень

Як постійні навантаження приймаються навантаження від власної ваги, ваги огорожувальних та оздоблювальних конструкцій. Для розрахунків за першим і другим (за деформаціями) граничними станами приймаються розрахункові та нормативні значення навантажень відповідно.

Як короточасні навантаження прийнято: корисне навантаження на перекриття громадської офісної будівлі (вага людей), корисне навантаження на покриття, вітрове і снігове навантаження.

Коефіцієнти надійності за навантаженням  $\gamma_f$  для ваги будівельних конструкцій приймають за [16].

Збір навантажень наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Збір навантажень

Найменування	Нормативне навантаження, $\text{кН/м}^2$	Коефіцієнт надійності за навантаженням $\gamma_f$	Розрахункове навантаження, $\text{кН/м}^2$
1	2	3	4
<b>Постійні навантаження</b>			
Власна вага металоконструкцій	Враховано програмним комплексом SCAD	1,05	Враховано програмним комплексом SCAD
Власна вага залізобетонного монолітного перекриття, покриття і стін сходово-ліфтового вузла	Враховано програмним комплексом SCAD	1,1	Враховано програмним комплексом SCAD
	SCAD		

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Навантаження від ваги підлоги: - підлоги в санвузлах - підлоги на сходовій клітці (майданчик і сходинок) - підлоги в офісних приміщеннях	Таблиця 2.15	Таблиця 2.15	1,248 0,78 1,061
Навантаження від ваги покрівлі	Таблиця 2.15	Таблиця 2.15	1,348
Навантаження від зовнішніх стін	Див. розрахунок нижче		
Навантаження від перегородок	Див. розрахунок нижче		
Тимчасові навантаження (короткочасні)			
Корисне навантаження (від ваги людей):			Враховано програмним комплексом SCAD
- офіси, побутові приміщення	2	1,2	
- зал для зборів	4	1,2	
- коридори, сходи	3	1,2	
- коридори, що примикають до залу для зборів	4	1,2	
- зона відпочинку	1,5	1,3	
- дах	0,7	1,3	
Снігове навантаження	1	1,4	
Вітрове навантаження	Таблиця 2.15	1,4	Враховано програмним комплексом SCAD

Навантаження від стін при висоті поверху 3,6 м прикладаємо смуговим нормативним рівномірно-розподіленим навантаженням:

- для зовнішніх стін із сендвіч-панелей вагою 19,61 кг/м<sup>2</sup>

$$q_{ст.н} = 19,61 \cdot 3,6 \cdot 9,81 / 1000 = 0,693 \text{ кН / м}; \quad (2.1)$$

- для перегородок із ГКЛ із двошаровою обшивкою на металевому каркасі вагою 49 кг/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{пер.ГКЛ}} = 49 \cdot 3,4 \cdot 9,81 / 1000 = 1,693 \text{ кН / м}; \quad (2.2)$$

- для суцільноскляних перегородок NAYADA-Crystal вагою 25 кг/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{пер.скл.}} = 25 \cdot 3,4 \cdot 9,81 / 1000 = 0,834 \text{ кН / м}; \quad (2.3)$$

- для суцільноскляних огорож вагою 23 кг/м<sup>2</sup>

$$q_{\text{огр}} = 23 \cdot 1,2 \cdot 9,81 / 1000 = 0,271 \text{ кН / м}. \quad (2.4)$$

Для врахування можливих перепланувань визначимо нормативне рівномірно розподілене навантаження по площі перекриття від ваги всіх перегородок

$$Q = \frac{q_{\text{пер.ГКЛ}} \cdot l_{\text{пер.ГКЛ}} + q_{\text{пер.скл.}} \cdot l_{\text{пер.скл.}}}{S}, \quad (2.5)$$

де -  $q_{\text{пер.ГКЛ}}$  - довжина всіх перегородок із ГКЛ;

$q_{\text{пер.скл.}}$  - довжина всіх суцільноскляних перегородок;

$S$  - площа приміщень.

$$Q = \frac{1,693 \cdot 668,494 + 0,834 \cdot 464,384}{4651,034} = 0,327 \text{ кН / м}^2.$$

Навантаження на перекриття від ваги вітража за щільності скла 2500 кг/м<sup>3</sup>

$$q_{\text{скл.}} = 2500 \cdot 0,016 \cdot 3,6 \cdot 9,81 / 1000 = 1,413 \text{ кН / м}. \quad (2.6)$$

Навантаження на перекриття від ваги вітража на верхньому поверсі в консольній частині за густини скла 2500 кг/м<sup>3</sup>

$$q_{\text{скл.}} = 2500 \cdot 0,016 \cdot 4,1 \cdot 9,81 / 1000 = 1,609 \text{ кН / м.} \quad (2.7)$$

Навантаження від ваги світлопрозорої покрівлі на ригелі вітража на верхньому поверсі в консольній частині за густини скла  $2500 \text{ кг/м}^3$

$$q_{\text{скл.}} = 2500 \cdot 0,016 \cdot 1,25 \cdot 9,81 / 1000 = 0,491 \text{ кН / м.} \quad (2.8)$$

Таблиця 2.2 - Збір навантажень від ваги підлог і покрівлі

Найменування	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності за навантаження м $\gamma_f$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Санвузли			
Керамічна плитка, на клею ( $\delta = 10 \text{ мм}$ , $\gamma = 24 \text{ кН/м}^3$ );	0,24	1,3	0,312
Стяжка цементно-піщаним розчином М150 ( $\delta = 40 \text{ мм}$ , $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$ )	0,72	1,3	0,936
Гідроізоляція ( $\delta = 2,8 \text{ мм}$ )	-	-	-
Промашування бітумним праймером	-	-	-
Разом			1,248
Сходова клітка (майданчик, сходинок)			
Керамічна плитка, на клею ( $\delta = 10 \text{ мм}$ , $\gamma = 24 \text{ кН/м}^3$ )	0,24	1,3	0,312
Стяжка з цементно-піщаного розчину М150 ( $\delta = 20 \text{ мм}$ , $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$ ).	0,36	1,3	0,468
Разом			0,78
Офісні приміщення та ін.			
Паркетна дошка ( $\delta = 14 \text{ мм}$ , $\gamma = 7,2 \text{ кН/м}^3$ )	0,101	1,2	0,1212
Спінений поліетилен ( $\delta = 3 \text{ мм}$ , $\gamma = 0,3 \text{ кН/м}^3$ )	0,001	1,2	0,0012
Стяжка цементно-піщаним розчином М200, армована сіткою ( $\delta = 40 \text{ мм}$ , $\gamma = 18 \text{ кН/м}^3$ )	0,72	1,3	0,936
Звукоізоляція ( $\delta = 6 \text{ мм}$ , $\gamma = 0,4 \text{ кН/м}^3$ )	0,002	1,2	0,0024
Разом			1,061



Продовження таблиці 2.2

Покрівля			
Бітумно-полімерний рулонний гідроізоляційний матеріал ( $\delta = 5$ мм, $\gamma = 0,04$ кН/м <sup>3</sup> )	0,0002	1,3	0,0003
Цементно-піщана стяжка, армована металевою сіткою ( $\delta = 50$ мм, $\gamma = 18$ кН/м <sup>3</sup> )	0,9	1,3	1,17
Теплоізоляційний шар із плит ( $\delta = 110$ мм, $\gamma = 1,35$ кН/м <sup>3</sup> )	0,149	1,2	0,178
Пароізоляційна плівка	-	-	-
Разом			1,348

Зважаючи на велику протяжність будівлі (понад 200 м) і невелику висоту (близько 18 м) під час розрахунку вітрового навантаження можна розглядати будівлю як прямокутну в плані.

Нормативні значення середньої складової основного вітрового навантаження залежно від еквівалентної висоти  $z_e$  над поверхнею землі слід визначати за формулою

$$w_m = w_0 \cdot k(z_e) \cdot c, \quad (2.9)$$

де  $w_0$  - нормативне значення вітрового тиску (для вітрового району III

$w_0 = 0,38$  кПа);

$k(z_e)$  - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти  $z_e$ ;

$c$  - аеродинамічний коефіцієнт.

З огляду на те, що  $d$  - розмір будівлі в напрямку, перпендикулярному розрахунковому напрямку вітру (поперечний розмір), а  $h$  - висота будівлі, визначимо еквівалентну висоту: при  $h = 18$  м <  $d = (210$  м;  $22,8$  м)  $z_e = h = 18$  м.

Коефіцієнт  $k(z_e)$ , що враховує зміну вітрового тиску, для висот  $z_e < 10$  м, а для висот  $10 \leq z_e \leq 300$  м обчислюється за формулою

$$k(z_e) = k_{10} (z_e / 10)^{2\alpha}, \quad (2.10)$$

де  $k_{10}$ ,  $\alpha$  - для типу місцевості В  $k_{10} = 0,65$ ,  $\alpha = 0,2$ ).

Аеродинамічний коефіцієнт при вертикальних стінах прямокутних у плані будівель з навітряного боку дорівнює  $c = 0,8$ , з підвітряного  $c = 0,5$ .

Результати розрахунку зведено в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 - Результати розрахунку вітрового навантаження

Висота $h$ , м	Висота $z_e$ , м	Коефіцієнт $k(z_e)$	$w_m$ , кН/м <sup>2</sup>		$w_m$ , кН/м	
			Навітряна сторона	Підвітряна сторона	Навітряна сторона	Підвітряна сторона
18	18	0,822	0,250	-0,156	0,900	-0,562

Вітрове навантаження прикладаємо рівномірно-розподіленим залежно від напрямку вітру. Отримуємо 4 варіанти завантажень.

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

$$S_0 = c_e \cdot c_t \cdot \mu \cdot S_g, \quad (2.11)$$

де  $c_e$  - коефіцієнт, що враховує знесення снігу з покриттів будівель під дією вітру або інших чинників;

$c_t$  - термічний коефіцієнт;

$\mu$  - коефіцієнт форми, що враховує перехід від ваги снігового покриву землі до снігового навантаження на покриття (у цьому випадку за плоскої покрівлі  $\mu = 1$ );

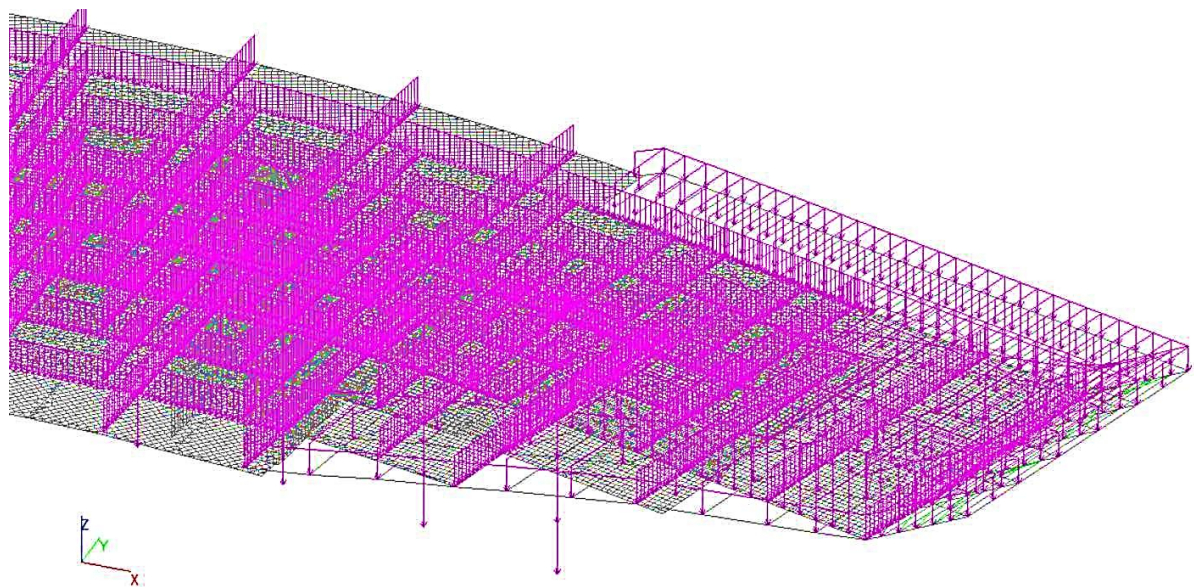
$S_g$  - нормативне значення ваги снігового покриву на 1 м<sup>2</sup> горизонтальної поверхні землі (для снігового району IV  $S_g = 1$  кПа).

Зниження снігового навантаження, що передбачається, не поширюється на покриття будівель у районах із середньомісячною температурою повітря в січні вище за мінус 5 °С, тому приймаємо для м. Луцьк, де середньомісячна температура січня мінус 3,8 °С,  $c_e = 1$ .

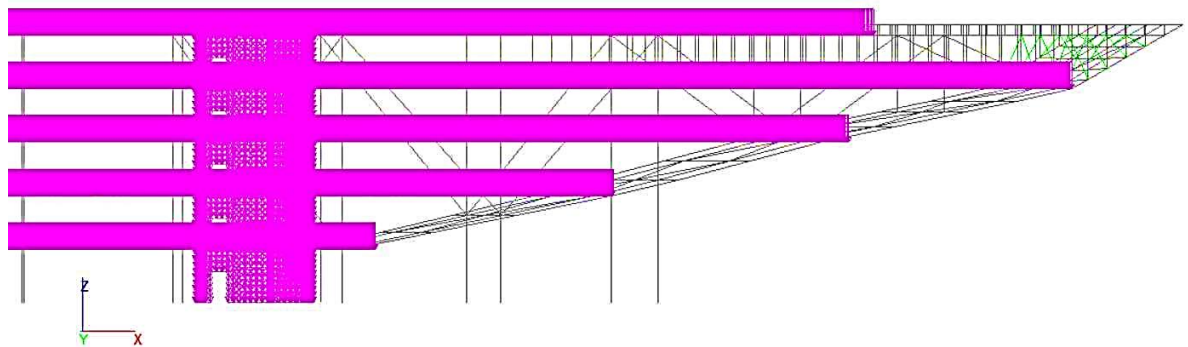
Під час визначення снігових навантажень для неутеплених покриттів будинків із підвищеними тепловиділеннями, що призводять до танення снігу, за ухилів покрівлі понад 3% і забезпечення належного відведення талої води слід вводити термічний коефіцієнт  $c_t = 0,8$ . В інших випадках  $c_t = 1$ .

$$S_0 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \text{ кН/м}^2$$

Завантаження від постійних навантажень у ПК SCAD подано на рисунках 2.9-2.12, від тимчасових навантажень - 2.13-2.15.



а



б

а-3D-проекція б-розріз

Рисунок 2.9 - Навантаження від власної ваги металоконструкцій (фрагмент будівлі)

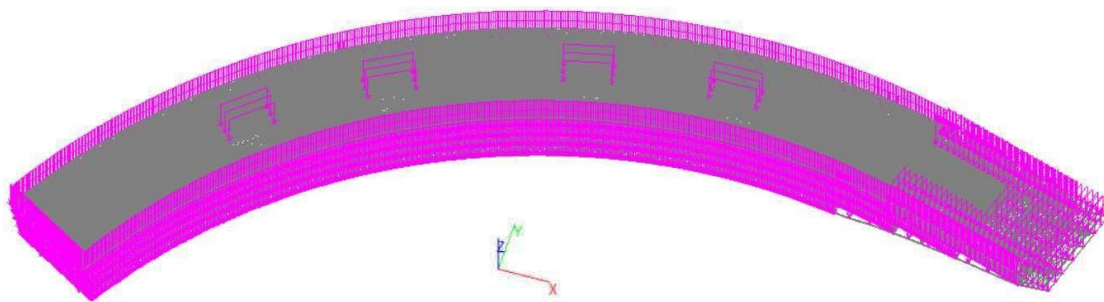


Рисунок 2.10 - Навантаження від ваги зовнішніх огорожувальних конструкцій

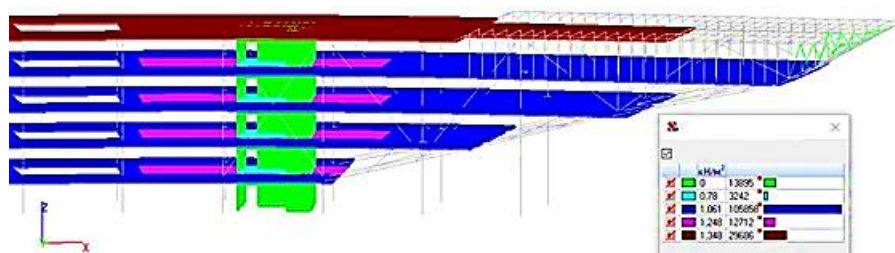


Рисунок 2.11 - Навантаження від ваги підлог і покрівлі (фрагмент будівлі)

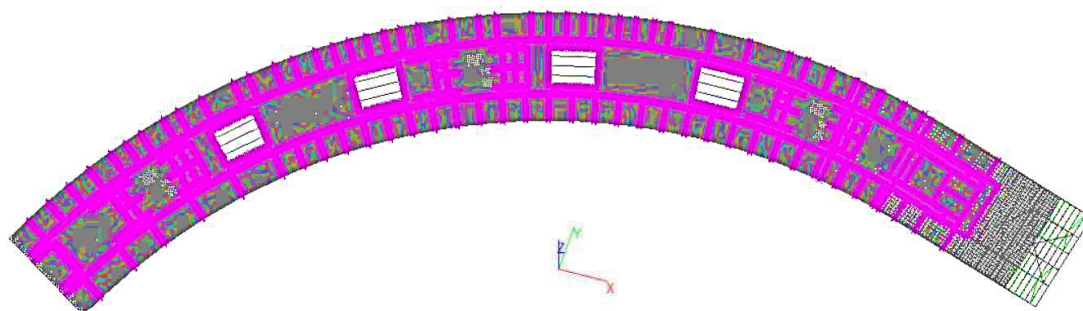


Рисунок 2.12 - Навантаження від ваги перегородок

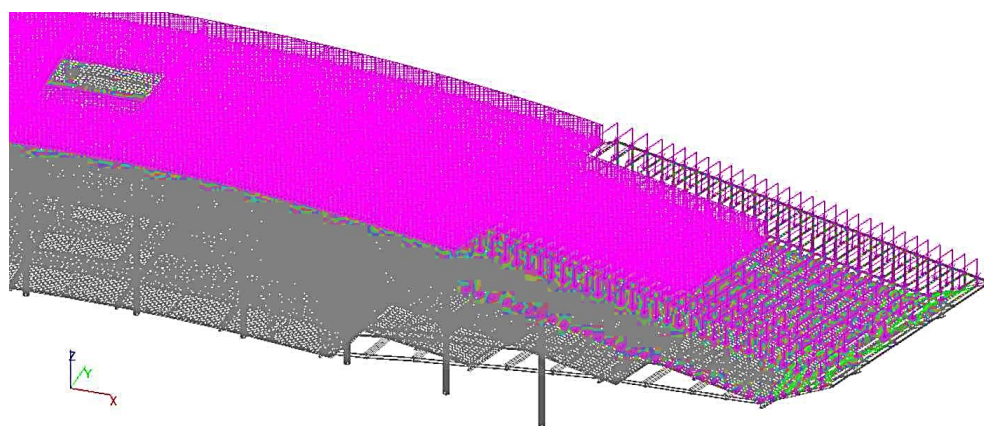


Рисунок 2.13 - Снігове навантаження (фрагмент будівлі)

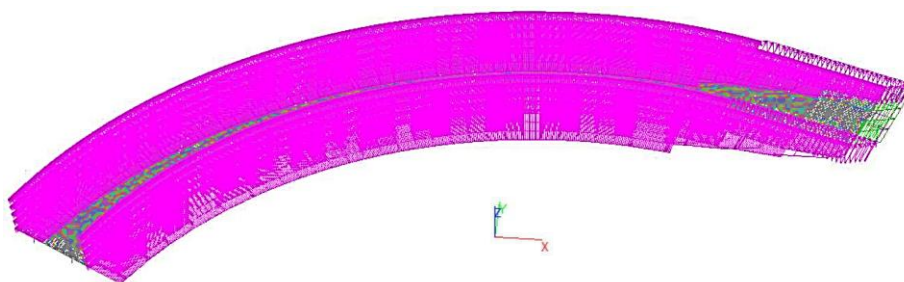


Рисунок 2.14 - Вітрове навантаження (напрямок 1+)

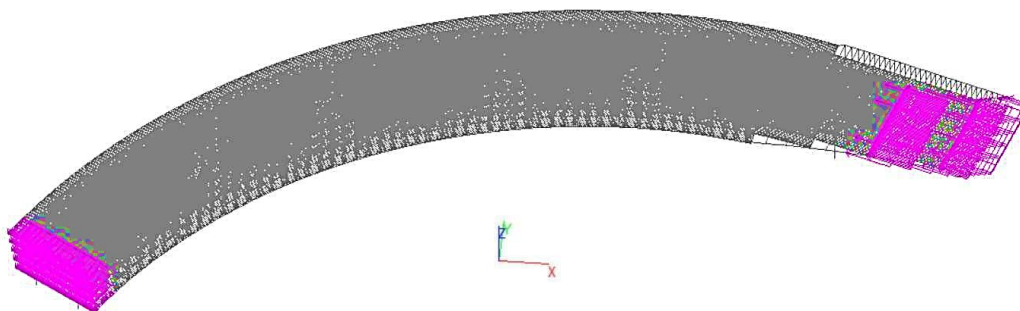


Рисунок 2.15 - Вітрове навантаження (напрямок 2-)

### 2.3.4 Основні результати розрахунку

Після завдання навантажень і попереднього призначення жорсткісних характеристик конструкцій, здійснюємо розрахунок і підбір перерізів елементів. Результати добору представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Результати підбору перерізів

Найменування групи елементів	Підбраний перетин
Колони верхні	Труби електрозварні прямошовні 355,6×8
Колони верхні посилені	Труби електрозварні прямошовні 530×11
Колони нижні	Труби електрозварні прямошовні 530×13
Колони нижні посилені	Труби електрозварні прямошовні 530×17
Ригелі 1	Двотавр широкополічний 40Ш1
Ригелі 1 посилені	Двотавр широкополічний 70Ш5
Ригелі 2	Двотавр широкополічний 50Ш1
Зв'язки хрестові	Труби електрозварні прямошовні 193,7×5
Зв'язки вертикальні похилі	Труби електрозварні прямошовні 273×6
Зв'язки вертикальні похилі посилені	Труби електрозварні прямошовні 355,6×16 -91

Результати розрахунку представимо у вигляді звіту про переміщення (рисунки 2.16-2.18) і зусилля, отримані в програмному комплексі SCAD (таблиці 2.5).

Максимальне нормативне горизонтальне переміщення склало 20,328 мм, що менше за граничне горизонтальне переміщення, яке визначається за формулою

$$f_u = h / 500 = 18000 / 500 = 36 \text{ мм}, \quad (2.12)$$

де  $h$  - висота будівлі.

Максимальне вертикальне переміщення склало 214,751 мм, що менше граничного прогину, який визначається за формулою

$$f_u = l / 300 = 70000 / 300 = 233,33 \text{ мм}, \quad (2.13)$$

де  $l$  - розрахунковий проліт елемента конструкції (для консолі приймається подвоєний її виліт).

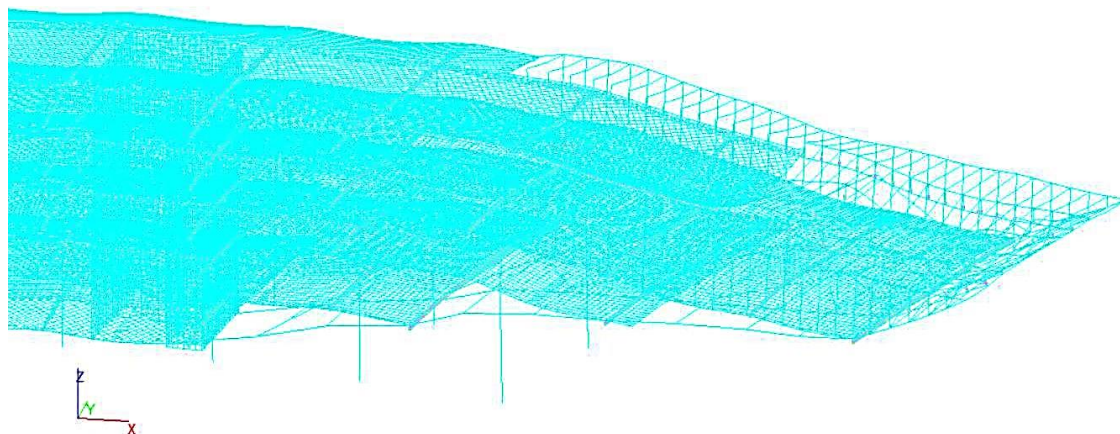


Рисунок 2.16 - Схема деформування від комбінації завантажень із вітровим навантаженням

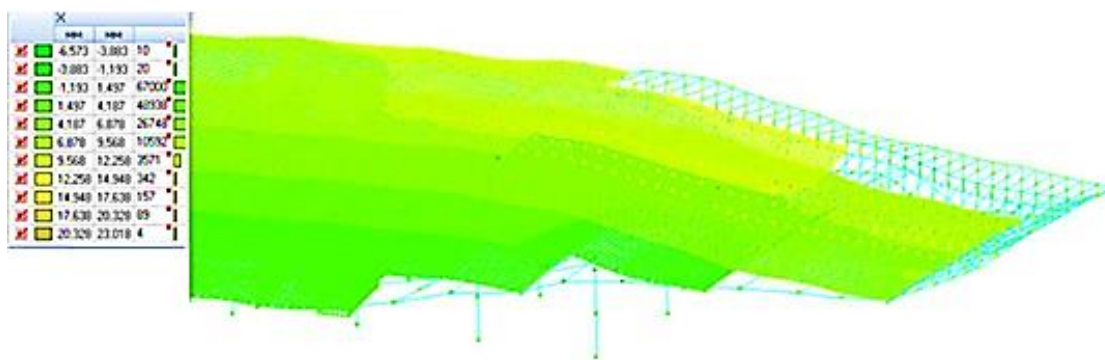


Рисунок 2.17 - Кольорова індикація величин горизонтальних переміщень у вузлах (мм)

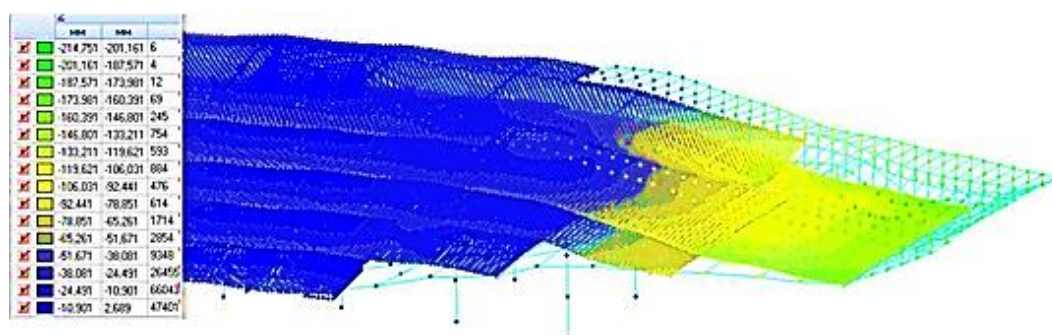


Рисунок 2.18 - Кольорова індикація величин вертикальних переміщень у вузлах (мм)

Таблиця 2.5 - Вибірка величин зусиль у верхніх колонах

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елемент	Перетин	Комбінація	Значення	Елемент	Перетин	Комбінація
N, кН	1088,861	556	3	4	-2458	443	1	2
M <sub>y</sub> , кН·м	219,144	483	1	3	-230,564	483	3	3
M <sub>z</sub> , кН·м	230,34	1	1	9	-124,919	483	1	3
Q <sub>z</sub> , кН	225,003	466	3	3	-216,034	454	1	8
Q <sub>y</sub> , кН	133,93	59	1	2	-121,72	466	1	8

Таблиця 2.6 - Вибірка величин зусиль у верхніх посилених колонах

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елемент	Перетин	Значення	Елемент	Елемент	Значення	Елемент
N, кН	-1042,46	447	3	9	-	402	1	4
M <sub>y</sub> , кН·м	398,583	445	1	2	5155,952	402	1	5
M <sub>z</sub> , кН·м	161,12	445	1	2	-309,599	447	1	3
Q <sub>z</sub> , кН	390,112	445	3	7	-480,792	446	3	8
Q <sub>y</sub> , кН	166,032	446	1	8	-133,497	445	1	7

Таблиця 2.7 - Вибірка величин зусиль у нижніх колонах

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації
N, кН	-1608,792	364	3	8	-6451,55	57	1	2
M <sub>y</sub> , кН·м	482,5	395	1	3	-570,407	395	3	3
M <sub>z</sub> , кН·м	231,421	394	1	7	-292,474	395	1	3
Q <sub>z</sub> , кН	562,51	364	3	8	-510,888	379	3	7
Q <sub>y</sub> , кН	260,75	379	1	7	-286,871	364	1	8

Таблиця 2.8 - Вибірка величин зусиль у нижніх посиленних колонах

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації
N, кН	-6239,147	197463	3	7	-7861,172	15	1	3
M <sub>y</sub> , кН·м	607,347	197463	1	3	-173,681	197463	3	10
M <sub>z</sub> , кН·м	34,629	197471	1	2	-304,299	197463	1	3
Q <sub>z</sub> , кН	220,366	197472	3	8	-322,123	197472	1	3
Q <sub>y</sub> , кН	36,394	15	1	2	-211,518	197472	1	8

Таблиця 2.9 - Вибірка величин зусиль у ригелях 1

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації
N, кН	1217,027	565	1	4	-1402,367	198652	1	2
M <sub>y</sub> , кН·м	117,681	571	3	3	-319,538	568	3	3
M <sub>z</sub> , кН·м	437,37	9941	1	3	-381,82	44705	3	3
Q <sub>z</sub> , кН	24,364	576	3	10	-24,775	592	3	8
Q <sub>y</sub> , кН	53,812	79224	1	3	-48,951	10081	1	8

Таблиця 2.10 - Вибірка величин зусиль у ригелях 1 посиленних

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації	Значення	Елементи	Перетини	Комбінації
N, кН	-192,172	197517	1	10	-2473,533	198660	1	5
M <sub>y</sub> , кН·м	1028,343	198677	1	3	-1347,392	198677	3	3
M <sub>z</sub> , кН·м	309,244	198660	1	4	-526,645	198677	3	3
Q <sub>z</sub> , кН	89,93	198677	3	5	-37,162	198677	1	2
Q <sub>y</sub> , кН	10,178	197521	1	8	-16,779	198677	1	5



Таблиця 2.11 - Вибірка величин зусиль у ригелях 2

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перети	Комбінації	Значення	Елементи	Перети	Комбінації
	я	т	н	я	я	т	н	я
N, кН	1716,514	173183	1	2	-1909,757	141535	1	2
M <sub>y</sub> , кН·м	236,926	173184	1	2	-488,076	44781	1	3
M <sub>z</sub> , кН·м	910,87	198655	1	3	-599,474	53555	3	2
Q <sub>z</sub> , кН	95,344	104651	3	10	-41,611	198673	1	2
Q <sub>y</sub> , кН	286,914	198655	1	10	-259,875	105401	3	9

Таблиця 2.12 - Вибірка величин зусиль у хрестових зв'язках

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перети	Комбінації	Значення	Елементи	Перети	Комбінації
	я	т	н	я	я	т	н	я
N, кН	76,247	198017	3	3	-329,107	104	3	3
M <sub>y</sub> , кН·м	5,09	198668	1	4	-5,971	111	1	2
M <sub>z</sub> , кН·м	1,734	111	1	2	-2,237	104	3	4
Q <sub>z</sub> , кН	1,546	198665	3	2	-1,485	111	1	3
Q <sub>y</sub> , кН	0,352	107	1	3	-0,393	198665	1	2

Таблиця 2.13 - Вибірка величин зусиль у вертикальних похилих зв'язках

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перети	Комбінації	Значення	Елементи	Перети	Комбінації
	я	т	н	я	я	т	н	я
N, кН	320,841	123	1	8	-700,504	124	1	3
M <sub>y</sub> , кН·м	47,596	198166	1	4	-52,493	126	1	3
M <sub>z</sub> , кН·м	20,269	533	1	2	-17,202	552	3	3
Q <sub>z</sub> , кН	101,304	126	3	3	-97,979	126	1	3
Q <sub>y</sub> , кН	37,242	545	1	3	-44,227	126	1	3

Таблиця 2.14 - Вибірка величин зусиль у вертикальних похилих зв'язках посиленних

Найменування	Максимальні значення				Мінімальні значення			
	Значення	Елементи	Перети	Комбінації	Значення	Елементи	Перети	Комбінації
	я	т	н	я	я	т	н	я
N, кН	4821,868	549	3	3	-2454,551	113	1	3
M <sub>y</sub> , кН·м	71,582	115	3	3	-145,482	113	3	3
M <sub>z</sub> , кН·м	24,796	549	1	2	-22,382	113	3	3
Q <sub>z</sub> , кН	82,262	549	3	7	-74,113	551	3	8
Q <sub>y</sub> , кН	15,089	551	1	8	-17,094	549	1	7

## 2.4 Перевірка перерізів елементів

### 2.4.1 Перетин колони

Зробимо перевірку перерізу найбільш навантаженої колони.

Перетин і матеріал колони: кругла сталевая труба профілем 530×17, марка сталі - 09Г2С.

Геометричні характеристики перерізу колони представлено на рисунку 2.19.

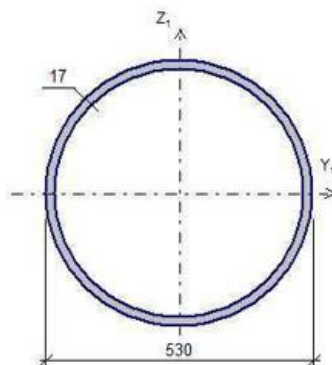


Рисунок 2.19 - Геометричні характеристики перерізу колони

Розрахунок на міцність позцентрово-стиснутих (стиснено-згинальних) елементів суцільного перерізу зі сталі з нормативним опором  $R_y = 440$  Н/мм, що не піддаються безпосередньому впливу динамічних навантажень, при напруженнях згідно слід виконувати за формулою:

$$\left( \frac{N}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \right)^n + \frac{M_x}{c_x \cdot W_{xn,min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{M_y}{c_y \cdot W_{yn,min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} + \frac{B}{W_{\omega n,min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.14)$$

де  $N$ ,  $M_x$ ,  $M_y$  - поздовжня сила і згинальні моменти відповідно за найнесприятливішого їхнього поєднання;

$A_n$  - площа поперечного перерізу профілю нетто, тобто з урахуванням ослаблення його отворами;

$R_y$  - розрахунковий опір сталі розтягуванню, стисненню, вигину за межею плинності;

$\gamma_c$  - коефіцієнт умов роботи;

$c_x, c_y, n$  - коефіцієнти;

$W_{xn,min}, W_{yn,min}$  - моменти опору перерізу.

Перевіримо умови виконання розрахунку

$$\tau = \frac{Q_y \cdot S_x}{I_x \cdot t} \leq 0,5 \cdot R_s, \quad (2.15)$$

де  $Q_y = 36,549$  кН - поперечна сила в перерізі (згідно з розрахунком за ПК SCAD);

$S_x = 2237,76$  см<sup>3</sup> - статичний момент півсечення;

$I_x = 90227,22$  см<sup>4</sup> - момент інерції перерізу;

$t = 17$  мм - товщина труби.

$R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 315 = 182,7$  Н/мм<sup>2</sup> - розрахунковий опір сталі зсуву.

$$\tau = \frac{36,549 \cdot 10^3 \cdot 2237,76 \cdot 10^3}{90227,22 \cdot 10^4 \cdot 17} = 5,332 \text{ Н / мм}^2 \leq 0,5 \cdot 182,7 = 91,35 \text{ Н / мм}^2,$$

$$\sigma = \frac{N}{A_n} > 0,1 \cdot R_y, \quad (2.16)$$

де  $N = 7861,172$  кН - поздовжня сила в перерізі (згідно з розрахунком за ПК SCAD);

$A_n = 273,98$  см<sup>2</sup> - площа поперечного перерізу профілю нетто, тобто з урахуванням ослаблення його отворами.

$$\sigma = \frac{7861,172 \cdot 10^3}{273,98 \cdot 10^2} = 286,925 \text{ Н / мм}^2 > 0,1 \cdot 315 = 31,5 \text{ Н / мм}^2.$$

Зробимо перевірочний розрахунок на міцність за формулою (2.14)

$$\left( \frac{7861,172 \cdot 10^3}{273,98 \cdot 10^2 \cdot 315 \cdot 0,95} \right)^{1,5} + \frac{-109,508 \cdot 10^6}{1,26 \cdot 3404,8 \cdot 10^3 \cdot 315 \cdot 0,95} + \frac{110,035 \cdot 10^6}{1,26 \cdot 3404,8 \cdot 10^3 \cdot 315 \cdot 0,95} =$$

$$= 0,94 < 1.$$

Умова виконується.

Розрахунок на стійкість позацентрово стиснутих (стиснуто-зігнутих) елементів постійного перерізу (колон багатоповерхових будинків - у межах поверху) у площині дії моменту, яка збігається з площиною симетрії, слід виконувати за формулою:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.17)$$

де  $\varphi_e$  - коефіцієнт стійкості під час стиснення зі згином, що приймається залежно від умовної гнучкості та наведеного відносного ексцентриситету.

Обчислимо розрахункову довжину колони

$$l_{ef,x(y)} = \mu_{x(y)} \cdot l_{x(y)}, \quad (2.18)$$

де  $\mu_{x(y)} = 0,5$  - коефіцієнт розрахункової довжини, що залежить від умов закріплення кінців колони;

$l_{x(y)} = 7,2$  м - геометрична довжина колони.

$l_{ef,x(y)} = 0,5 \cdot 7,2 = 3,6$  м.

Умовна гнучкість згідно

$$\bar{\lambda} = \lambda_y \sqrt{\frac{R_y}{E}} = \frac{l_{ef,y}}{i_y} \cdot \sqrt{\frac{R_y}{E}}, \quad (2.19)$$

де  $i_{x(y)} = 181,472$  мм - радіус інерції перерізу;

$E = 2,06 \cdot 10^5$  МПа - модуль пружності сталі.

$$\bar{\lambda} = \frac{3,6 \cdot 10^3}{181,472} \cdot \sqrt{\frac{315}{2,06 \cdot 10^5}} = 0,776.$$

Наведений ексцентриситет

$$m_{ef} = \eta \cdot m = \frac{\eta \cdot e \cdot A}{W_c} = \frac{\eta \cdot M \cdot A}{N \cdot W_c}, \quad (2.20)$$

де  $\eta$  - коефіцієнт впливу форми;

$W_c$  - момент опору перерізу, обчислений для найбільш стиснутого волокна;

$N$ ,  $M$  - розрахункові значення поздовжньої сили і згинального моменту, прийняті для одного і того ж поєднання навантажень (значення  $M$  слід приймати рівним для колони постійного перерізу - найбільшому моменту в межах довжини колони).

$$m = \frac{M \cdot A}{N \cdot W_c} = \frac{109,508 \cdot 10^3 \cdot 273,98 \cdot 10^2}{7861,172 \cdot 3404,8 \cdot 10^3} = 0,112, \quad (2.21)$$

$$\eta = (1,35 - 0,05 \cdot m) - 0,01(5 - m) \cdot \bar{\lambda}, \quad (2.22)$$

$$\eta = (1,35 - 0,05 \cdot 0,112) - 0,01(5 - 0,112) \cdot 0,776 = 1,306,$$

$$m_{ef} = \eta \cdot m = 1,306 \cdot 0,112 = 0,146.$$

Зробимо перевірочний розрахунок на стійкість за формулою (2.17), враховуючи, що  $\varphi_e = 925$

$$\frac{7861,172 \cdot 10^3}{0,925 \cdot 273,98 \cdot 10^2 \cdot 315 \cdot 0,95} = 0,98 < 1.$$

Умова виконується.

Гнучкості елементів  $\lambda = l_{ef}$  і не повинні перевищувати граничних значень  $\lambda_u$ , для стиснутих елементів

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot \alpha, \quad (2.23)$$

де  $\alpha = \frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = 0,98$  коефіцієнт, що приймається не менше 0,5.

$$\lambda_u = 180 - 60 \cdot 0,98 = 121,2$$

Проведемо перевірку гнучкості

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} = \frac{3600}{181,472} = 19,94 < \lambda_u = 121,2. \quad (2.24)$$

Умова виконується.

## 2.4.2 Перевірка перерізу балки

Зробимо перевірку перерізу найбільш навантаженого ригеля.

Перетин і матеріал ригеля: двотавр широкополичний профілем 50Ш1 за марка сталі - С345.

Геометричні характеристики перерізу ригеля представлено на рисунку 2.20.

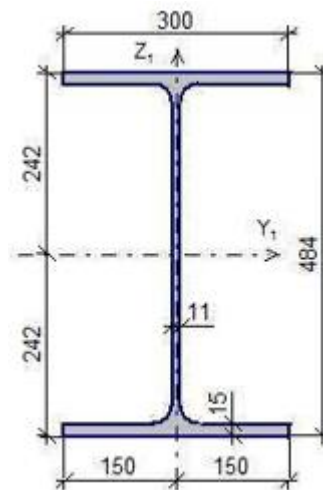


Рисунок 2.20 - Геометричні характеристики перерізу ригеля

Розрахунок на міцність елементів (балок), що згинаються, слід виконувати за такими формулами.

Перевірка міцності балки за нормальними напруженнями

$$\sigma = \frac{M}{W_{n,min}} \leq R_y \cdot \gamma_c, \quad (2.25)$$

$$\frac{M}{W_{n,min} \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.26)$$

де  $M = M_y = 85,09$  кН/м - максимальний згинальний момент в одній із головних площин (згідно з розрахунком за ПК SCAD);

$W_{n,min} = W_y = 451$  см<sup>3</sup> - момент опору перерізу нетто;

$R_y = 315$  Н/мм<sup>2</sup> - розрахунковий опір сталі розтягуванню, стисненню, вигину за межею текучості;

$\gamma_c = 0,9$  - коефіцієнт умов роботи.

$$\frac{85,09 \cdot 10^6}{451 \cdot 10^3 \cdot 315 \cdot 0,9} = 0,67 < 1$$

Умова виконується.

Перевірка міцності балки за дотичними напруженнями

$$\tau = \frac{Q \cdot S}{I \cdot t_w} \leq R_s \cdot \gamma_c, \quad (2.27)$$

$$\frac{Q \cdot S}{I \cdot t_w \cdot R_s \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.28)$$

де  $Q = Q_x = 286,914$  кН - поперечна сила (згідно з розрахунком за ПК SCAD);

$S = S_x = 1403$  см<sup>3</sup> - статичний момент півсічення;

$I = I_x = 60930$  см<sup>4</sup> - момент інерції перерізу;

$t_w = 11$  мм - товщина стінки;

$R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 315 = 182,7$  Н/мм<sup>2</sup> - розрахунковий опір сталі зсуву.

$$\frac{286,914 \cdot 10^3 \cdot 1403 \cdot 10^3}{60930 \cdot 10^4 \cdot 11 \cdot 182,7 \cdot 0,9} = 0,37 < 1.$$

Умова виконується.

Перевірка деформативності (жорсткості) балок належить до другої групи граничних станів і спрямована на запобігання умовам, що ускладнюють їхню нормальну експлуатацію. Суть перевірки: максимальний прогин балок  $f_{max}$  не повинен перевищувати граничних значень  $f_{\lim}$ , встановлених нормами проектування.

$$f_u = 1 / 250 = 12000 / 250 = 48 \text{ мм.}$$

Максимальний прогин балки слід визначати від нормативних навантажень.

Згідно з розрахунком за ПК SCAD  $f_{\max} = 38,71 \text{ мм}$ , що менше

$f_u = 48 \text{ мм}$ . Отже, жорсткість балки забезпечено.

#### 2.4.5 Перевірка перерізу зв'язків

Зробимо перевірку перерізу найбільш навантаженого зв'язку.

Перетин і матеріал зв'язку: кругла сталевая труба профілем 355,6×16, марка сталі - 09Г2С.

Геометричні характеристики перерізу колони представлено на рисунку 2.21.

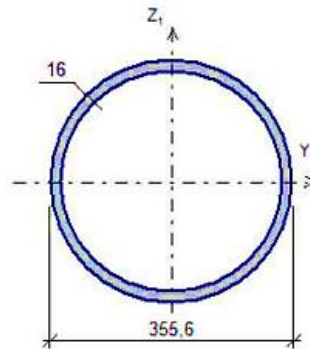


Рисунок 2.21 - Геометричні характеристики перерізу зв'язку

Розрахунок на міцність елементів у разі центрального розтягування або стискання слід виконувати за такою формулою

$$\frac{N}{A_n \cdot R_y \cdot \gamma_c} \leq 1, \quad (2.29)$$

де  $N = 4821,868 \text{ кН}$  - поздовжня сила в перерізі (згідно з розрахунком за ПК SCAD);

$A_n = 170,7 \text{ см}^2$  - площа поперечного перерізу профілю нетто, тобто з урахуванням ослаблення його отворами.

$R_y = 315 \text{ Н/мм}^2$  - розрахунковий опір сталі розтягуванню, стисненню, вигину за межею текучості;



$\gamma_c = 0,9$  - коефіцієнт умов роботи.

$$\frac{4821,868 \cdot 10^3}{170,7 \cdot 10^2 \cdot 315 \cdot 0,9} = 0,996 < 1.$$

Умова виконується.

Гнучкості елементів  $\lambda = l_{ef} / i$  не повинні перевищувати граничних значень  $\lambda_u$ .  
для розтягнутих елементів  $\lambda_u = 400$

Зробимо перевірку гнучкості

$$\lambda = \frac{l_{ef}}{i} = \frac{12,3 \cdot 10^3}{120,2} = 102,33 < \lambda_u = 400, \quad (2.30)$$

Де  $l_{ef} = l = 12,3$  м - розрахункова довжина елемента;

$i = 120,2$  см<sup>2</sup> - радіус інерції перерізу.

Умова виконується.

## 2.5 Проектування фундаментів

### 2.5.1 Оцінка інженерно-геологічних умов майданчика будівництва

Проектування фундаментів починається з оцінки ґрунтових умов майданчика, знаходження розрахункових значень, які заносяться в таблицю 2.15. Інженерно-геологічну колонку представлено на рисунку 2.22. За відносну відмітку 0,000 прийнято планувальну відмітку землі.

Таблиця 2.15 - Розрахункові характеристики ґрунтів

Повне найменування ґрунту	h, м	w, д.о.	e, д.е.	Щільність, т/м <sup>3</sup>			$\gamma$ ( $\gamma_{sb}$ ), кН/м <sup>3</sup>	IL, д.о.	Sr, д.о.	Розрахункові характеристики			R <sub>0</sub> , кПа
				$\rho$	$\rho_s$	$\rho_d$				$\varphi$ , град	СП, кПа	E, МПа	
Пісок пилюватий, середньої щільності, вологий	1,5	0,15	0,77	1,72	2,66	1,5	17,2	-	0,52	25,4	1,6	10,1	150

Продовження таблиці 2.15

Пісок дрібний, середньої щільності, вологий	2,9	0,16	0,74	1,77	2,66	1,53	17,7	-	0,58	28,4	0,2	19	200
Пісок пилюватий, середньої щільності, вологий	0,7	0,18	0,69	1,85	2,66	1,57	18,5	-	0,69	28,4	3,2	15,2	150
Пісок пилюватий, середньої щільності, насичений водою	0,4	0,26	0,69	1,98	2,66	1,57	(9,82)	-	1	28,4	3,2	15,2	100
Пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою	16,75	0,23	0,62	2,02	2,66	1,64	(10,25)	-	1	35,9	1,3	33	400

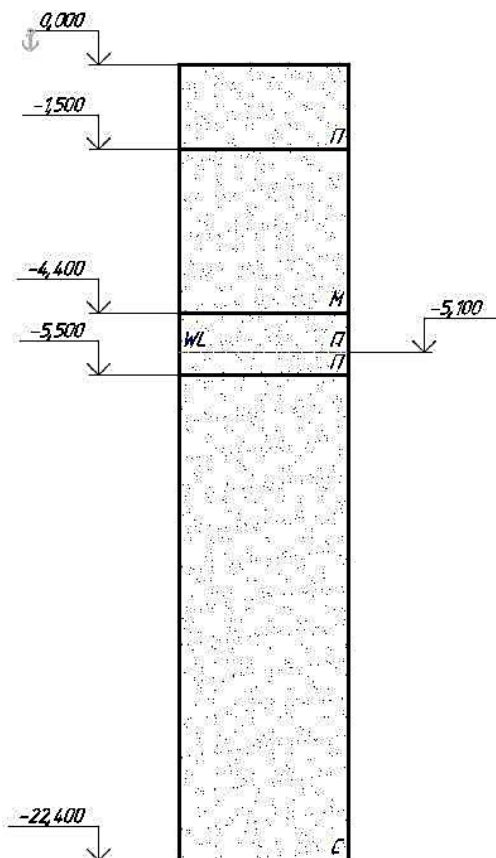


Рисунок 2.22 - Інженерно-геологічна колонка

## 2.6 Проектування стовпчастого фундаменту під колону в осях Б-20

### 2.6.1 Визначення глибини закладення

Глибина закладення фундаменту приймається як найбільша з таких трьох умов:

- конструктивної;
- промерзання в пучинистих ґрунтах;
- заглиблення підшви фундаменту в шар ґрунту з кращими будівельними властивостями (міцніший і менш деформаційний).

Розрахункова глибина промерзання визначається за формулою

$$d_f = k_n \cdot d_{fn}, \quad (2.31)$$

де  $k_n$  - коефіцієнт впливу теплового режиму опалювальної споруди для зовнішніх фундаментів (приймаємо  $k_n = 0,5$ );

$d_{fn}$  - нормативна глибина промерзання (для м. Луцьк  $d_{fn} = 0,8$  м.), збільшена на 25% як для супісків, дрібних і пилюватих пісків).

$$d_f = 0,5 \cdot 0,8 = 0,4 \text{ м.}$$

Відстань від розрахункової глибини промерзання до рівня підземних вод становить 4,7 м, що більше 2 м, отже, ґрунти не пучинисті.

З огляду на наступні умови, а також сумарне навантаження  $N_{\max} = 7861,172$  кН, приймаємо глибину закладення фундаменту  $d = 3,75$  м, висоту фундаменту 3,6 м:

- глибина закладення фундаменту вища за рівень ґрунтових вод не менше ніж на 0,5 м;

- заглиблення підшви фундаменту в покрівлю шару ґрунту не менше ніж на 0,3 м;

- глибина закладення фундаменту кратна 150 мм, а висота - 300 мм.

## 2.6.2 Визначення навантажень, що діють на фундамент і основу

На обріз фундаменту (на відм. -0,15 м) діють такі навантаження:

$N_{\max} = -7861,172$  кН,  $M_{\text{відп}} = -124,22$  кН·м,  $Q = 34,499$  кН. Навантаження від фундаменту визначається за формулою

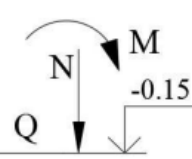
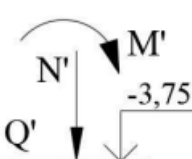
$$G = b \cdot l \cdot d \cdot \gamma_{\text{мт}}, \quad (2.32)$$

де  $b, l$  - ширина і довжина подошви фундаменту відповідно;

$\gamma_{\text{мт}}$  - середнє значення питомої ваги ґрунту і бетону, що дорівнює  $20$  кН/м<sup>3</sup>.

$$G = 4,5 \cdot 4,5 \cdot 3,75 \cdot 20 = 1518,75 \text{ кН}$$

Таблиця 2.16 - Збір навантажень

Розрахункова схема	Вид розрахунку	N, кН; M, кН·м; Q, кН
	Для розрахунку тіла фундаменту за I граничним станом	$N_{\max} = 7861,172$ ; $M_{\text{відп}} = 124,22$ ; $Q = 34,499$
	Для розрахунку основи за II граничним станом	$\frac{N_{\max}}{1,15} + G = \frac{7861,172}{1,15} + 1518,75 = 8354,55$ ; $\frac{M_{\text{відп}}}{1,15} + \frac{Q \cdot (d - 0,15)}{1,15} = \frac{124,22}{1,15} + \frac{34,499 \cdot (3,75 - 0,15)}{1,15} = 216,01$ ; $Q = \frac{34,499}{1,15} = 30$

## 2.6.3 Визначення розмірів подошви фундаменту

Обчислимо максимальну суму нормативних вертикальних навантажень

$$N_{0II} = \frac{N_{\max}}{\gamma_f} = \frac{7861,172}{1,15} = 6835,8 \text{ кН}, \quad (2.33)$$

де  $\gamma_f = 1,15$  - коефіцієнт надійності за навантаженням .

Площа підшви визначається за формулою

$$A = \frac{N_{0II}}{R_0 - \gamma_{mt} \cdot d}, \quad (2.34)$$

де  $R_0$  - розрахунковий опір ґрунту (приймаємо  $R_0 = 200$  кПа згідно з таблицею 2.15);

$\gamma_{mt}$  - середнє значення питомої ваги ґрунту і бетону, що дорівнює  $20$  кН/м<sup>3</sup>.

$$A = \frac{6835,8}{200 - 20 \cdot 3,75} = 54,69 \text{ м}^2.$$

Приймаємо квадратний фундамент. Тоді в першому наближенні ширина і довжина підшви фундаменту  $b = l = A = 7,5$  м (кратно модулю 300 мм).

#### 2.6.4 Визначення розрахункового опору ґрунту основи

Обчислимо усереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підшви фундаменту (середньозважене - при шаруватому напластуванні до глибини  $z = b$ ) і вище підшви відповідно

$$\gamma_{II} = \frac{0,65 \cdot 17,7 + 0,7 \cdot 18,5 + 0,4 \cdot 9,82 + 5,75 \cdot 10,25}{7,5} = 11,64 \text{ кН / м}^3, \quad (2.35)$$

$$\gamma'_{II} = \frac{1,5 \cdot 17,2 + 2,25 \cdot 17,7}{3,75} = 17,5 \text{ кН / м}^3. \quad (2.36)$$

Розрахунковий опір ґрунту для безпідвальних будинків при  $b < 10$  м

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot [M_\gamma \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot C_{II}], \quad (2.37)$$

де  $\gamma_{c1}$ ,  $\gamma_{c2}$  - коефіцієнти умов роботи (приймаємо  $\gamma_{c1} = 1,3$ ,  $\gamma_{c2} = 1$ );

$k$  - коефіцієнт, що приймається рівним 1,1, якщо характеристики міцності ґрунту прийняті за таблицями (табл. 2.15);

$M_\gamma$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  - коефіцієнти (приймаємо  $M_\gamma = 1,012$ ,  $M_q = 5,058$ ,  $M_c = 7,508$ );

$C_{II}$  - розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту під подошвою фундаменту (приймаємо  $C_{II} = 0,2$  кПа згідно з табл. 2.15)

$$R = \frac{1,3 \cdot 1}{1,1} \cdot [1,012 \cdot 7,5 \cdot 11,64 + 5,058 \cdot 3,75 \cdot 17,5 + 7,508 \cdot 0,2] = 498,47 \text{ кПа},$$

$$\frac{R - R_0}{R} \cdot 100\% = \frac{498,47 - 200}{498,47} = 59,88\%. \quad (2.38)$$

Оскільки розрахунковий опір більший за табличний більш ніж на 20% визначаємо площу подошви фундаменту в другому наближенні за формулою (2.34)

$$A = \frac{6835,8}{498,47 - 20 \cdot 3,75} = 16,14 \text{ м}^2.$$

Тоді ширина і довжина подошви фундаменту  $b = l = A = 4,2$  м. Визначаємо розрахунковий опір ґрунту в другому наближенні за формулою 2.37

$$R = \frac{1,3 \cdot 1}{1,1} \cdot [1,012 \cdot 4,2 \cdot 12,74 + 5,058 \cdot 3,75 \cdot 17,5 + 7,508 \cdot 0,2] = 458,05 \text{ кПа}$$

При цьому значенні розрахункового опору ґрунту потрібна площа

$$A = \frac{6835,8}{458,05 - 20 \cdot 3,75} = 17,85 \text{ м}^2.$$

Приймаємо  $b = l = 4,5$  м,  $A = 20,25 \text{ м}^2$

## 2.6.5 Перевірка умов розрахунку основи за деформаціями

Основними критеріями розрахунку основи фундаменту неглибокого закладення за деформаціями є такі умови

$$P_{II} = \frac{N'_{II}}{A} \leq R, \quad (2.39)$$

$$P_{max} = \frac{N'_{II}}{A} + \left| \frac{M'_{II}}{W} \right| \leq 1,2 \cdot R, \quad (2.40)$$

$$P_{min} = \frac{N'_{II}}{A} - \left| \frac{M'_{II}}{W} \right| \geq 0, \quad (2.41)$$

де  $W$  - момент опору площі подошви фундаменту;

$M'_{II}$  - розрахункове значення моменту, що діє на подошву фундаменту (приймаємо  $M'_{II} = 216,01 \text{ кН}\cdot\text{м}$  згідно з табл. 2.15);

$M'_{II}$  - найбільше вертикальне навантаження (приймаємо  $M'_{II} = 8354,55 \text{ кН}$  згідно з

Момент опору квадратного в плані фундаменту

$$W = \frac{b \cdot l^2}{6} = \frac{4,5 \cdot 4,5^2}{6} = 15,19 \text{ м}^3. \quad (2.42)$$

Тоді вищенаведені умови набудуть вигляду

$$P_{II} = \frac{8354,55}{20,25} = 412,57 \text{ кПа} < 458,05 \text{ кПа}.$$

Умова  $P_{II} \leq R$  задоволена і різниця становить не більше 10%, тому розміри фундаменту залишаються без зміни.

$$P_{max} = \frac{8354,55}{20,25} + \left| \frac{216,01}{15,19} \right| = 426,79 \text{ кПа} < 549,66 \text{ кПа},$$

$$P_{min} = \frac{8354,55}{20,25} - \left| \frac{216,01}{15,19} \right| = 398,35 > 0.$$

Усі умови виконуються.

## 2.6.6 Визначення середньої осадки основи методом пошарового підсумовування

Основу поділяємо на горизонтальні шари товщиною не більше ніж  $0,4 \cdot b = 0,4 \cdot 4,5 = 1,8 \text{ м}$  до глибини  $4 \cdot b = 4 \cdot 4,5 = 18 \text{ м}$ .

Визначаємо тиск на рівні подошви фундаменту за формулою

$$\sigma_{zg0} = \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_2 \cdot h_2 = 17,2 \cdot 1,5 + 17,7 \cdot 2,25 = 65,63 \text{ кПа} . \quad (2.43)$$

Додаємо тиск від кожного нижчого шару згідно з формулою

$$\sigma_{zg_i} = \sigma_{zg_{i-1}} + \gamma_i \cdot h_i . \quad (2.44)$$

Додатковий тиск на підшву фундаменту знаходимо за формулою

$$P_0 = P_{II} - \sigma_{zg0} = 412,57 - 65,63 = 346,94 \text{ кПа} . \quad (2.45)$$

Напруга від додаткового тиску

$$\sigma_{zp} = \alpha \cdot P_0 , \quad (2.46)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт розсіювання напружень;

Визначаємо нижню межу стисливої товщі за співвідношенням

$$0,2 \cdot \sigma_{zq} = \sigma_{zp} . \quad (2.47)$$

Для кожного з шарів у межі стисливої товщі визначаємо середнє додаткове вертикальне напруження в шарі за формулою

$$\frac{(\sigma_{zp_i} + \sigma_{zp_{i-1}})}{2} = \sigma_{z_{cp}} . \quad (2.48)$$

Обчислюємо середню осадку основи за формулою

$$S_i = \frac{\sigma_{z_{cp_i}} \cdot h_i \cdot \beta}{E_i} , \quad (2.49)$$



де  $\beta$  - безрозмірний коефіцієнт, що дорівнює 0,8.

Обчислюємо середню осадку основи

$$S = \sum S_i = 4,81 \text{ см.} \quad (2.50)$$

Таким чином, отримане значення менше за граничне  $S_u = 20$  см і перепроєктування не потрібне.

## РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

### 3.1 Моделювання консолі

Розрахункову схему консолі будівлі задаємо в редакторі обчислювального комплексу SCAD Office.

Цей редактор, як і сам SCAD, має ті самі підтримувані формати імпорту/експорту розрахункових схем. Одним із варіантів імпорту розрахункових схем є інтеграція даних у форматах \*.dwg/\*.dxf. Цей спосіб застосовувався під час проектування будівлі.

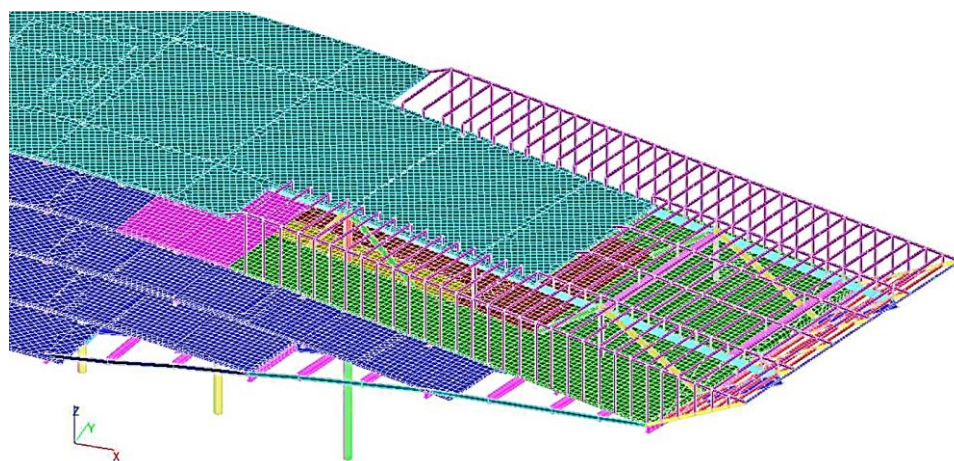


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема будівлі в системі SCAD (консольна частина)

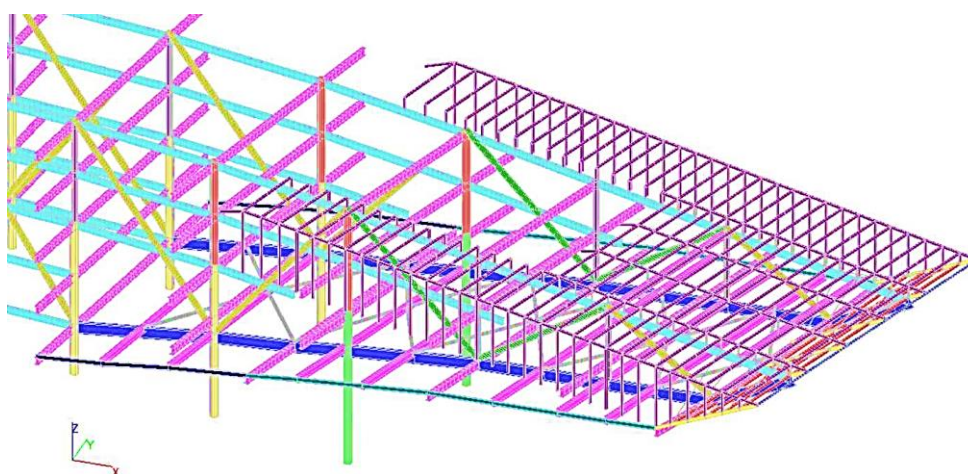


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема металевого каркаса будівлі в системі SCAD  
(консольна частина)

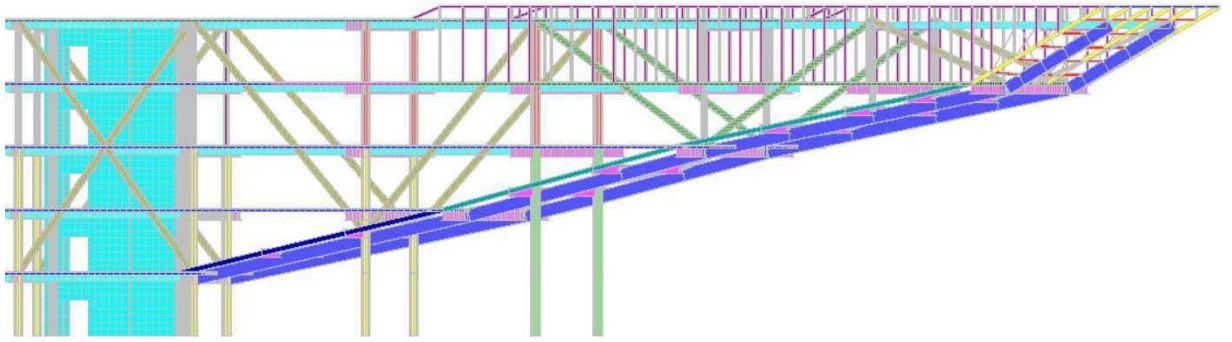


Рисунок 3.3 - Розрахункова схема будівлі в системі SCAD (консольна частина, вигляд збоку)

### 3.2 Конструктивні варіанти влаштування консолі

Розглянемо варіанти розташування вертикальних зв'язків у площині колон у консольній частині будівлі. Системи зв'язків представлено на рисунках 3.4-3.6.

Виконаємо попередні розрахунки цих систем з використанням програмного комплексу SCAD.

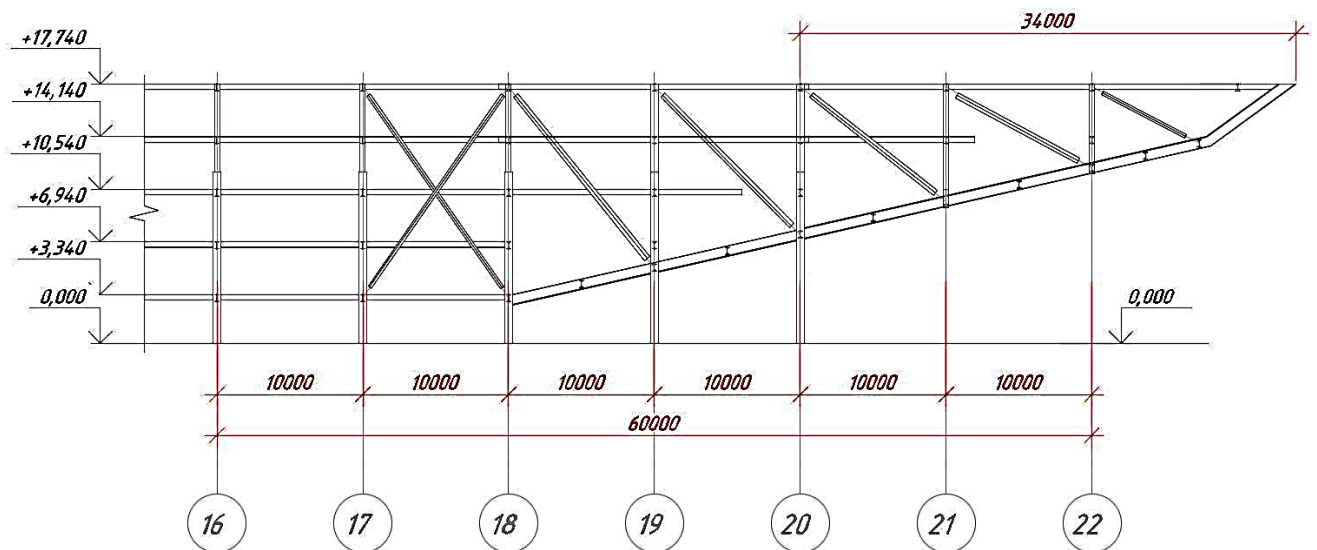


Рисунок 3.4 - Система зв'язків у консольній частині будівлі. Варіант 1

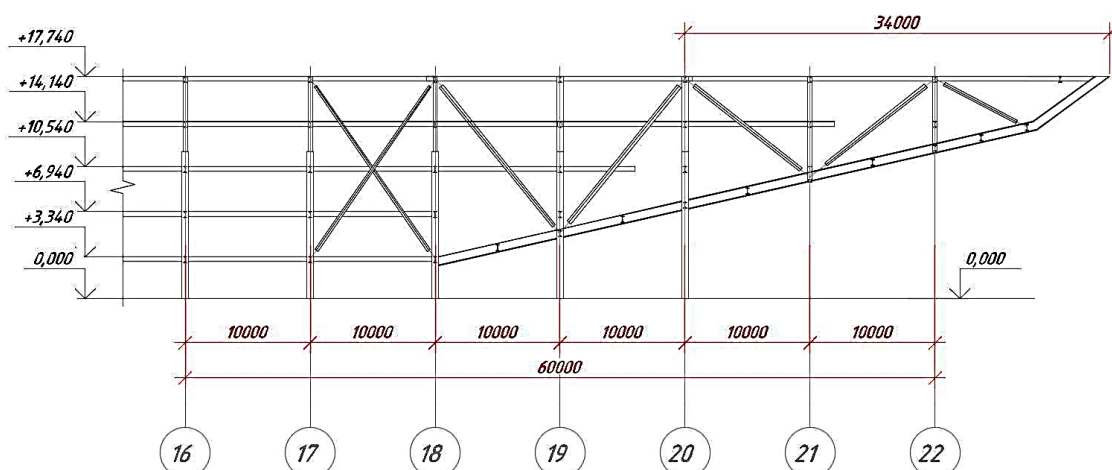


Рисунок 3.5 - Система зв'язків у консольній частині будівлі. Варіант 2

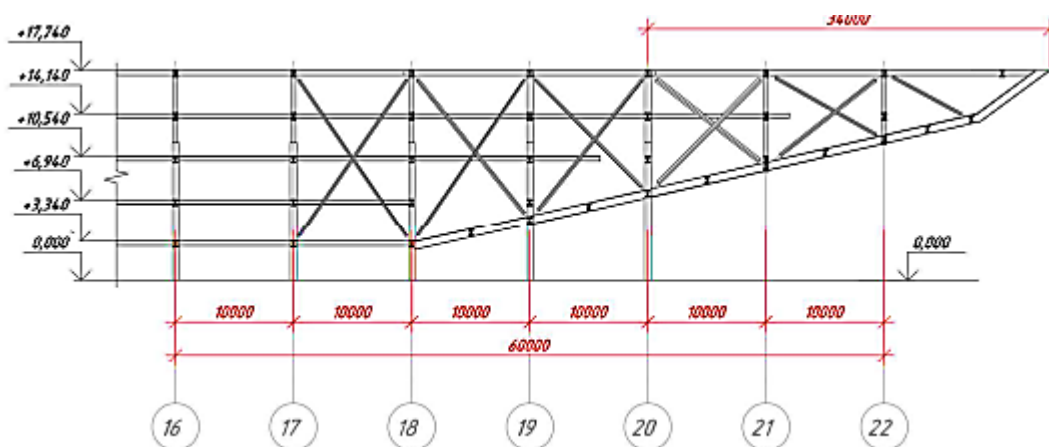


Рисунок 3.6 – Система зв'язків у консольній частині будівлі. Варіант 3

Проведемо порівняльний аналіз максимальних значень переміщень і витрати сталі на основні елементи металевого каркаса будівлі. Результати представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Порівняння вертикальних переміщень каркаса

Найменування показника	Од. вим.	Значення показника		
		Варіант 1	Варіант 2	Варіант 3
Максимальний прогин консолі	мм	218,67	214,75	197,93
Витрата сталі на металевий каркас	т	649,25	650,84	651,83

Вертикальні переміщення каркаса в третьому варіанті найменші, проте влаштування вертикальних хрестових зв'язків найбільш трудомістке, тому що в цьому випадку зростає кількість вузлів сполучення. Крім того, такий варіант постановки зв'язків є невіграшним з погляду архітектурного вигляду, оскільки елементи зв'язків відкриті для огляду всередині будівлі.

Таким чином, приймаємо 2-ий варіант системи зв'язків у консольній частині будівлі, оскільки він оптимальний з погляду максимальних прогинів і матеріаломісткості.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Охорона праці

##### 4.1.1 Законодавчі акти України

Адміністрація (роботодавець) для створення безпечних і нешкідливих умов праці працівників і для власної безпеки зобов'язана керуватися переліком таких основних нормативно-законодавчих актів і документів з охорони праці:

- Закон України «Про охорону праці»;
- Типове положення про службу охорони праці;
- Положення про порядок розслідування нещасних випадків, що сталися під час навчально-виховного процесу в навчальних закладах (Наказ МОН України № 616 від 31.08.2001 року):

- Порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництві (Постанова КМУ № 1112 від 25 серпня 2004 року);

- Типове положення про навчання з питань охорони праці;
- Положення про розробку інструкцій з охорони праці;
- Перелік робіт з підвищеною небезпекою;
- Перелік робіт, де необхідний професійний відбір;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей жінками;
- Граничні норми підняття і переміщення важких речей неповнолітніми;
- Положення про медичний огляд працівників окремих категорій;
- Перелік посад посадових осіб, які зобов'язані проходити попередню і періодичну перевірку знань з охорони праці;

- Порядок розробки і затвердження власником нормативних актів про охорону праці, чинних на підприємстві;

- Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту (Наказ Держгірпромнагляду від 24.03.2008 року № 53);

- Порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці (Постанова Кабінету Міністрів України N 442 від 01.09.1992 року);
- Типове положення про комісію з питань охорони праці;
- Типове положення «Про кабінет охорони праці».

Адміністрації також необхідно користуватися відповідними галузевими та міжгалузевими нормативно-правовими актами з охорони праці згідно з Державним реєстром міжгалузевих і галузевих нормативних актів з охорони праці. До початку роботи в будівельній організації кожен працівник повинен пройти інструктаж з техніки безпеки. Інструктаж буває вступний, первинний і повторний. Територію будівельного майданчика обгороджують парканом з ворітьми для в'їзду і виїзду транспорту. Висота його повинна бути не менше 2 м, а відстань до будинку, що споруджується, не менше 10 м. Якщо будинок розміщено вздовж вулиці і паркан поставлено ближче, на ньому має бути захисний піддашок завширшки не менше 1 м, закріплений з нахилом у бік будівельного майданчика під кутом 20° до горизонту.

По периметру будинку визначають небезпечну для людей зону, на межі якої встановлюють попереджувальні знаки або написи. При висоті будинку до 20 м ширина цієї зони має бути не менше 7 м, а при висоті 20—70 м — не менше 10 м. На території будівельного майданчика обладнують проїзди для транспорту і проходи для людей. У місцях в'їзду і виїзду автотранспорту вивішують попереджувальні написи ("Бережись автомобіля!" тощо). Вночі такі написи слід добре освітлювати. Для переходу робітників через котловани і траншеї споруджують перехідні містки з поруччям заввишки не менше 1,1 м. Проходи на укосах з нахилом більше 20° обладнують драбинами або східцями з одnobічним поруччям. В усіх небезпечних місцях вивішують попереджувальні знаки і написи, наприклад: «Не стій під вантажем», «Не перевантажуй риштувань» тощо.

Будівельні роботи на висоті до 4 м виконують з помостів або столиків, на висоті більше 4 м — з риштувань, пересувних вишок і колисок.

Робочі місця, розміщені над землею вище 1 м, мають бути обгороджені поруччям заввишки не менше 1 м з проміжними горизонтальними елементами і бортовою дошкою заввишки не менше 15 см або поруччям з металевою сіткою.

До роботи з машинами і механізмами допускають лише осіб, що пройшли спеціальну підготовку і одержали посвідчення на право керування (або обслуговування) цією машиною. Працюючи біля машини чи механізму, слід суворо дотримуватися правил техніки безпеки, а також знати інструкцію щодо експлуатації машини, яка обов'язково має бути на робочому місці, і виконувати її вимоги. Працювати на стаціонарних машинах можна лише після міцного закріплення їх на фундаментах. Пересувні машини (розчинонасоси, компресорні установки, розчинозмішувачі тощо) варто встановлювати на рівних майданчиках (або площадках), після чого закріплювати розтяжками або класти під їхні колеса колодки. Усі рухомі частини машин і механізмів повинні бути закриті кожухами або капотами, а робочий майданчик навколо машини — обгороджений. Перед пуском машини після монтажу або ремонту слід уважно оглянути її і перевірити, щоб на ній не залишилось запасних частин або монтажного інструменту, які під час роботи можуть потрапити в рухомі частини і спричинити аварію. Категорично забороняється залишати працюючу машину без нагляду, а також регулювати або змащувати її під час роботи.

#### **4.1.2 Рішення з охорони праці**

Під час виконання будівельно-монтажних робіт зі зведення будівлі з монолітного залізобетону необхідно дотримуватися вимог "Безпека праці в будівництві", "Правил пожежної безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт", "Правил влаштування та безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів".

Безпека виконання робіт має бути забезпечена:

– вибором відповідного раціонального технологічного оснащення; підготовкою та організацією робочих місць виконання робіт; застосуванням



засобів захисту працюючих;

- проведення медичного огляду осіб, допущених до роботи;
- своєчасним навчанням і перевіркою знань робітничого персоналу та ІТП з техніки безпеки під час виконання будівельно-монтажних робіт.

- Особливу увагу необхідно звертати на таке:
- способи стропування елементів конструкцій повинні забезпечувати їхню подачу до місця встановлення в положенні, близькому до проектного;

- елементи монтованих конструкцій під час переміщення повинні утримуватися від розгойдування і обертання гнучкими відтяжками;

- не допускати перебування людей під вмонтовуваними елементами конструкцій до встановлення їх у проектне положення і закріплення;

- під час переміщення краном вантажів відстань між зовнішніми габаритами вантажів, що проносяться, і виступаючими частинами конструкцій і перешкод заходом переміщення має бути за горизонталлю не менше ніж 1 м, по вертикалі - не менше ніж 0,5 м;

- монтаж і демонтаж опалубки може бути розпочато з дозволу технічного керівника будівництва і повинен проводитися під безпосереднім наглядом спеціально призначеної особи технічного персоналу;

- переміщення завантаженого або порожнього бункера дозволяється тільки при закритому затворі;

- не допускається торкання вібратором арматури і перебування робітника в зоні можливого падіння бункера.

Під час роботи на висоті понад 1,5 м усі робітники зобов'язані користуватися запобіжними поясами з карабінами.

Розбирання опалубки допускається після набору бетоном розпалубної міцності і з дозволу виконавця робіт.

Відрив опалубки від бетону проводиться за допомогою домкратів. У процесі відриву бетонна поверхня не повинна пошкоджуватися.

Робочі місця електрозварювальників повинні бути огорожені спеціальними переносними огороженнями. Перед початком зварювання необхідно перевірити

справність ізоляції зварювальних проводів і електродотримачів, а також щільність з'єднання всіх контактів. При перервах у роботі електрозварювальні установки необхідно відключати від мережі.

Вантажно-розвантажувальні роботи, складування і монтаж арматурних каркасів повинні виконуватися інвентарними вантажозахоплювальними пристроями та з дотриманням заходів, що унеможливають падіння, ковзання і втрату стійкості вантажів.

Очищення лотка автобетонозмішувача і завантажувального отвору від залишків бетонної суміші проводять тільки при нерухомому барабані.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1 Заходи з та пожежної безпеки**

Небезпечні зони, в які вхід людей, не пов'язаних з цим видом робіт, заборонений, огорожуються і позначаються.

Передбачено безпечні шляхи для пішоходів і автомобільного транспорту.

Тимчасові адміністративно-господарські та побутові будівлі і споруди розміщені поза небезпечною зоною від роботи монтажного крана.

Туалети розміщені таким чином, що відстань від найбільш віддаленого місця поза будівлею не перевищує 200 м.

Питні установки розміщені на відстані, що не перевищує 75 м від робочих місць. Між тимчасовими будівлями і спорудами передбачено протипожежні розриви. На будівельному майданчику повинні створюватися безпечні умови праці, що виключають можливість ураження людей електричним струмом.

Будівельний майданчик, проходи, проїзди і робочі місця освітлені. Позначено місця для паління і розміщено пожежні пости, обладнані інвентарем для пожежогасіння.

Під час переміщення і подачі на робоче місце вантажопідіймальними кранами цегли, керамічного каміння і дрібних блоків слід застосовувати піддони, контейнери і

вантажозахоплювальні пристрої, які унеможливають падіння вантажу під час підйому.

На ділянці, де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб. Монтаж конструкцій кожного наступного ярусу (ділянки) будівлі або споруди слід проводити тільки після надійного закріплення всіх елементів попереднього ярусу (ділянки) згідно з проектом. Виконання робіт усередині будинків і споруд із застосуванням горючих речовин і матеріалів одночасно з іншими будівельно-монтажними роботами, пов'язаними із застосуванням відкритого вогню (зварювання тощо), не допускається.

## ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи були розроблені основні проектні рішення для будівництва офісного центру в Луцьку.

У кваліфікаційній роботі представлені архітектурно-планувальні та конструктивні рішення.

У розрахунково-конструктивному розділі всі ухвалені рішення підтверджені розрахунками, проведеними за допомогою програмного комплексу SCAD.

В науково-дослідному розділі, заснованому на моделюванні роботи консольної конструкції, визначено величини деформації консолі в залежності від конфігурації решітки. Також були розроблені заходи з охорони праці та пожежної безпеки для громадської споруди.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ковальчук Я. О. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія” / Я. О. Ковальчук, Г. М. Крамар, О. М. Мещерякова. - Тернопіль : ТНТУ, 2020. – 56 с.
2. ДБН В.2.2-9-2019 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення.
3. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
4. ДБН В.1.17-2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2016.
5. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
6. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель, 2021.
7. ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
8. ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.
9. ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
10. ДБН В.1.2-2:2006 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об’єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування.
11. Malezhyk, M.P., Pidhurs’kyi, M.I., Rudyak, Y.A., Pidhurs’kyi, I.M. & Voitovych, L.V. (2019) Investigation of the Fracture of an Orthotropic Plate with Circular Hole and Two Edge Cracks Under Pulsed Loading by the Method of Dynamic Photoelasticity. *Materials Science*, 55(2). P. 254-258. (SCOPUS)
12. Pidgurskyi I. Analysis of stress intensity factors obtained with the fem for surface semielliptical cracks in the zones of structural stress concentrators // *Scientific Journal of TNTU*. - Ternopil: TNTU, 2018. - Vol. 90. - No 2. - P. 92-104. (Index

Copernicus, Google Scholar)

13. Mykhailo Hud, Natalia Chornomaz, Roman Grytseliak, Denys Baran, Study of the joint work of the foundations and the spatial tower under the action of dynamic loads, *Procedia Structural Integrity*, Volume 36, 2022, Pages 87-91, ISSN 2452-3216, <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.007>. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452321622000075>)

14. Maruschak P., Degradation and cyclic crack resistance of continuous casting machine roll material under operating temperatures / P. Maruschak, D. Baran // *Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering*. - 2011. - Vol. 35. - M2. - P. 159-165.

15. Shved, Yaroslav, Yaroslav Kovalchuk, and Natalya Shynhera. "Welded truss deformation under thermal influence." *Вісник Тернопільського національного технічного університету* 105.1 (2022): 13-18.

16. Yasniy, P.V., Mykhailyshyn, M.S., Pyndus, Y.I. et al. Numerical Analysis of Natural Vibrations of Cylindrical Shells Made of Aluminum Alloy. *Mater Sci* 55, 502–508 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00331-2>

17. Макара, Т.Я. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.Я. Макара, Т.О. Криницький, А.П. Сорочак // *Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей IX Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020)*. – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 93.

18. Ковальчук Я. Теплоізоляційні будівельні матеріали з місцевих технологічних відходів / Я. Ковальчук, Г. Крамар, Л. Бодрова, І. Коваль, С. Мариненко // *Наукові нотатки*. - 2019. - Вип. 66. - С. 165-171.

19. Розрахунки і проектування спеціальних будівель і споруд: Навчальний посібник/ Фомиця Л.М., Артеменко А.К., Мамін О.М., Височин І.А. // Під редак. Л.М.Фомиці.- К: Урожай.- 1994.

20. Залізобетонні конструкції. Навчальний посібник / Вахненко П.Ф., Павліков А.М., Горик О.В., Вахненко В.П.// К: Вища школа, 1999.

21. Зоценко М.Л., Коваленко В.І., Хілобок В.Г. Яковлев А.В. Інженерна

геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. -К.:Вища шк.,1992.- 408 с.

22. Yaroslav Shved, Yaroslav Kovalchuk, Liudmyla Bodrova, Halyna Kramar, Natalya Shynhera, Material consumption optimization of a welded rafter truss made of angle profiles,Procedia Structural Integrity, Volume 36, 2022,Pages 10-16,ISSN 2452-3216,<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2021.12.076>.

23. ДСТУ-П OHSAS 18002: 2006 Системи управління безпекою та гігієною праці. Основні принципи виконання вимог (OHSAS 18002:2000, IDT).

24. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення"

25. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять

26. ДСТУ Б А.3.2-15:2011 Норми освітлення будівельних майданчиків

27. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови

28. НПАОП 0.00-6.23–92 Про порядок проведення атестації робочих місць за умовами праці

29. НПАОП 0.00-4.12–05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

30. Методичні вказівки для написання розділу дипломного проекту з дисципліни «Охорона праці в галузі» / В. Б. Каспрук. - Тернопіль: ТНТУ, 2017. - 14 с

31. «Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».

32. Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека». Навчальний посібник / В.С. Стручок, – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2022. – 150 с.

33. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання / В.С.Стручок. — Тернопіль: ФОП Паляниця В. А.,

2022. — 156 с.