

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

**ЦППО**  
(повна назва факультету)  
**Будівельної механіки**  
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

## Магістра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект адміністративно-офісної будівлі з дослідженням енергоефективності

Виконав: студент 2 курсу, групи МБд-2  
спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва спеціальності)

\_\_\_\_\_ **Мацьків О.Г.** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_ **Коваль І.В.** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ **Данильченко С.М.** \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент \_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

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

Факультет ЦПО

(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 Мацьків Ользі Геннадіївній

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект адміністративно-офісної будівлі з дослідженням з дослідженням енергоефективності

Керівник роботи Коваль Ігор Володимирович, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «24» вересня 2021 року № 4/7-792

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)  
6-8 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	Данильченко С.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)

Мацьків О.Г.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Коваль І.В.  
\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. Архітектурно-будівельний.....	8
1.1 Об'ємно-планувальні рішення будівлі .....	8
1.1.1 Характеристики обсягу та планування будівлі в цілому.....	8
1.1.2 Функціональний розподіл приміщень будівлі.....	9
1.1.3 Заходи, що забезпечують доступність для маломобільних груп населення.....	11
1.1.4 Заходи забезпечення пожежної безпеки будівлі .....	12
1.2 Архітектурно-конструктивне рішення будівлі .....	14
1.2.1 Фундамент та несучі елементи каркасу.....	14
1.2.2 Стіни.....	15
1.2.3 Переkritтя та сходи .....	18
1.2.4 Покрівля .....	18
1.2.5 Ліфти .....	19
1.2.6 Заповнення отворів .....	19
1.2.7 Внутрішнє оздоблення приміщень.....	19
1.2.8 Інженерне обладнання.....	20
1.3 Архітектурне рішення будівлі .....	21
РОЗДІЛ 2. Розрахунково-конструктивний.....	24
2.1 Збір навантажень.....	24
2.1.1 Збирання навантажень на покриття будівлі.....	24
2.1.2 Розрахунок вітрового навантаження на будівлю .....	25
2.1.3 Збирання навантажень на купол будівлі .....	27
2.2 Розрахунок конструкцій у програмному комплексі SCAD.....	30

2.2.1	Опис розрахункової схеми будівлі.....	30
2.3	Перевірочні розрахунки .....	33
2.3.1	Перевірочний розрахунок колон .....	33
2.3.2	Перевірочний розрахунок ригеля.....	38
2.3.4	Перевірочний розрахунок вертикальних зв'язків .....	40
2.4	Розрахунки вузлів .....	41
2.4.1	Розрахунок вузла спирання колони 1-го поверху .....	41
2.4.2	Розрахунок вузла кріплення ригеля та колони .....	44
2.4.3	Розрахунок вузла кріплення арки купола до консольного ригеля.....	47
2.4.4	Розрахунок фланцевого вузла арки бані.....	47
РОЗДІЛ 3.	Науково-дослідний .....	53
3.1	Типи теплових втрат.....	53
3.2	Розрахунок теплотехнічних параметрів будівлі.....	54
РОЗДІЛ 4.	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	65
4.1	Охорона праці.....	65
4.1.1	Основні законодавчі акти України з охорони праці .....	65
4.1.2	Небезпека під час будівництва.....	67
4.1.3	Розрахунок вентиляції адміністративно-побутового приміщення.....	69
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	71
4.2.1	Законодавча база України .....	71
4.2.2	Забезпечення евакуаційних заходів при пожежах.....	71
ВИСНОВОК	.....	75
Список використаних джерел.....		76

## ВСТУП

У рамках виконання КРМ розроблено проект адміністративно-офісної будівлі у м. Білгород-Дністровський. Розроблений проект включає архітектурно-будівельний розділ: опис архітектурного та об'ємно-планувального рішення будівлі. Розрахунково-конструктивний розділ: розрахунок несучих конструкцій каркасу будівлі із застосуванням ЕОМ; перевірочні розрахунки основних несучих конструкцій та вузлів каркасу. У науково-дослідний розділ входить розрахунок енергоефективності будівлі, залежно від прийнятих конструктивних рішень.

**Актуальність теми.** Зростання потреб суспільства в наявності багатофункціональних будівель та комплексів, як елементів міської інфраструктури.

**Мета роботи:** Розробка проекту адміністративно-офісної будівлі з дослідженням енергоефективності.

**Об'єкт досліджень** –тепловтрати адміністративно-офісних будівель.

**Предмет дослідження** – теплотехнічні параметри основних огорожуючих конструкцій адміністративно-офісних будівель.

**Доцільність проведення досліджень** зумовлена тим, що отримані результати дадуть можливість підвищити економічність та енергонезалежність адміністративно-офісних будівель при їх експлуатації.

**Завдання роботи:**

- розробити основні конструктивні та архітектурні рішення адміністративно-офісної будівлі;
- виконати розрахунок основних несучих конструкцій;
- розробити будгенплан;
- визначити основні теплотехнічні параметри основних огорожуючих конструкцій адміністративно-офісної будівлі;
- розробити заходи по охороні праці та цивільному захисту населення.

**Методи дослідження** – аналіз літературних джерел, чисельні.

**Галуззю застосування** результатів роботи є проектування нових, реконструкція та експлуатація існуючих адміністративно-офісних будівель.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що отримала подальший розвиток методика визначення основних теплотехнічних параметрів основних огорожуючих конструкцій адміністративно-офісних будівель.

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

**Апробація результатів** магістерської роботи виконана роботи виконана на X Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів (Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 24-25 листопада 2021 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:** енергоефективність, клас енергоефективності, офісні будівлі.

## **РОЗДІЛ 1. Архітектурно-будівельний**

### **1.1 Об'ємно-планувальні рішення будівлі**

#### **1.1.1 Характеристики обсягу та планування будівлі в цілому**

Проектований бізнес-центр розташований у м. Білгород-Дністровський. За формою у плані – дванадцятигранник; довжина в осях 1-17 дорівнює 96 м, ширина в осях А-Н дорівнює 30 м. Будівля 16-ти поверхова, також передбачені 2 підземні поверхи з метою розміщення автостоянки. Покрівля будівлі, що експлуатується, позначка покрівлі +67,500. Також проектом передбачено наявність купола у формі еліпса, позначка верхньої точки купола +71,700. Сітка колон будівлі приймається 6 \*6 м.

При розробці об'ємно-планувальних рішень бізнес-центру ставилася за мету забезпечення великої площі офісних і торгових приміщень, що розташовані на відносно невеликій площі забудови.

На першому поверсі (з позначкою підлоги +0,000) згідно з проектом та планом будівлі передбачено розташування вхідної групи, що включає такі об'ємно-планувальні елементи як тамбури, торгові та складські приміщення, коридори, санвузли, сходові та ліфтові вузли.

Також на 2 та 3 поверхах передбачено розміщення 2 кафе з обідніми залами. Кожне кафе має число місць, що дорівнює 50. Для кафе передбачено кухонну зону та підсобні приміщення.

На поверхах з 4 по 16 розташовані офісні приміщення. На кожному поверсі розміщено по 3 спеціалізовані кімнати для проведення нарад.

Планування в будівлі вільні, з можливістю перенесення, додавання або видалення перегородок з гіпсокартону. Санвузли розташовані у центральній частині будівлі.

Ступінь вогнестійкості будівлі – І.

Клас конструктивної пожежної безпеки С-0.

Пожежна безпека будівельних конструкцій – К0.



Основні об'ємно-планувальні характеристики об'єкта, що проектується:

- загальна площа будівлі згідно з додатком Г [6] : 42768 м<sup>2</sup>
- корисна площа будівлі згідно з додатком Г [6]: 28512 м<sup>2</sup>
- розрахункова площа будівлі згідно з додатком Г[6]: 14256 м<sup>2</sup>
- будівельний об'єм будівлі згідно з додатком Г [6]: 180 338 м<sup>3</sup>.

### **1.1.2 Функціональний розподіл приміщень будівлі**

Проектом передбачено облаштування підземної двоповерхової автостоянки. Кількість паркувальних місць розраховано на одночасне знаходження 200 автомобілів. На автостоянку відвідувачі торгового центру та службовці офісних приміщень можуть потрапити двома способами: на вантажопасажирських ліфтах, або завдяки сходам, що проходять по всій висоті будівлі офісно-торгівельного центру.

Перший, другий та третій поверхи мають переважно торгову функцію. Торгові зали пов'язані по вертикалі між собою не лише сходами та вантажопасажирськими ліфтами, а й 2 ескалаторами, що працюють на підйом. На перших трьох поверхах передбачені складські приміщення, призначені для складування товарів чи службового призначення. Також передбачені чоловічі та жіночі туалети для персоналу та відвідувачів.

У кожному санвузлі передбачена кабінка для маломобільних груп населення, глибиною 1,8 м та шириною 1,65 м. Усього на будівлю кабинок для маломобільних груп населення передбачено у кількості 32 штук. Також у кожному санвузлі зона раковин відокремлюється перегородкою від зони санітарних приладів.

Головний вхід до проектованої будівлі організований з боку вулиці, також передбачено ще 2 виходи, призначені для службових цілей.

Відповідно до планувального рішення, службові входи знаходяться поруч із вантажними ліфтами та складськими приміщеннями, що полегшує доставку та складування вантажів.

Також службові входи можуть бути використані як евакуаційні виходи, і розташовуються поблизу сходових площадок (оснащених підведенням повітря).

Головний вхід обладнується двома критими сходами завширшки 5,5 м. Також вхідна група до будівлі передбачає пандус із ухилом 1:20 та довжиною 8м. Висота ганку дорівнює 400 мм. Всі входи, у тому числі й службові, обладнуються саморозсувними дверима з датчиками руху. Передбачено 4 теплові завіси біля кожної вхідної двері.

Висоту поверхів для торгової та офісної частин приймали рівною 4,2 м. Плоске покрівельне покриття влітку може бути використане для облаштування ресторанної зони або для рекреаційних цілей. Обладнано 3 виходи на покрівлю зі сходових площадок.

Покрівля будівлі обладнана куполом у формі еліпса заввишки 4,2 м, завдовжки 36 м і шириною 18 м.

У будівлі є 3 пожежні незадимлювані сходи типу Н1 зі штучним підведенням повітря, оскільки будинок має висоту 67,5м. Відповідно до проекту, передбачено технічний поверх, на якому розташовується інженерне обладнання будівлі, у тому числі водомірні вузли, головний розподільчий електрощит, тепловий пункт, а також вентиляційне обладнання.

Вертикальні з'єднання приміщень офісно-торгівельного комплексу забезпечені 3-ма прольотами сходів, 2 з яких можуть бути використані як евакуаційні виходи.

Згідно з проектом, у будівлі передбачені 2 вантажопасажирські ліфти вантажопідйомністю 650 кг, а також 2 вантажопасажирські ліфти, призначені в першу чергу для обслуговування складів на 2 та 3 поверхах вантажопідйомністю 1000 кг. Усі ліфти можуть бути використані для транспортування пожежних підрозділів. Також застосовуються 2 ескалатори між трьома надземними поверхами. Ескалатори працюють на підйом.

З 4 по 16 поверхи передбачені зони відпочинку та рекреації для відпочинку працівників. На 16 поверсі запроектований критий атриум, як покриття якого використаний купол.

### **1.1.3 Заходи, що забезпечують доступність для маломобільних груп населення**

У цьому проекті враховано вимоги [14]. Проектом передбачено облаштування пандусів для всіх трьох входів у будівлю. Довжина маршру пандусу 8 метрів, ухил 1:20. Ширину між поручнями пандуса приймаємо рівною 1 м. Пандуси обладнані двосторонньою огорожею, поручні знаходяться на висоті 0,9 м. Висота підйому пандусу 400 мм.

Горизонтальні вільні зони мають розмір 2,1 x 2,1 м. Колесовідбійні пристрої встановлені на проміжних майданчиках та з'їздах та мають висоту 0,1 м.

Вхідні двері запроектовані автоматичними. Глибина тамбурів прийнято 2,4м.

Також передбачено 10 місць для паркування маломобільних груп населення. Місця позначені спеціальними знаками. Також передбачено безпосередній зв'язок підземної автостоянки за допомогою ліфтів.

Розміри кабін ліфтів відповідають вимогам [14]. Тобто, ширина кабін приймається 1,8 м, а глибина 1,6м.

Також ширина ділянок евакуаційних шляхів, передбачених маломобільних груп населення відповідає вимогам [14].

У вбиральнях передбачено 16 кабін, доступних для маломобільних груп населення. Кабіни мають розміри в плані: ширина – 1,65, глибина – 1,8, ширина дверей – 0,9. Кабіни облаштовані відповідно до вимог [14]. У дверей кабінок передбачені спеціальні знаки, що розташовані на позначці 1,35м. Також усі 16 кабін обладнані системами сигналізації. Також у санвузлах передбачені раковини для маломобільних груп населення.

Прилади для відчинення та закривання дверей у проектованій будівлі передбачені на висоті 1,1 м. Вимикаючі пристрої та електророзетки розташовуємо на висоті 0,8 м.

Ширина проходів у проектованому бізнес-центрі перевищує мінімально допустимі нормативні значення, згідно [14].

Ширина шляхів руху в коридорах 6 м. Також самі дверні прорізи не мають порогів або перепадів висот покриття підлоги.

Також благоустрій прилеглої території будівлі дозволяє забезпечити безперешкодне пересування маломобільних груп населення до входу в будівлю. Бордюрні пандуси розташовуються на всій території бізнес-центру.

На прилеглий території через 100 м розташовані місця відпочинку доступні для маломобільних груп населення. Місця відпочинку обладнуються лавами з навісами.

#### **1.1.4 Заходи забезпечення пожежної безпеки будівлі**

Система протипожежного захисту торгово-офісного центру включає наступні заходи:

- забезпечення протидимного захисту будівлі згідно [16];
- наявність внутрішнього протипожежного водопроводу, підключеного до системи автоматичного пожежогасіння, згідно [18];
- передбачені ліфти для пожежних підрозділів (функції даних ліфтів виконують вантажопасажирські ліфти);
- на кожному поверсі комплексу передбачено наявність у підсобних приміщеннях засобів індивідуального захисту працівників та відвідувачів;
- управління системою пожежогасіння та протипожежною сигналізацією здійснюється з центрального пульта керування, що розташовується у спеціальному технічному приміщенні.

Проїзд пожежних машин забезпечується з 2 сторін будівлі, ширина під'їзних колій 7 м. Відстань до найближчих будівель відповідає вимогам [22] і становить 50 м.

Евакуаційні шляхи – незадимлювані сходи з підведенням повітря. Несучі конструкції евакуаційних шляхів розраховані з урахуванням навантаження 400 кг/м<sup>2</sup> згідно [7].

Евакуаційні виходи запроектовані згідно з протипожежними нормами. Евакуаційні виходи розосереджені по периметру будівлі. Поверхи торгового центру забезпечені засобами димовидалення, зокрема штучною вентиляцією.

Ширина та висота евакуаційних виходів перевищують нормативні значення, що становлять 1,5 і 2,1 м відповідно [18].

Двері евакуаційних виходів відчиняються у напрямку виходу. Двері, розташовані в усьому будинку, відчиняються назовні, з метою полегшення евакуації людей.

Вибір матеріалів будівельних конструкцій проводився відповідно до вимог [18].

Таблиця 1.1 – Вогнестійкість конструкцій будівлі офісно-торговельного центру.

Ступінь вогнестійкості будівлі	Межа вогнестійкості будівельних конструкцій, щонайменше						
	Несучі елементи будівлі	Зовнішні несучі стіни	Перекриття міжповерхові	Елементи безгорищних покриттів		Сходові клітини	
				Покриття покрівлі	Підлоги	Внутрішні стіни	Марші та майданчики сходів
I	R 120	E 30	REI 60	RE 30	E 30	REI 120	R 60

Таблиця 1.2 – Вогнестійкість будівлі офісно-торговельного центру.

Ступінь вогнестійкості будівлі		Найбільше кількість поверхів		Площа поверху між протипожежними стінами будівлі, м <sup>2</sup>	
по проекту	за нормами	по проекту	за нормами	по проекту	за нормами
I	I	16	16	2880	5000

## 1.2 Архітектурно-конструктивне рішення будівлі

### 1.2.1 Фундамент та несучі елементи каркасу

Фундамент офісно-торгівельного центру згідно проекту, запроектований монолітним. Підвальна частина будівлі – це монолітний бетон. Нижні кінці колон жорстко прикріплені до фундаменту будівлі.

Для ізоляції підземної частини проектованої будівлі застосовується система «ТН-Фундамент Термо», яка служить для захисту підземних приміщень, що експлуатуються. Як гідроізоляційний матеріал застосовується «Техноеласт ЕПП». Теплоізоляційні властивості системи забезпечуються застосуванням XPS-плит. Для забезпечення герметизації швів застосовуються гідрошпонки.



Рисунок 1.1 – Ізоляція підземної частини фундаменту

Несучі конструкції будівлі виконані у вигляді металокаркасу.

Каркас будівлі поділяється на: горизонтальні та вертикальні несучі конструкції.

Горизонтальні несучі елементи проектованого об'єкта служать задля забезпечення геометричної незмінності у плані. Також служать передачі навантажень на вертикальні несучі конструкції (колони). Горизонтальні несучі конструкції, до яких належать трикутні вертикальні зв'язки, перешкоджають зсуву вертикальних несучих елементів.

До горизонтальних конструкцій відносяться ригелі, другорядні балки, трикутні зв'язки, пустотні плити перекриттів.

Основні функції в будівлі виконують вертикальні несучі конструкції, які згідно з розрахунковою схемою будівлі сприймають всі прикладені до системи навантаження.

У проекті прийнято рамну схему будівлі. Тобто згідно з розрахунковою схемою у поперечному напрямку жорсткість будівлі забезпечена жорстким поєднанням ригелів з колонами.

Жорсткість будівлі в поздовжньому напрямку забезпечується завдяки жорсткому затисканню колон у фундаментах. Вузли сполучення другорядних балок та колон виконані шарнірно. Сітка колон бхб м

Конструктивні рішення ізоляції конструкцій будівлі виконані з урахуванням завдання на проектування та специфічних особливостей проектного об'єкта (покрівля, що експлуатується, наявність 2 підземних експлуатованих поверхів, застосування 2 типів оформлення фасадів).

Системи ізоляції як забезпечують надійність несучих конструкцій, а й дозволяють забезпечити вимоги нормативних документів [18] і [23].

### **1.2.2 Стіни**

Товщина перегородок у торговельній частині будівлі дорівнює 120 мм. В офісній частині перегородки виконані товщиною 150 мм, простір між листами заповнені звукоізолюючим матеріалом. Для створення каркасів перегородок використані профілі перетином 50х50 мм та 100х50 мм.

Усередині перегородок як звукоізолюючий матеріал використовуються плити одержані з мінеральної вати на основі базальтових гірських порід. Отже забезпечується ефективна звукоізоляція шумів до 60 Дб. Каркас з обох боків обшитий 2 шарами гіпсокартонних листів. Межа вогнестійкості EI 75

Мокрі приміщення, до яких належать санвузли та столові облицьовані вологостійкими гіпсокартонними листами зі зниженим водопоглинанням. Товщина листів 12,5 мм; довжина 2500 мм; ширина 1200 мм.

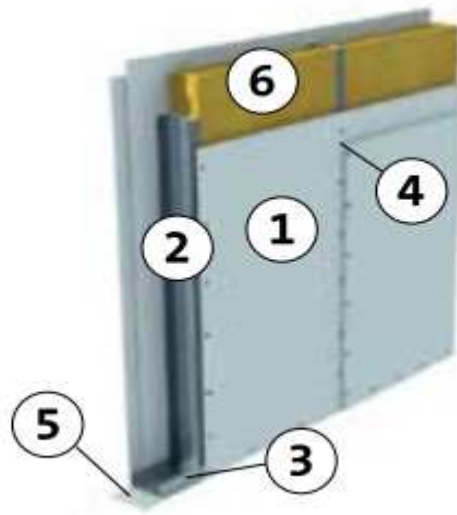


Рисунок 1.2 – Конструкція перегородок:

1-гіпсокартон; 2-стійковий профіль; 3-напрямний профіль;  
4-шуруп; 5-ущільнювальна стрічка; 6-звукоізолююча плита

Несучі сталеві конструкції каркасу виконані вогнезахисною системою, що складається з вогнезахисної плити та клею на цементній основі.

Цегляне заповнення стін виконано із застосуванням керамічних поризованих блоків. Товщина стіни 380 мм, межа міцності на стиск  $100 \text{ кг/см}^2$ , для кладки використовується так званий теплий розчин, на основі суміші цементу і легкого заповнювача (перлітового піску). Коефіцієнт теплопровідності розчину –  $0,2 \text{ Вт/м}^{\circ\text{C}}$ ; густина розчину –  $1150 \text{ кг/м}^3$ .

Коефіцієнт теплопровідності кладки при використанні теплого розчину кладки дорівнює  $0,35 \text{ Вт/м}^{\circ\text{C}}$ .

Основна перевага подібного керамічного матеріалу полягає в низькій щільності, що дорівнює 18% і високій пористості матеріалу, через що забезпечуються хороші теплотехнічні характеристики огороження.

Зверху шару цегли зовнішні стіни оздоблені штукатуркою. Подібне рішення передбачає наявність плит із теплоізолюючих матеріалів під шаром штукатурного оздоблення.



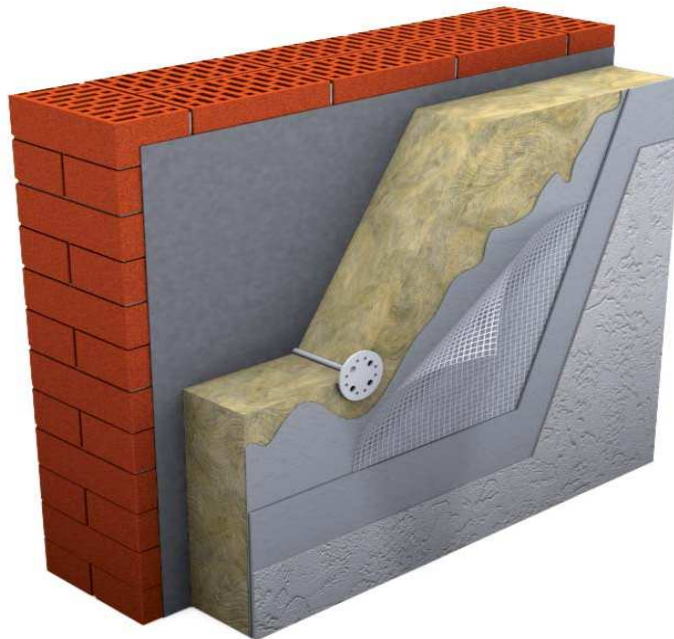


Рисунок 1.3 – Оздоблення зовнішніх стін будівлі

Вітражне скління несучих стін здійснено із застосуванням алюмінієвого профілю. Встановлюється склопакет завтовшки 32 мм. Конструкція склопакета представлена рисунку. Застосовується низькоемісійне скло, на яке з одного боку нанесено найтонше покриття з оксидів металів, що забезпечує зниження тепловтрат від скла назовні. Також застосовується загартоване ударостійке скло.

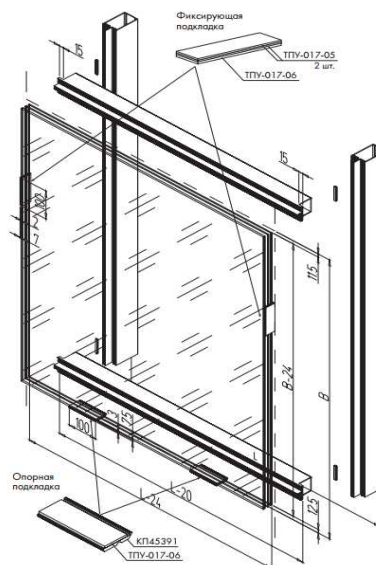


Рисунок 1.4 – Вітражне скління фасаду

Декоративне оздоблення фасадів будівлі виконано у вигляді букви «V». У проєктованій будівлі використовуються фасади 2 типів: з вітражним склінням та штукатурне покриття.

Для підвищення архітектурної виразності будівлі застосовуються тоновані скляні вітражі, з 2 поздовжніх фасадів будівлі, причому площа вітражного скління збільшується по висоті будівлі.

### **1.2.3 Перекриття та сходи**

Перекриття виконані із пустотних залізобетонних плит. Пустоти круглі, розміри плит 5980x1490мм, марки плит: ПК 60.15-8AtV. Вага плити 2,8 т.

Відповідно до проєкту, сходи виконані у вигляді набірних сходів, що укладаються по металевих косоурах. Косоури виконані із сталі С245, перетин: прокатний двотавр.

### **1.2.4 Покрівля**

Використовується експлуатована покрівля із застосуванням тротуарної плитки, укладання якої проводиться на дренажний шар гравію. Застосовується гравій фракції 5-20 мм. Товщина дренажного шару 50мм.

Використовується армована тротуарна плитка з метою захисту гідроізоляційного шару від пошкоджень, що викликаються зовнішніми механічними впливами.

Нижня поверхня матеріалу покрита плівкою з легкоплавкого матеріалу, верхня частина покрита дрібнозернистим піском.

Для відведення води з покриття проєктованої будівлі передбачені однорівневі лійки, які знаходяться в шарі гідроізоляції.

Зверху вирви захищені армованою тротуарною плиткою, а також засипані шаром дренажного матеріалу.

### **1.2.5 Ліфти**

У проектуваній будівлі офісно-торговельного центру передбачено 2 вантажопасажирські ліфти, вантажопідйомністю 650 кг, швидкість підйому 1 м/с. Кабіни ліфтів – непрохідні із розсувними дверима. Ліфти розташовані парою у центральній частині будівлі.

Також передбачені 2 вантажопасажирські ліфти, вантажопідйомністю 1000 кг. Ліфти пов'язують торгові, складські, офісні приміщення та підземні автостоянки. Дані ліфти розташовані по краях будівлі, поблизу евакуаційних виходів та торгових приміщень.

Противага ліфтів розташовується ззаду, розміри кабін 1800x1600 мм. Стіни ліфтової шахти виконані із цегли.

### **1.2.6 Заповнення отворів**

З метою заповнення дверних отворів у будівлі передбачені 3 типи дверей.

Д1: Автоматичні розсувні двері із датчиками руху. Висота отвору 2,5; ширина отвору 2м. Матеріал дверей міцне загартоване склом з емісійним напиленням.

Д2: Двостулкові двері. Висота отвору 2,1м; ширина отвору 2м. Матеріал полотна – алюміній.

Д3: Висота отвору 2 м, ширина отвору 0,9м.

Для наповнення віконних отворів застосовувалися 3-х камерні ПВХ профілі.

### **1.2.7 Внутрішнє оздоблення приміщень**

Стіни приміщень для службового персоналу та офісів обклеюються шпалерами під фарбування. Стіни санвузлів та мокрих приміщень облицьовані керамічною плиткою.

Коридори, зони відпочинку та вестибюль виконані фактурною штукатуркою.

Стелі виконані підвісними, на прямому підвісі. Застосовано металеві профілі, обшиті ГКЛ. Застосовано звукоізоляційні плити. Звукоізоляційні властивості плит забезпечуються за рахунок розташування волокон мінеральної вати.

Підлоги в складських приміщеннях виконані на цементно-піщаній стяжці товщиною 50мм. Покриття підлог в офісних та торгових приміщеннях виконані із застосуванням керамогранітної плитки.

Конструктивні рішення підлоги відрізняються залежно від функціонального призначення приміщень, що пов'язано з функціональним поділом площ будівлі.

Плиткова підлога облаштована в офісних та торгових приміщеннях. Тобто у санвузлах, офісах, підприємствах харчування, кабінетах. Також плиткова підлога облаштована в коридорах, холах, тамбурах проектованої будівлі.

У складських приміщеннях, призначених для зберігання товарів, влаштовуються цементні підлоги, товщина цементно-піщаної стяжки 40мм.

### **1.2.8 Інженерне обладнання**

*Водопостачання.* Водопостачання будівлі здійснюється шляхом підключення до міських водопровідних мереж.

Витрата води на внутрішню пожежогасіння приймаємо 2,5 л/с згідно [20]. На кожному поверсі передбачені пожежні шафи. У шафах зберігаються вогнегасники та пожежні рукави. Зовнішнє пожежогасіння здійснюється шляхом підключення до зовнішніх гідрантів, витрата води 15 л/с.

Мережа господарсько-побутової каналізації виконуємо із полімерних труб. Фасонні частини також виготовлені з поліетилену. Мережі внутрішніх водостоків захищені коробами з негорючих матеріалів.

Монтаж мереж, підготовку та саму експлуатацію мереж внутрішнього водопроводу та каналізації ведуть згідно [21].

*Опалення.* Теплопостачання об'єкта здійснюється від центрального теплового пункту. Як теплоносій використовується гаряча вода. Температура теплоносія у системі 70 – 90 °С. У системі опалення застосовуються нагрівальні прилади – секційні радіатори.

*Вентиляційна система.* Згідно з проектом офісно-торговельного центру вентиляція припливно-витяжна. Застосовується штучне спонукання за рахунок вікон та інфільтрації.

*Електропостачання.* У будівлі застосовується робоче та аварійне освітлення (що застосовується при евакуації). Штучне освітлення здійснюється шляхом використання люмінісцентних ламп. До мережі аварійного освітлення підключаються лампи світлових сигналів «Вихід». Управління штучним освітленням здійснюється з електричних розподільчих щитів. Основними електроспоживачами будівлі є офісне обладнання, сплітсистеми, вантажопасажирські ліфти, холодильне обладнання.

*Телефонізація та інтернетизація.* Підключення здійснюється шляхом проведення виділеної лінії, що включає телефонний та оптоволоконний кабель. Кабелі прокладаються в азбестоцементній трубі. Глибина закладання труби 0,8м.

### **1.3 Архітектурне рішення будівлі**

Архітектурно-мистецька виразність офісно-торгівельного центру реалізується насамперед за рахунок об'ємно-просторового рішення та форми будівлі у плані.

За взаємним розташуванням окремих форм будівлі переважає одна яскраво виражена форма, що складається з 12 граней різного розміру, розташованих відносно один одного під кутами, і утворюють форму будівлі в плані у вигляді еліпса.

Архітектурна композиція проектованої будівлі суворо симетрична. Також застосовано принцип тотожності, тобто по всьому об'єму будівлі спостерігається схожість елементів конструкцій. Наявність значної кількості тотожних елементів створює довжину всієї композиції будівлі.

Композиція зовнішнього обсягу будівлі, що проектується, відображає її функціональне призначення і гармонійно вписує бізнес-центр у міське середовище. В архітектурній композиції переважають розміри протяжності будівлі.

Рішення фасадів будівлі поєднує в собі 2 кольори: золотисто-бежевий та блакитний. Золотисто-бежевий колір забезпечується завдяки нанесенню шару декоративної штукатурки, а в блакитний колір затоновано скло вітражного скління фасаду.

Площа фасадів змінюється висотою будівлі, утворюючи подобу латинської літери «V». Подібне рішення не тільки виділяє головні фасади, а й поділяє будівлю по висоті, збільшуючи візуально об'єми.

Також архітектурна виразність забезпечується за рахунок купола складної форми (половина еліпсоїда) та виразного оформлення виходів на експлуатовану покрівлю будівлі. Купол складається з набору арок (широкопалочний двотавр), з'єднаних прогонами (квадратні труби). Несучі конструкції купола спираються на колони та консольні ригелі будівлі. Скління купола виконане із застосуванням системи алюмінієвих профілів ALT SKL 50 та 2 шарів скління: триплекс-скла та загартованого (з метою безпеки співробітників та відвідувачів).

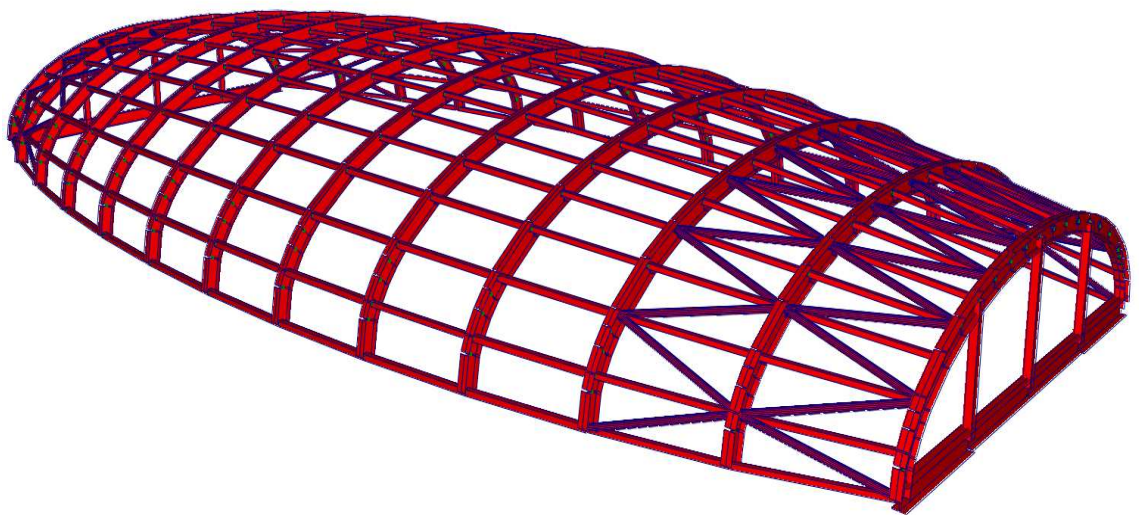


Рисунок 1.5 – Купол будівлі

Архітектурна виразність торговельно-офісного центру, що проектується, досягається завдяки наступним факторам:

- симетричність пропорцій будівлі забезпечує рівновагу всіх складових частин обсягу за розмірами та формою;
- розміри будівлі забезпечують масштабність по відношенню не тільки до людини, але і до прилеглої забудови;
- пропорційність композиційних рішень досягається за рахунок використання рівномірно повторюваних форм;

- сукупність архітектурних рішень забезпечує як єдність стилю всієї будівлі, виражене у його постіндустріальної архітектурі, а й відбиває функціональну спрямованість будівлі;
- застосування 2 різних типів зовнішніх стін (цегляних оштукатурених та вітражного скління);
- змінна по висоті обробка фасадів будівлі надає комплексу виразності по висоті та візуально розширює проєктовану будівлю;
- навіси над входами до будівлі, виготовлені з гнутих перфорованих металевих профілів, пофарбованих та оброблених антикорозійними складами;
- а також з метою надання вигляду будівлі завершеності передбачено купол заввишки 4,2 м; довжиною 36 м та шириною 18м.

## РОЗДІЛ 2. Розрахуново-конструктивний

### 2.1 Збір навантажень

#### 2.1.1 Збирання навантажень на покриття будівлі

Таблиця 2.1 - Збір навантажень

№	Склад навантажень	Нормативне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт навантаження, $\gamma_f$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Постійні навантаження				
1	Покриття підлоги (керамограніт на плитку 16 кг/м <sup>2</sup> )	0,16	1,2	0,192
2	Цементно-піщана стяжка 5 см (90 кг/м <sup>2</sup> )	0,9	1,3	1,17
3	Пустотні з/б плити	3	1,3	3,9
4	Підвісна стеля та комунікації (40 кг/м <sup>2</sup> )	0,4	1,05	0,42
		$\Sigma$ 4,46		$\Sigma$ 5,68
5	Несучі конструкції	Враховано у розрахунковому комплексі SCAD		
Короткочасні навантаження				
6	Снігове навантаження	0,69	1,4	0,96



Оскільки проєктована будівля згідно із завданням, розташована в м. Краснодар, отже, приймаємо II сніговий район ( $S_g=1,2$  кПа); вітровий район IV ( $w_0 = 0,48$  кПа).

Відповідно до [7] нормативне значення снігового навантаження на покриття будівлі:

$$S_0 = 0,7 * c_e * c_t * \mu * S_g = 0,7 * 0,82 * 1 * 1 * 1,2 = 0,69 \text{кН/м}^2 \quad (2.1)$$

Для плоского покриття без ліхтарів коефіцієнт зносу снігу згідно з [7]:

$$c_e = (1,2 - 0,1 * V * \sqrt{k})(0,8 + 0,002 * b) = (1,2 - 0,1 * 2,1 * \sqrt{1,37})(0,8 + 0,002 * 30) = 0,82$$

(2.2)

Масу вітражного скління приймаємо рівною  $60 \text{ кг/м}^2$  (скління). Навантаження від вітражного скління прикладаємо до другорядних балок.

### 2.1.2 Розрахунок вітрового навантаження на будівлю

Розрахунок вітрового навантаження провадимо згідно з [7].

Нормативні значення вітрових навантажень  $w$  визначаються як сумарне значення середньої  $w_m$  та пульсаційної  $w_p$  складової вітрового навантаження.

$$w = w_m + w_p \quad (2.3)$$

Нормативне значення середньої складової вітрового навантаження  $w_m$  визначається залежно від еквівалентної висоти  $z_e$  над поверхнею землі:

$$w_m = w_0 * k(z_e) * c = 0,48 * 1,45 * c \quad (2.4)$$

де  $w_0$  – нормативне значення вітрового тиску ( $0,48$  кПа для IV вітрового району);

$k(z_e)$  - коефіцієнт, що враховує зміну вітрового тиску для висоти (коефіцієнт  $k = 1,45$  за табл. 11.2 для типу місцевості; [7]);

$c$  – це аеродинамічний коефіцієнт, який визначається ділянками, представленими на малюнках. Значення коефіцієнтів визначаємо згідно з [7].

Значення аеродинамічних коефіцієнтів для стін будівлі підбираємо згідно з табл. [7].

Таблиця 2.2 - Аеродинамічні коефіцієнти для стін будівлі

Бічні стіни			Навітряна сторона	Підвітряна сторона
Ділянки				
A	B	C	D	E
-1,0	-0,8	-0,5	0,8	-0,5

Обчислюємо значення середньої складової вітрових навантажень:

$$\text{У зоні А: } w_m = w_0 * k * c = 0,48 * 1,45 * (-1,0) = -0,696 \text{кПа}$$

$$\text{У зоні В: } w_m = w_0 * k * c = 0,48 * 1,45 * (-0,8) = -0,557 \text{кПа}$$

$$\text{У зоні С: } w_m = w_0 * k * c = 0,48 * 1,45 * (-0,5) = -0,348 \text{кПа}$$

$$\text{У зоні D: } w_m = w_0 * k * c = 0,48 * 1,45 * (0,8) = +0,557 \text{кПа}$$

$$\text{У зоні E: } w_m = w_0 * k * c = 0,48 * 1,45 * (-0,5) = -0,348 \text{кПа}$$

Нормативне значення пульсаційної складової вітрового навантаження на будівлю  $w_p$  для еквівалентної висоти  $z_e$  визначаємо згідно з формулою:

$$w_p = w_m * \xi(z_e) * v \quad (2.5)$$

$\xi(z_e)$  - Коефіцієнт пульсації тиску вітру, який приймається згідно таблиці [7], рівним 0,72 для проектованої будівлі в місцевості типу В.

$v$  - Коефіцієнт просторової кореляції пульсацій тиску вітру.

Коефіцієнт  $v$  визначаємо згідно з таблицею [7], з урахуванням орієнтації розрахункових площин.

Розраховуємо коефіцієнт  $v$ :

1. Дія вітру вздовж буквених осей

Для стін, поперечно орієнтованих до напрямку дії вітру, основна координатна площина  $z0y$ : = 18 м, = 67,2 м,  $v = 0,7026$ ;

Для стін, поздовжньо орієнтованих до напрямку дії вітру, основна координатна площина  $z0x$ : = 33,6 м, = 67,2 м,  $v = 0,6598$ ;

2. Дія вітру вздовж цифрових осей

Для стін, поперечно орієнтованих до напрямку дії вітру, основна координатна площина  $z0y$  = 84 м, = 67,2 м,  $v = 0,5651$ ;

Для стін, поздовжньо орієнтованих до напрямку дії вітру, основна координатна площина  $z0x$   $\square = 7,2$  м,  $\square = 67,2$  м,  $v = 0,7422$ ;

Розраховуємо значення пульсаційної складової  $w_p$ :

$$\begin{aligned}
\text{У зоні А: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,696 * 0,72 * 0,6598 = -0,33\text{кПа} \\
\text{У зоні В: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,557 * 0,72 * 0,6598 = -0,265\text{кПа} \\
\text{У зоні С: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,348 * 0,72 * 0,6598 = -0,165\text{кПа} \\
\text{У зоні D: } w_p &= w_m * \xi * v = +0,557 * 0,72 * 0,7026 = 0,282\text{кПа} \\
\text{У зоні Е: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,348 * 0,72 * 0,7026 = -0,176\text{кПа} \\
\text{У зоні А: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,696 * 0,72 * 0,7422 = -0,372\text{кПа} \\
\text{У зоні В: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,557 * 0,72 * 0,7422 = -0,298\text{кПа} \\
\text{У зоні С: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,348 * 0,72 * 0,7422 = -0,186\text{кПа} \\
\text{У зоні D: } w_p &= w_m * \xi * v = +0,557 * 0,72 * 0,5651 = 0,227\text{кПа} \\
\text{У зоні Е: } w_p &= w_m * \xi * v = -0,348 * 0,72 * 0,5651 = -0,142\text{кПа}
\end{aligned}$$

Розраховуємо значення розрахункового вітрового навантаження як суму середньої складової та пульсаційної з урахуванням коефіцієнта надійності за навантаженням:

$$\begin{aligned}
\text{У зоні А: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,696 - 0,33) * 1,4 = -1,44\text{кПа} \\
\text{У зоні В: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,557 - 0,365) * 1,4 = -1,3\text{кПа} \\
\text{У зоні С: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,348 - 0,165) * 1,4 = -0,72\text{кПа} \\
\text{У зоні D: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (+0,557 + 0,282) * 1,4 = +1,17\text{кПа} \\
\text{У зоні Е: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,348 - 0,176) * 1,4 = -0,73\text{кПа} \\
\text{У зоні А: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,696 - 0,372) * 1,4 = -1,5\text{кПа} \\
\text{У зоні В: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,557 - 0,298) * 1,4 = -1,2\text{кПа} \\
\text{У зоні С: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,348 - 0,186) * 1,4 = -0,748\text{кПа} \\
\text{У зоні D: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (+0,557 + 0,227) * 1,4 = +1,1\text{кПа} \\
\text{У зоні Е: } w &= (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,348 - 0,142) * 1,4 = -1,686\text{кПа}
\end{aligned}$$

### 2.1.3 Збирання навантажень на купол будівлі

Таблиця 2.3 - Збір навантажень на покриття купола

склад	Нормативне навантаження, (кН/м <sup>2</sup> )	Коефіцієнт навантаження ( $\gamma_f$ )	Розрахункове навантаження, (кН/м <sup>2</sup> )
Постійні навантаження			
Скління та підсистема	0,8	1,2	0,96
	$\sum 0,8$		$\sum 0,96$
Несучі конструкції	Враховано у розрахунковому комплексі SCAD		

Масу скління приймаємо рівною 80 кг/м<sup>2</sup>.

Розрахунок снігового навантаження робимо для схеми [7].

Коефіцієнт  $\mu_1$  визначається згідно з табл. [7].

Так як відношення висоти купола (4,2 м) до його діаметру (18 м) перевищує 0,05 отже, в розрахунках враховуємо 3 варіанти навантажень.

$$\text{Для варіанта 1: } S_0 = 0,7 * 1 * 1,2 = 0,84 \text{ кН/м}^2$$

$$\text{Для варіанта 2: } \mu_2 = C_{r1} \left( \frac{z}{r_1} \right)^2 * \sin \beta = 1,71 * 1 = 1,71 \quad (2.6)$$

$$\text{де } C_{r1} = 2,55 - \exp \left( 0,8 - 14 * \frac{f}{d} \right) = 2,55 - \exp \left( 0,8 - 14 * \frac{4,2}{18} \right) = 1,7 \quad (2.7)$$

$$\mu_3 = 1,5$$

$$S_{0\mu_2} = 0,7 * 1,71 * 1,2 = 1,43 \text{ кН/м}^2$$

$$S_{0\mu_3} = 0,7 * 1,5 * 1,2 = 1,26 \text{ кН/м}^2$$

Для 3 варіанту приймаємо:

$$\mu_3 = 3 \sqrt{\frac{2f}{d}} \sin 3\alpha \sin \beta = 3 \sqrt{\frac{2*4,2}{18}} \sin(3 * 50) \sin 90 = 1,04 \quad (2.8)$$

$$S_{0\mu_3} = 0,7 * 1,04 * 1,2 = 0,874 \text{ кН/м}^2$$

Утворення снігових мішків враховуємо згідно з пунктом [7].

Розраховуємо 2 схеми снігового навантаження: вздовж купола і поперек купола:

$$\text{Для 1 схеми: } \mu_1 = 0,8;$$

$$\mu_2 = 1 + 0,1 \frac{a}{b} = 1 + 0,1 \frac{18}{6} = 1,3 \quad (2.9)$$

$$S_{0\mu_2} = 0,7 * 1,3 * 1,2 = 1,09 \text{кН/м}^2$$

-Для 2 схеми:  $\mu_3 = 1 + 0,5 \frac{18}{4,2} = 3,14$

Приймаємо  $\mu_3 = 2,5$ , згідно з Г.3.1 [7], отже:

$$S_{0\mu_3} = 0,7 * 2,5 * 1,2 = 2,1 \text{кН/м}^2$$

Розрахунок вітрового навантаження на купол будівлі провадимо згідно з [7]:

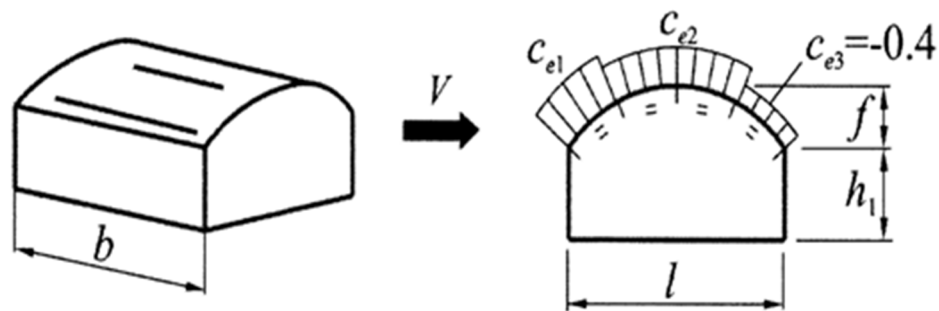


Рисунок 2.1 – Визначення аеродинамічних коефіцієнтів для склепінних покриттів

Аеродинамічні коефіцієнти покриття визначені згідно з рисунком [7]:

$$C_{e1} = 0,1$$

$$C_{e2} = -0,75$$

$$C_{e3} = -0,4$$

Отже, значення середньої складової вітрових навантажень:

$$w_m = 0,48 * 1,45 * (0,1) = 0,0696 \text{кПа}$$

$$w_m = 0,48 * 1,45 * (-0,75) = -0,552 \text{кПа}$$

$$w_m = 0,48 * 1,45 * (-0,4) = -0,278 \text{кПа}$$

Розраховуємо пульсаційну складову:

$$w_p = 0,0696 * 0,72 * 0,835 = 0,041 \text{кПа}$$

$$w_p = -0,552 * 0,72 * 0,835 = -0,332 \text{кПа}$$

$$w_p = -0,278 * 0,72 * 0,835 = -0,167 \text{кПа}$$

Розраховуємо значення розрахункового вітрового навантаження як суму середньої складової та пульсаційної з урахуванням коефіцієнта надійності за навантаженням:



$$w = (w_m + w_p) * \gamma_f = (0,0696 + 0,041) * 1,4 = 0,155 \text{кПа}$$

$$w = (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,552 - 0,332) * 1,4 = 1,24 \text{кПа}$$

$$w = (w_m + w_p) * \gamma_f = (-0,278 - 0,167) * 1,4 = 0,623 \text{кПа}$$

## 2.2 Розрахунок конструкцій у програмному комплексі SCAD

### 2.2.1 Опис розрахункової схеми будівлі

Несучі елементи проектованого сталевого каркасу бізнес-центру поділяються на 3 основні групи:

1. Горизонтальні несучі конструкції
2. Вертикальні несучі конструкції
3. З'єднання

Горизонтальні несучі елементи каркаса необхідні сприйняття навантажень з перекриттів і передачі на колони, і навіть забезпечення жорсткості будівлі з допомогою жорсткого поєднання ригелів з колонами. До горизонтальних конструкцій прикладені постійні та корисні навантаження, що передаються на колони каркасу.

До горизонтальних несучих конструкцій проектованого каркаса відносяться: ригелі, другорядні балки і залізобетонні пустотні плити перекриттів.

Колони каркасу – виконують функції вертикальних конструкцій будівлі. Тобто працюють на сприйняття всіх навантажень, прикладених до проектованої несучої системи.

З'єднання забезпечують жорсткість каркасу будівлі та сприймають вітрове навантаження у поздовжньому напрямку.

В рамках роботи виконано проектування каркасу рамно-зв'язкової схеми. Тобто жорсткість каркаса та геометрична незмінність системи забезпечується насамперед жорстким вузлом з'єднання колон та ригелів. У поздовжньому напрямку жорсткість каркаса забезпечена вертикальними з'єднаннями по колонах.

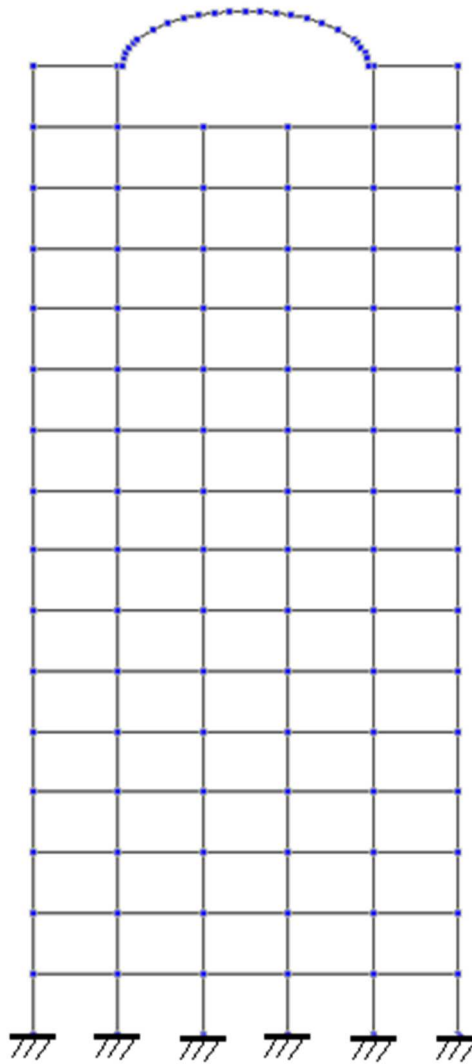


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема поперечної рами будівлі

У проекті прийнято сітку колон 6х6 м. Запроектовано 16-ти поверховий рамно-зв'язковий каркас, який має 16 поперечних 5-ти прогонових рам. Застосовуються колони 6 різних перерізів, що змінюються висотою.

Подібне рішення дозволяє знизити вагу будівлі та підвищити її архітектурну виразність та функціональність за рахунок застосування в проекті несучих металевих колон та можливості використання легких самонесучих перегородок.

Несучі конструкції купола будівлі виконані із застосуванням 13 арок виконаних із гнutoго широкополочного двотавра (фланцеве з'єднання). Арки з'єднані прогонами із металевих труб. Спирання арок бані здійснюється на консольні ригелі.

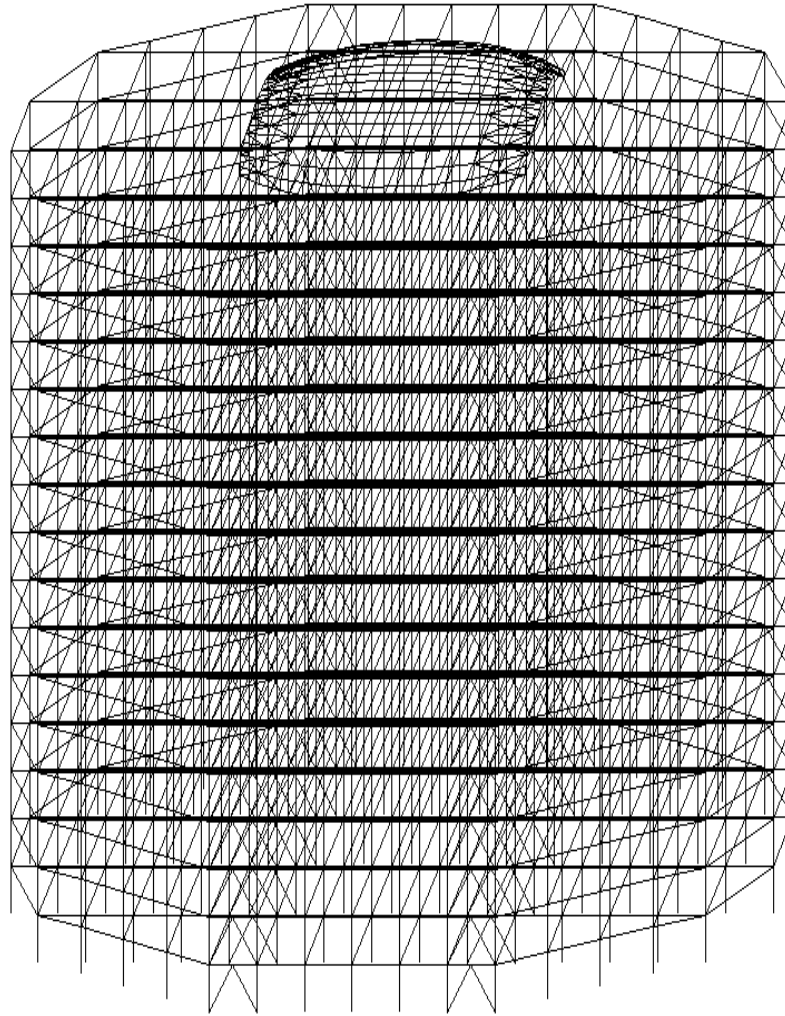
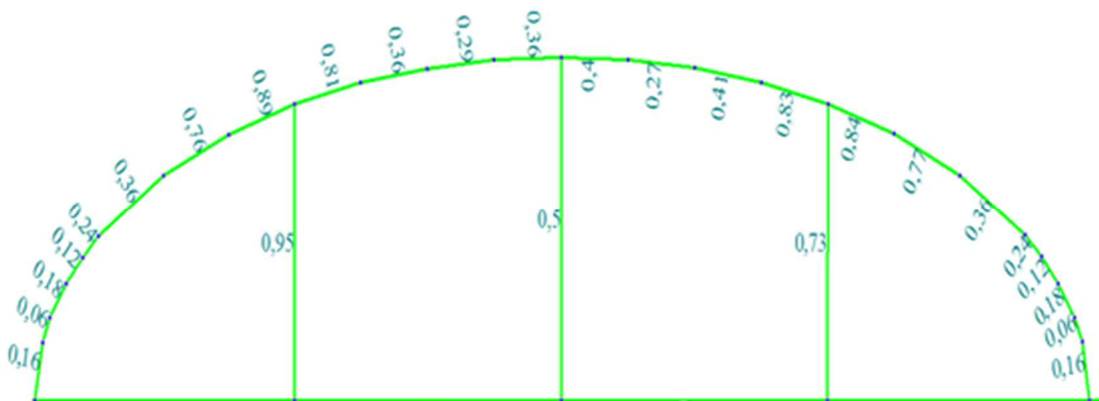


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема каркасу

Фундамент – монолітна залізобетонна плита. Стіни та перекриття підземної частини будівлі - монолітний залізобетон.

Згідно з розрахунками, у програмному комплексі SCAD з умов міцності та деформативності підібрано перерізи груп елементів конструкцій будівлі.





## 2.3 Перевірочні розрахунки

### 2.3.1 Перевірочний розрахунок колон

З метою виконання перевірного розрахунку колон металокаркасу вибираємо 2 колони першого поверху. Зусилля у колонах згідно з результатами розрахункового комплексу SCAD.

Розрахунок згідно з [8].

1. Зусилля у першій колоні:  $N=5944$  кН,  $M=433,8$  кН·м.

Проводимо перевірку на стійкість колони нижнього ярусу металокаркасу. У площині моменту, тобто щодо осі x-x.

Геометричні характеристики перерізу 40К5:

- Площа всього перерізу дорівнює:

$$A = 371 \text{ см}^2;$$

- момент інерції сечення колонни:

$$I_x = 120291 \text{ см}^4$$

- Момент опору найбільш стисненого волокна в колоні:

$$W_c = \frac{2 \cdot I_x}{h_B} = \frac{2 \cdot 120291}{43} = 5595 \text{ см}^3 \quad (2.10)$$

- Радіус інерції перерізу:

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{120291}{371}} = 18 \text{ см} \quad (2.11)$$

- обчислюємо гнучкість стрижня колони:

$$\lambda_x = \frac{l_{x2}}{i_x} = \frac{420 \cdot 1}{18} = 23,33 \quad (2.12)$$

- Умовна гнучкість стрижня колони:

$$\lambda'_x = \lambda_x \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 23,33 * \sqrt{\frac{24,5}{2,06 \cdot 10^4}} = 0,805 \quad (2.13)$$

- також обчислимо радіус ядра перерізу колони:

$$\rho = \frac{W_c}{A} = \frac{5595}{371} = 15,1 \text{ см} \quad (2.14)$$

Умова стійкості колони в площині дії згинального моменту:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} < 1 \quad (2.15)$$

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

$\varphi_\Sigma$  – Коефіцієнт стійкості при стисканні з вигином, визначається залежно від умовної гнучкості  $\lambda'_x$  та наведеного відносного ексцентриситету  $m_{ef}$  :

$$e = \frac{M_{max}}{N} = \frac{433,8}{5944} = 0,0688 \text{ м} = 6,88 \text{ см} \quad (2.16)$$

$$m_x = \frac{e}{\rho} = \frac{6,88}{15,1} = 0,456 \quad (2.17)$$

Відносний наведений ексцентриситет визначається за такою формулою:

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x \quad (2.18)$$

$\eta$  – коефіцієнт впливу форми перерізу, що визначається за табл. Д.2 [8] залежно від типу перерізу, відношення  $A_f/A_w$  та  $m_x$ .

При  $A_f/A_w = 82,8/284 = 0,292 \approx 0,25$ ;  $m_x = 0,456 < 5$  та  $\lambda'_x = 0,805 < 5$  знаходимо:

$$\begin{aligned} \eta &= (0,75 - 0,05 \cdot m_x) - 0,01 \cdot (5 - m_x) \cdot \lambda'_x = \\ &= (0,75 - 0,05 \cdot 0,456) - 0,01 \cdot (5 - 0,456) \cdot 0,805 = 0,69 \quad (2.19) \end{aligned}$$

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x = 0,69 \cdot 0,456 = 0,3146$$

За табл. [8] визначасмо  $\eta_e = 0,8613$ .

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{5944}{0,8613 \cdot 371 \cdot 24,5 \cdot 1} = 0,757 < 1$$

Умова виконується.

Проводимо перевірку стійкості стрижня колони з площини дії згинального моменту, тобто щодо осі у-у.

Для позацентрово стисненого елемента, у якого жорсткості щодо основних осей різняться, а сам згинальний момент діє в площині, що має найбільшу жорсткість. У такому випадку можлива втрата стійкості елемента в площині згинального моменту.

Визначаємо геометричні характеристики перерізу при роботі стрижня щодо осі у-у:

- Момент інерції перерізу:

$$I_y = 37910 \text{ см}^4$$

- Радіус інерції:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{37910}{371}} = 10,1 \quad (2.20)$$

- Гнучкість стрижня:

$$\lambda_y = \frac{l_{y2}}{i_y} = \frac{420}{10,1} = 41,6 \quad (2.21)$$

- Умовна гнучкість стрижня колони:

$$\lambda_y' = \lambda_y \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 41,6 * \sqrt{\frac{24,5}{2,06 * 10^4}} = 1,435 \quad (2.22)$$

Перевірку стійкості колони з площини дії моменту виконуємо за такою формулою:

$$\frac{N_2}{c * \varphi_y * A * R_y * \gamma_c} < 1 \quad (2.23)$$

де  $\gamma_c = 0,8873$  – є коефіцієнтом стійкості при центральному стисканні, що визначається залежно від гнучкості стрижня по [8];

з - коефіцієнт, згинально-крутильної форми стійкості.

Коефіцієнт слід визначати:

- При значеннях відносного ексцентриситету  $m_x < 5$  за формулою

$$c = \alpha / (1 + m_x) \quad (2.24)$$

де  $\alpha$  і  $\beta$  - коефіцієнти, що приймаються за табл.[8]

При  $m_x \leq 1$   $\alpha = 0,7$

При  $\bar{\lambda}_y \leq 3,14$   $\beta = 1$

$$c = \frac{1}{1 + 0,7 * 0,456} = 0,758$$

$$\frac{N}{c * \varphi_y * A * R_y * \gamma_c} = \frac{5944}{0,758 * 0,8873 * 371 * 24,5 * 1} = 0,97 < 1$$

Умова виконується.

2. Перетин колони 40К5. Максимальні зусилля у колоні рівні:

$$N = 4893 \text{ кН}, M = 562,8 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Проводимо перевірку на стійкість колони нижнього ярусу металокаркасу. У площині дії моменту, тобто щодо осі x.

Геометричні характеристики перерізу 40К5:

- Площа всього перерізу дорівнює:

$$A = 371 \text{ см}^2;$$

- момент инерции сечения колонны:

$$I_x = 120291 \text{ см}^4$$

- Момент опору найбільш стисненого волокна в колоні:

$$W_c = \frac{2 \cdot I_x}{h_B} = \frac{2 \cdot 120291}{43} = 5595 \text{ см}^3$$

- Радіус інерції перерізу:

$$i_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{120291}{371}} = 18 \text{ см}$$

- обчислюємо гнучкість стрижня колони:

$$\lambda_x = \frac{l_{x2}}{i_x} = \frac{420 \cdot 1}{18} = 23,33$$

- Умовна гнучкість стрижня колони:

$$\lambda'_x = \lambda_x \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 23,33 \cdot \sqrt{\frac{24,5}{2,06 \cdot 10^4}} = 0,805$$

- також обчислимо радіус ядра перерізу колони:

$$\rho = \frac{W_c}{A} = \frac{5595}{371} = 15,1 \text{ см}$$

Умова стійкості колони в площині дії згинального моменту:

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} < 1$$

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

$\varphi_e$  – коефіцієнт стійкості при стисканні з вигином, визначається залежно від умовної гнучкості  $\lambda_x$  та наведеного відносного ексцентриситету  $m_e$  :

$$e = \frac{M_{max}}{N} = \frac{562,8}{4893} = 0,115 \text{ м} = 11,24 \text{ см}$$

$$m_x = \frac{e}{\rho} = \frac{11,24}{15,1} = 0,678$$

Відносний наведений ексцентриситет визначається за такою формулою:

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x$$

$\eta$ - Коефіцієнт впливу форми перерізу, що визначається за табл. Д.2 [8] залежно від типу перерізу, відношення  $A_f/A_w$  та  $m_x$ .

При  $A_f/A_w = 82,8/284 = 0,292 \approx 0,25$ ;  $m_x = 0,678 < 5$  і  $\eta \cdot m_x = 0,805 < 5$  знаходимо:

$$\begin{aligned}\eta &= (0,75 - 0,05 \cdot m_x) - 0,01 \cdot (5 - m_x) \cdot \bar{\lambda} = \\ &= (0,75 - 0,05 \cdot 0,678) - 0,01 \cdot (5 - 0,678) \cdot 0,805 = 0,681\end{aligned}$$

$$m_{ef} = \eta \cdot m_x = 0,681 \cdot 0,678 = 0,4617$$

За табл. Д.3 [8] визначаємо  $\eta_e = 0,8175$ .

$$\frac{N}{\varphi_e \cdot A \cdot R_y \cdot \gamma_c} = \frac{4893}{0,8175 \cdot 371 \cdot 24,5 \cdot 1} = 0,573 < 1$$

Умова виконується.

Проводимо перевірку стійкості стрижня колони з площини дії згинального моменту, тобто щодо осі у-у.

Для позацентрово стисненого елемента, у якого жорсткості щодо основних осей різняться, а сам згинальний момент діє в площині, що має найбільшу жорсткість. У такому випадку можлива втрата стійкості елемента в площині згинального моменту.

Визначаємо геометричні характеристики перерізу при роботі стрижня щодо осі у-у:

- момент інерції перерізу:

$$I_y = 37910 \text{ см}^4$$

- радіус інерції:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{37910}{371}} = 10,1$$

- гнучкість стрижня:

$$\lambda_y = \frac{l_{y2}}{i_y} = \frac{420}{10,1} = 41,6$$

- умовна гнучкості стрижня колони:

$$\lambda_y' = \lambda_y \sqrt{\frac{R_y}{E}} = 41,6 * \sqrt{\frac{24,5}{2,06 * 10^4}} = 1,435$$

Перевірку стійкості колони з площини дії моменту виконуємо за такою формулою:

$$\frac{N_2}{c * \varphi_y * A * R_y * \gamma_c} < 1$$

де  $\varphi_y = 0,8873$  – є коефіцієнтом стійкості при центральному стисканні, що визначається залежно від гнучкості стрижня по [8]

з - коефіцієнт, згинально-крутильної форми стійкості

Коефіцієнт слід визначати:

- при значеннях відносного ексцентриситету  $m_x < 5$  за формулою

$$c = \varphi / (1 + \varphi m_x),$$

де  $\varphi$  і  $\varphi$  - коефіцієнти, що приймаються за табл. 21 [5]

При  $m_x \leq 1$ :  $\alpha = 0,7$ ; при  $\bar{\lambda}_y \leq 3,14$ :  $\varphi = 1$

$$c = \frac{1}{1 + 0,7 * 0,678} = 0,678$$

$$\frac{N}{c * \varphi_y * A * R_y * \gamma_c} = \frac{4893}{0,678 * 0,8873 * 371 * 24,5 * 1} = 0,78 < 1$$

### 2.3.2 Перевірочний розрахунок ригеля

Розрахунок згідно з [8].

Значення внутрішніх зусиль у ригелі:  $M_{max} = 354 \text{кН}\cdot\text{м}$ ;  $Q_{max} = 244 \text{кн}$ .

Переріз головної балки: двотавр 40Ш1.  $W_y = 1595 \text{см}^3$ .

Переріз:

При дії моменту та поперечної сили (згідно з формулами 41 і 42 [8]):

$$\frac{M_{max}}{W_y} \leq R_y \gamma_c \quad (2.25)$$

$$\frac{354}{1595} = 22,8 \leq 24,5 \text{кН/см}^2$$

Міцність ригеля з дотичних напруг:

$$\tau = \frac{Q_{max} \cdot S_y}{I_y \cdot t_y} \leq R_s \cdot \gamma_c \quad (2.26)$$

$$\tau = \frac{244 \cdot 880}{30555 \cdot 0,95} = 7,35 \leq 14,21 \text{ кН/см}^2$$

де  $t_y$  - Товщина стінки двутавра.

$$R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 24,5 = 14,21 \text{ кН/см}^2 \text{ (таблиця 2, [8])}$$

Умова виконується.

$$\sqrt{\sigma + 3 \cdot \tau^2} = \sqrt{22,8 + 3 \cdot 7,35^2} = 13,59 < 24,5 \text{ кН/см}^2 \quad (2.27)$$

Перевірка прогинів ригеля:

$$\text{Для головної балки: } \frac{l}{200} = \frac{6}{200} = 0,03 \text{ м}$$

$$E = 2,06 \cdot 10^4 \text{ кН/см}^2$$

$$\text{За даними SCAD: } f = 0,019 \text{ м} < [f] = 0,03 \text{ м} \quad (2.28)$$

Умова виконується.

### 2.3.3 Перевірочний розрахунок балки

Значення внутрішніх зусиль у балці:

$$M_{max} = 160,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$Q_{max} = 75,6 \text{ кН}$$

Перетин балки: двотавр 55Б2.  $W_y = 2295 \text{ см}^3$ .

При дії моменту та поперечної сили (згідно з формулами 41 і 42 [8]):

$$\frac{M_{max}}{W_y} \leq R_y \gamma_c$$

$$\frac{160,5}{2295} = 7 \leq 24,5 \text{ кН/см}^2$$

Міцність балки з дотичних напруг:

$$\tau = \frac{Q_{max} \cdot S_y}{I_y \cdot t_y} \leq R_s \cdot \gamma_c$$

$$\tau = \frac{75,6 \cdot 1301}{62789 \cdot 1} = 1,57 \leq 14,21 \text{ кН/см}^2$$

де  $t_y$  - Товщина стінки двотавра.

$$R_s = 0,58 \cdot R_y = 0,58 \cdot 24,5 = 14,21 \text{ кН/см}^2$$

Умова виконується.



$$\sqrt{\sigma + 3 * \tau^2} = \sqrt{7 + 3 * 1,57^2} = 3,8 < 24,5 \text{ кН/см}^2$$

Перевірка деформативності балки:

$$\text{Для головної балки: } \frac{l}{200} = \frac{6}{200} = 0,03 \text{ м}$$

$$E = 2,06 * 10^4 \text{ кН/см}^2$$

За даними розрахункового комплексу SCAD:  $f = 0,0108 \text{ м} < 0,03 \text{ м}$

Умова виконується.

### 2.3.4 Перевірочний розрахунок вертикальних зв'язків

Приймаємо граничну гнучкість вертикальних зв'язків  $[\lambda] = 200$ .

Довжина зв'язку дорівнює:  $l_{\text{св}} = 5,16 \text{ м}$

$$\text{Тоді, } i_{\text{тр}} = \frac{l_{\text{св}}}{[\lambda]} = \frac{5,16}{200} = 2,58 \text{ см}; \quad (2.29)$$

Прийнятий переріз вертикальних зв'язків: 2 рівнополочні куточки 100\*10мм.

$$I_y = 357,9 \text{ см}^4; \quad I_z = 810 \text{ см}^4;$$

Площа перерізу:  $A = 38,5 \text{ см}^2$ .

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{358}{38,5}} = 3 \text{ см} \quad (2.30)$$

$$i_z = \sqrt{\frac{I_z}{A}} = \sqrt{\frac{810}{38,5}} = 4,59 \text{ см}$$

$$N = 16,4 \text{ кН}$$

Визначаємо фактичну гнучкість:

$$\lambda_x = \frac{l_{\text{ef},x}}{i_y} = \frac{5,16}{0,03} = 172 \quad (2.31)$$

$$\lambda_{\text{max}} = 172$$

Відповідно до [8]:  $\varphi = 0,214$ .

Проводимо перевірку вертикальних зв'язків як центрально стислих елементів:

$$\sigma = \frac{N}{\varphi * A} \leq R_y * \gamma_c \quad (2.32)$$

$$\sigma = \frac{16,4}{0,214 * 38,5} = 19,9 \leq 24,5 \text{ Мпа}$$



## 2.4 Розрахунки вузлів

### 2.4.1 Розрахунок вузла спирання колони 1-го поверху

Під опорною плитою бази колони приймаємо рівномірно розподілений тиск. Розрахунок бази ведемо для найбільш завантаженої колони 1 поверху будівлі.

Найбільше значення поздовжньої сили в колоні приймаємо згідно з даними, отриманими в розрахунковому комплексі SCAD.

$$N= 6691 \text{ кН}; M=333,8 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

Розрахунковий опір бетону зім'яттю, визначаємо на підставі розрахункового опору бетону стиску:

$$R_{b,loc} = \alpha * \varphi_b * R_b \quad (2.33)$$

де  $\alpha = 1$  – приймається для бетонів класом нижче за В25;

$R_b = 8,5$  МПа - розрахунковий опір бетону В15;

$\varphi_b$  - Коефіцієнт, який враховує підвищення міцності бетону під опорною плитою в обмежених умовах, обчислюємо за формулою:

$$\varphi_b = \sqrt[3]{\frac{A_\phi}{A_{пл}}} \quad (2.34)$$

тут  $A_\phi$  – площа верхнього обрізу фундаменту, практично мало відрізняється від  $A_{пл}$ ;

Попередньо задаємося  $\varphi_b = 1,2$ .

$$R_{b,loc} = \alpha * \varphi_b * R_b = 1 * 1,2 * 8,5 = 10,2 \text{ МПа} = 1,02 \text{ кН/см}^2$$

Необхідна площа опорної плити:

$$A_{пл} = N / (\psi R_{b, loc}) = 6691 / (1 \cdot 1,02) = 6660 \text{ см}^2 \quad (2.35)$$

де  $\psi$  - коефіцієнт, що залежить від характеру розподілу напруги під плитою (у нашому випадку приймаємо рівномірні напруги під плитою, тобто.  $\psi = 1$ );

Фактичні розміри плити (тобто ширину і довжину) приймаємо не менш потрібну площу, також враховуємо контур перерізу колони.

Таким чином ширина колони:

$$B = b + 2 * t_{mp} + 2 * c = 400 + 2 * 16 + 2 * 50 = 532 \text{ мм} \quad (2.36)$$

де  $b = 400$  мм - ширина полиці двотавра;

$t_{mp} = 16$  мм – товщина траверси (не більше 10...20 мм);

Приймаємо  $z = 50$  мм – попередньо, знаходиться в межах від 40 до 120 мм.

Задаємо  $B = 850$  мм.

Далі обчислимо необхідну довжину плити:

$$L = \frac{A_{пл}}{B} = \frac{6660}{850} = 78 \text{ см} > L_{min} = (b + 2 * 5) = 50 \text{ см} \quad (2.37)$$

Приймаємо плиту стандартних розмірів 850\*850 мм квадратну з площею  $A_{пл} = 7225 \text{ см}^2$ . Довжину і ширину верхнього обрізу фундаменту обчислюємо виходячи з їх збільшення на 10 см в порівнянні з розмірами плити.

Тобто площа верхнього обрізу фундаменту:

$$A_{\phi} = (85 + 10) * (85 + 10) = 9025 \text{ см}^2 \quad (2.38)$$

Таким чином,  $\varphi_b = \sqrt[3]{\frac{8649}{9025}} = 0,986$

Отже,  $R_{b,loc} = \alpha * \varphi_b * R_b = 1 * 0,986 * 8,5 = 8,38 \text{ МПа} = 0,838 \text{ кН/см}^2$

$$A_{пл} = N / (\psi R_b, loc) = 6691 / (1 * 0,838) = 6820 \text{ см}^2$$

Приймаємо плиту стандартних розмірів 850×850 мм квадратну з площею  $A_{пл} = 7225 \text{ см}^2$ .

*Визначаємо товщину опорної плити.*

У цьому розрахунку товщину опорної плити бази колони призначають із умови її міцності на вигин. Пливу представляють як пластину, оперту на торці колони. Сам вигин походить від відсічі фундаменту, тобто дорівнює середньої напруги під плитою бази.

$$\sigma_b = \frac{N}{A_{пл}} = \frac{6691}{6889} = 0,971 \text{ кН/см}^2 < R_{b,loc} = 0,981 \text{ кН/см}^2 \quad (2.39)$$

Для розрахунку плити діляться на ділянки, оперті по 4, 3 та 1 сторонам (тобто консольні ділянки).

На кожній із трьох ділянок розраховуємо згинальні моменти (максимальні), від рівномірно розподіленого навантаження на плиту:

$$q = \sigma_b * 1 = 0,971 \text{ кН/см} \quad (2.40)$$

Згинальний момент у плиті на ділянці, що спирається на 4 сторони:

$$M_1 = \alpha_1 * q * a^2 = 0,048 * 0,971 * 19^2 = 16,82 \text{кН*см} \quad (2.41)$$

$\alpha_1$ - Коефіцієнт, що враховує зменшення прогонового моменту за рахунок спирання плити по чотирьох сторонах, залежить від відношення більшої сторони ділянки  $b$  до меншої  $a$ .

Значення  $b$  і  $a$  визначаються за розмірами світла:

$$b=170 \text{ мм}; a = 190 \text{ мм};$$

$$b/ a = 170 / 190 = 0,89.$$

$$\alpha_1=0,048$$

На ділянці, оперті по трьох сторонах:

$$M_2 = \beta * q * a_1^2 = 0,116 * 0,971 * 18^2 = 36,5 \text{кН*см} \quad (2.42)$$

$\beta$ - коефіцієнт, який залежить від відношення закріпленої сторони плитівки  $b_1$  до вільної  $a_1$ .

$$\text{Відношення сторін } b_1/a_1 = 200/180 = 1,11$$

$$\text{Момент на ділянці, на 2 сторони: } b_1/a_1= 200 / 290 = 0,69$$

$$M_2 = \beta * q * a_1^2 = 0,088 * 0,971 * 29^2 = 71,9 \text{кН*см}$$

З метою вирівнювання значень моментів встановлюємо додаткові діафрагми та ребра жорсткості, тобто змінюємо схему спирання плити.

За найбільшим  $M_{\max}$  із знайдених для різних ділянок плити згинальних моментів визначаємо необхідний момент опору плити шириною 1 см:

$$W_{\text{пл}} = 1 * \frac{t_{\text{пл}}^2}{6} = \frac{M_{\max}}{R_y \gamma_c} \quad (2.43)$$

звідки:

$$t_{\text{пл}} = \sqrt{\frac{6 * M_{\max}}{R_y * \gamma_c}} = \sqrt{\frac{6 * 71,9}{24,5 * 1}} = 4,2 \text{см} \quad (2.44)$$

Приймаємо лист завтовшки 45 мм.

Розрахунок траверси колони.

Висота траверси  $h_{\text{тр}}$  визначається за умови розміщення вертикальних швів кріплення траверси до стрижня колони. У запас міцності передбачається, що всі

зусилля у галузі передається на траверси через чотири кутові шви (зварні шви, що з'єднують стрижень колони безпосередньо з плитою бази, не враховуються).

Умова:

$$\beta_f * R_{wf} = 0,9 * 21,5 = 19,35 > \beta_z * R_{wz} = 1,05 * 16,65 = 17,48 \text{кН/см}^2 \quad (2.45)$$

Отже, зварні шви розраховуємо по металу межі сплавлення.

Катетом шва задаємося в межах 8 - 16 мм, але не більше 1,2 tmin.

Приймаємо kf=10 мм. Визначаємо довжину одного шва, виконаного механізованим зварюванням в середовищі вуглекислого газу, з найбільшим зусиллям в колоні N:

$$l_w = \frac{N_{Bz}}{4 * \beta_z * k_f * R_{wz} * \gamma_c} = \frac{6691}{4 * 1,05 * 1 * 16,65 * 1 * 1} = 96 \text{см} \quad (2.46)$$

Приймаємо висоту траверси конструктивно:

$$h_{tr} = 300 \text{ мм.}$$

Розрахуємо анкерні болти для закріплення бази наскрізної позацентрово-стиснутої колони. Болти виконуються із сталі марки ВСт3кп2 із розрахунковим опором Rba = 230 МПа = 23 кН/см<sup>2</sup>.

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{W} = \frac{2381}{371} - \frac{320}{5608} = 6,42 - 0,057 = 6,36 \text{ Мпа} \quad (2.47)$$

де N та M – визначаємо згідно з даними розрахункового комплексу SCAD.

Таким чином відсутня відрив колони від плити.

Отже, анкерну пластину та анкерні болти приймаємо конструктивно.

Приймаємо 2 болти діаметром db = 30 мм з площею перерізу нетто одного болта Abn = 7 см<sup>2</sup>.

## 2.4.2 Розрахунок вузла кріплення ригеля та колони

З розрахунку враховуємо вимоги [8].

1. Обчислення зусиль у накладках від дії згинального моменту

$$N_1 = \frac{M}{h} = \frac{40,72}{0,4} = 101,8 \text{тс} \quad (2.48)$$

2. Зусилля в накладках від поздовжньої сили в ригелі:

$$N_2 = \frac{N}{2} = \frac{4,4}{2} = 2,2 \text{тс} \quad (2.49)$$

3. Сумарне поздовжнє зусилля:

$$N_{\text{пл}} = N_1 + N_2 = 101 + 2,2 = 103,2 \text{тс} \quad (2.50)$$

4. Необхідна площа перерізу:

$$A_{\text{пл}} = \frac{N_{\text{пл}}}{R_y \gamma_c} = \frac{103200}{2450 \cdot 1} = 42,1 \text{см}^2 \quad (2.51)$$

5. Розраховуємо товщину накладки:

Ширина накладки по ослабленому перерізу:  $b_{\text{пл}} = 22 - 1,9 \cdot 2 = 18,2 \text{ см}$ ;

Де 1,9 см – діаметр отвору під тимчасові болти;

Товщина накладки:

$$t_{\text{пл}} = \frac{A_{\text{пл}}}{b_{\text{пл}}} = \frac{42,1}{18,2} = 2,31 \text{см} \quad (2.52)$$

Конструктивно приймаємо  $t_{\text{пл}} = 2,5 \text{ див}$ .

Розраховуємо зварні шви кріплення накладок до полиць ригеля:

По металу шва:

$$l_{wf} = \frac{N_{\text{пл}}}{2 \cdot k_f \cdot \beta_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c} = \frac{130200}{2 \cdot 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1848 \cdot 1 \cdot 1} = 22,16 \text{ см} \quad (2.53)$$

По металу межі сплавлення:

$$l_{wz} = \frac{N_{\text{пл}}}{2 \cdot k_f \cdot \beta_z \cdot R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c} = \frac{130200}{2 \cdot 1,8 \cdot 0,45 \cdot 2115 \cdot 0,85 \cdot 1} = 36 \text{ см} \quad (2.54)$$

Де  $k_f$ -катет шва;

$\beta$ -коефіцієнт проплавлення шва;

$R_w$ -розрахунковий опір шва зрізу;

За [5] «Сталеві конструкції»:

$$R_{wf} = \frac{R_{wun} \cdot 0,55}{\gamma_{wm}} = \frac{4200 \cdot 0,55}{1,25} = 1848 \text{ кг/см}^2 \quad (2.55)$$

$$R_{wz} = 0,45 \cdot R_{un} = 0,45 \cdot 4700 = 2115 \text{ кг/см}^2 \quad (2.56)$$

Розрахунок зварних швів кріплення верхньої накладки до колони:

По металу шва:  $l_{wf} = \frac{N_{\text{пл}}}{2 \cdot k_f \cdot R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \beta_f \cdot \gamma_c} = \frac{103200}{2 \cdot 2 \cdot 0,7 \cdot 1848 \cdot 1 \cdot 1} = 20 \text{ см}$

По металу межі сплавлення:

$$l_{wz} = \frac{N_{пл}}{2 * k_f * R_{wz} * \gamma_{wz} * \beta_z * \gamma_c} = \frac{103200}{2 * 2 * 0,45 * 2115 * 0,85 * 1} = 32 \text{ см}$$

Розрахунок стикового шва кріплення нижньої накладки до полиці колони:

$$\frac{N}{1,3 * t * l_w} \leq R_{th} * \gamma_c \quad (2.57)$$

$$\frac{103200}{1,3 * 2,5 * 35} = 907,3 \leq 0,5 * 4600 = 2300 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Розрахунок вертикальних пластин, що з'єднують стінку балки з полицею колони

Перевіримо міцність двох ребер заввишки 230 мм і завтовшки 8 мм. Катети швів 8 мм. Напруги в зварних швах кріплення накладок до стінки ригеля визначаються за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{Q}{A_{шв}}\right)^2 + \left(\frac{M_{шв}}{W_{шв}}\right)^2} \leq R_{wy} \quad (2.58)$$

$$A_{шв} = 2 * 0,7 * k_f * l_w = 2 * 0,7 * 0,8 * 22 = 24,64 \text{ см}^2 \quad (2.59)$$

$$W_{шв} = 2 * 0,7 * k_f * \frac{l_w^2}{6} = 2 * 0,7 * 0,8 * \frac{22^2}{6} = 90,4 \text{ см}^3 \quad (2.60)$$

$$M_{шв} = Q * \frac{l}{2} = 26130 * \frac{12}{2} = 156780 \text{ кг*см} \quad (2.61)$$

$$\sigma = \sqrt{\left(\frac{26130}{24,64}\right)^2 + \left(\frac{156780}{90,4}\right)^2} = 2032 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \leq 2450 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Перевірка виконується.

Перевірка стінки колони: за формулою:  $\sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} \leq R_y * \gamma_c$

$\tau$  - Середня дотична напруга, що обчислюється за формулою:

$$\tau = \frac{N_{пл}}{h_{ст} * t_{ст}} = \frac{103200}{36 * 2,3} = 1246 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad (2.62)$$

$\sigma$  - Найбільше за абсолютною величиною напруга в стінці колони:

$$\sigma = \frac{N_{кол}}{A_{кол}} + \frac{M * h_{ст}}{W * h_{кол}} = \frac{66910}{371} + \frac{44410 * 0,835}{5642} = 180 + 9,5 = 189,5 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \quad (2.63)$$

$$\sqrt{189,5^2 + 3 * 1246^2} = 2166 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \leq 2450 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$$

Умова виконується.



### 2.4.3 Розрахунок вузла кріплення арки купола до консольного ригеля

Перевірка болтів вузла сполучення консольного ригеля та арки купола:

Болти працюють на зріз та зминання ( $Q=88,5$  кН).

З розрахунку враховуємо вимоги [8].

Перевірка болтів на зріз:

$$N_{bs} = n * R_{bs} * A_b * n_s * \gamma_b * \gamma_c \quad (2.64)$$

$$N_{bs} = 4 * 210000 * 0,0072 * 1 * 1 * 0,95 = 5745 \text{кН}$$

Перевірка болтів на зминання:

$$N_{bp} = n * R_{bp} * d_p * \sum t * \gamma_b * \gamma_c$$

$$N_{bp} = 4 * 485000 * 0,024 * 0,016 * 1 * 0,95 = 707 \text{кН} \quad (2.65)$$

Перевірка виконується.

### 2.4.4 Розрахунок фланцевого вузла арки бані

Площа перерізу пояса арки (35Ш1):

$$A_n = 95,67 \text{ см}^2$$

- зусилля у фланцевому з'єднанні дорівнює:  $N_{\phi c} = 24,2$  кН;  $M_{\phi c} = 30,8$  кНм;  $Q_{\phi c} = 4,0$  кН

- як матеріал фланця приймаємо - сталь 14Г2АФс,

- площа перерізу болта нетто  $A_{\phi n} = 4,52 \text{ см}^2$ ;

- площа перерізу полиці двотавра  $A_f = 31,25 \text{ см}^2$ ;

- площа перерізу стінки двотавра  $A_w = 29,73 \text{ см}^2$ ;

- кількість болтів уздовж полиці  $n_n = 4$ , уздовж стінки  $n_c = 4$ ;

- катет зварного шва по полиці  $K_{fn} = 1,4$  см, по стінці  $K_{fc} \leq 0,8$  см

- зусилля попереднього натягу  $P_{np} = 16,6$  кН (23 тс);

- Товщина кожного фланця  $t_{\phi} = 2,5$  см.

Визначаємо внутрішні зусилля та положення нейтральної осі у фланцевому з'єднанні балок та рам, де:

$M, N$  - згинальний момент і поздовжня сила, що діють на з'єднання;

$h_w, t_w, b_f, t_f$  - висота та товщина стінки, ширина та товщина полиці двотаврів арок купола;

$$h_w = 313 \text{ мм}$$

$$t_w = 9,5 \text{ мм}$$

$$b_f = 250 \text{ мм}$$

$$t_f = 12,5 \text{ мм}$$

$h_{ef} = 338 \text{ мм}$  – розрахункова висота перерізу двотавра;

$d_b = 24 \text{ мм}$  - діаметр прийнятого при конструюванні високоміцного болта;

$k_{ff} = 1,4 \text{ см}; k_{fw} = 0,8 \text{ см}$  - катети зварного шва розташованого вздовж розтягнутої полиці та стінки двотавра;

$L_f = 130 \text{ мм}, L_w = 140 \text{ мм}$  - відстані між осями болтів упоперек полиці та стінки двотавра;

$L_{eff}; L_{efw}$  - розрахункові прольоти фланців упоперек полиці та стінки двотавра, розраховуємо за формулою:

$$L_{eff} = L_f - t_f - 1,3 * k_{ff} - 0,5 * d_b \quad (2.66)$$

$$L_{eff} = 130 - 12,5 - 1,3 * 14 - 0,5 * 24 = 87,3 \text{ мм}$$

$$L_{efw} = L_w - t_w - 1,3 * k_{fw} - 0,5 * d_b \quad (2.67)$$

$$L_{efw} = 140 - 9,5 - 1,3 * 8 - 0,5 * 24 = 108,1 \text{ мм}$$

$$\alpha = \frac{31,25}{29,73} = 1,05 - \text{відношення площ полиці та стінки}$$

$$\beta_t = \frac{0,95}{1,25} = 0,76 - \text{Відношення товщини стінки до товщини полиці}$$

$$k_l = \frac{L_{eff}}{L_{efw}} = \frac{87,3}{108,1} = 0,807 - \text{Відношення розрахункових прольотів фланців, що}$$

застосовуються в поєднанні:

Обчислюємо параметри навантаженості фланцевого з'єднання:

$$\psi_0 = \alpha + 0,25 = 1,05 + 0,25 = 1,3 \quad (2.68)$$

$$\theta_0 = 2\alpha + 1 = 2 * 1,05 + 1 = 3,1 \quad (2.69)$$

$$\psi = \frac{M}{R_y * t_w * h_{ef}^2} = \frac{30,8}{368 * 10^3 * 0,0095 * 0,338^2} = 0,077 \quad (2.70)$$

$$\theta = \frac{N}{R_y * t_w * h_{ef}} = \frac{24,2}{368 * 10^3 * 0,0095 * 0,338} = 0,02 \quad (2.71)$$



Розрахуємо коефіцієнти відносної навантаженості двотавра арки купола моментом та поздовжньою силою:

$$\omega = \frac{\psi}{\psi_0} = \frac{0,077}{1,3} = 0,059 \quad (2.72)$$

$$v = \frac{\theta}{\theta_0} = \frac{0,02}{3,1} = 0,0064 \quad (2.73)$$

$\varepsilon$  - Відносна висота стиснутої зони з'єднання;

$\omega_\lambda$  – значення коефіцієнта при якому в стінці виникають і розвиваються пластичні деформації;

$\omega_{\xi=0}$  – значення коефіцієнта при якому нейтральна вісь переходить у стислу полицю;

$v_f; v_p; v_w$  - відношення напруги в стислих і розтягнутих полицях двотавра і в розтягнутій частині стінки двотавра арки купола до розрахункового опору матеріалу двотавра;

Розрахуємо параметри фланця арки бані:

$$\omega_\lambda = \frac{\alpha \cdot \beta_t + 0,5(1-\theta)}{\psi_0} = \frac{1,05 \cdot 0,76 + 0,5(1-0,02)}{1,3} = 0,99 \quad (2.74)$$

Отже,  $\omega_\lambda \geq \omega$ :

$$\lambda = \frac{k_l}{\beta_t} = \frac{0,807}{0,76} = 1,062 \quad (2.75)$$

$$\omega_{\xi=0} = \frac{\alpha^2 + 0,5 \cdot \lambda + 0,5 \cdot \alpha \cdot \theta}{\psi_0(\alpha + \lambda)} = \frac{1,05^2 + 0,5 \cdot 1,062 + 0,5 \cdot 1,05 \cdot 0,02}{1,3(1,05 + 1,062)} = 0,606 \quad (2.76)$$

$\omega_{\xi=0} \geq \omega$ , отже:

$$\xi = 0$$

$$v_p = \frac{\psi_0 \cdot \omega(\alpha + \lambda) + 0,5 \cdot \alpha \cdot \theta}{\alpha(\alpha + 0,5\lambda)} = \frac{1,3 \cdot 0,059 \cdot (1,05 + 1,062) + 0,5 \cdot 1,05 \cdot 0,02}{1,05(1,05 + 0,5 \cdot 1,062)} = 0,104 \quad (2.77)$$

$$v_f = \frac{\theta + \alpha \cdot v_p}{\alpha + \lambda} = \frac{0,02 + 1,05 \cdot 0,104}{1,05 + 1,062} = 0,061 \quad (2.78)$$

$$v_w = \lambda \cdot v_f = 1,062 \cdot 0,061 = 0,065 \leq 1 \quad (2.79)$$

Товщину фланців визначаємо, застосовуючи принцип граничної рівноваги, враховуючи дії дотичних напруг та неповне защемлення фланців у вузлі:

$$t_{fl} = k_1 k_2 t_{fl0} \quad (2.80)$$

$$t_{fl0} = \sqrt{\frac{2v_f \cdot \psi_V \cdot R_y}{\psi_T \cdot R_{yfl}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,061 \cdot 4830 \cdot 368}{2,08 \cdot 380}} = 16,6 \text{ мм} \quad (2.81)$$

прим $\neq$ 0 та N $\neq$ 0:

$$\psi_V = t_f(b_f + 0,5 \cdot \lambda \cdot \beta_t \cdot (1 - \varepsilon) \cdot h_{ef}) \quad (2.82)$$

$$\psi_V = 12,5 \cdot (250 + 0,5 \cdot 1,062 \cdot 0,76 \cdot (1 - 0) \cdot 338) = 4830$$

$$\psi_T = 4 \cdot \frac{b_{fl}}{l_{ef}} + 1,5 \cdot \frac{k_1}{k_{hl}} = 4 \cdot \frac{280}{86} + 1,5 \cdot \frac{0,807}{0,258} = 17,72 \quad (2.83)$$

$$k_{hl} = \frac{L_{eff}}{(1-\xi) \cdot h_{ef}} = \frac{87,3}{(1-0) \cdot 338} = 0,258 \quad (2.84)$$

$$l_{ef} = 0,5 \cdot (b_{fl} - L_{efw}) = 0,5 \cdot (280 - 108) = 86 \text{ мм} \quad (2.85)$$

$$b_{fl} = 280 \text{ мм}$$

$k_1$  - Коефіцієнт, що залежить від початкової товщини фланця та його розрахункового прольоту вздовж полиці (згідно з п.3.13.2 [32])

$$k_1 = 1,08$$

$k_2$  - Коефіцієнт, що залежить від рівня допустимих напруг і пластичних деформацій у фланці.

$$k_2 = 1,225 - \text{для пружно-пластичної стадії.}$$

$$t_{fl} = 1,08 \cdot 1,225 \cdot 16,6 = 22 \text{ мм}$$

Розраховуємо фланець арки бані на поперечну силу проводимо для 3 перерізів:

- переріз елементів у безпосередній близькості до фланців
- перерізи зварних швів, що кріплять фланець до конструктивних елементів
- переріз, розташований між 2 контактуючими поверхнями фланців

Умова міцності записується у такому вигляді:  $Q = 4 \text{ кН}$

$$Q \leq Q_{ef,i}$$

$Q_{ef,i}$  – поперечна сила у розрахунковому перерізі

Для перерізу 1:

$$Q_{ef1} = \frac{2}{3} \cdot 225 \cdot 9,5 \cdot 338 = 481,65 \text{ кН}$$

$t_w$  - товщина стінки двотавру;

Для перерізу 2:

$$Q_{ef2} = \gamma_c \sum N_{wi} * l_i = 0,95 * 3620 * 150 = 515,85 \text{ кН} \quad (2.86)$$

$N_{wi}$  - Несуча здатність на 1 см зварного шва;

$\gamma_c = 0,95$ -Коефіцієнт умов роботи;

$l_i$ - Довжина шва;

Для перерізу 3:

$$Q_{ef3} = Q_{Np}$$

$$Q_{Np} = \mu * N_p = 0,25 * 7656 = 1914 \text{ кН} \quad (2.87)$$

$\mu = 0,25$  – для необроблених поверхонь;

$$N_p = A_p * R_y = 31,25 * 240 = 7656 \text{ кН} \quad (2.88)$$

при  $\xi = 0$ :  $A_p = t_f * b_f = 1,25 * 25 = 31,25 \text{ см}^2$

*Розрахунок болтів фланцевого з'єднання:*

Несучу здатність високоміцних болтів з'єднання розраховуємо за такою формулою:

$$N_{bef} = R_{bh} * A_{bn} * \gamma_c = 770 * 452 * 0,95 = 330,6 \text{ кН} \quad (2.89)$$

$R_{bh}$  - Розрахунковий опір болтів;

$$R_{bh} = 0,7 * R_{bun} = 0,7 * 1100 = 770 \text{ Мпа} \quad (2.90)$$

де  $R_{bun} = 1100 \text{ Н/мм}^2$  - Нормативний опір болта згідно [8].

Зусилля, що діють на розтягнуті болти:

1. Для 1 групи:  $N_{b1} = N_{bf} + N_{bw} = 11,67 + 160,6 = 172,3 \text{ кН} < 330,6 \text{ кН}$

2. Для 2 групи:  $N_{b2} = N_{bf} + N_{bv} = 11,67 + 314 = 325,67 \text{ кН} < 330,6 \text{ кН}$

$N_{bf}$  - Позначаємо зусилля, що передається з розтягнутої полиці на окремий болт:

$$N_{bf} = \frac{v_f R_y A_f}{2} = \frac{0,061 * 240 * 3125}{4} = 11,67 \text{ кН} \quad (2.91)$$

$$N_{bw} = 0,5 * \lambda * R_y * c * t_w = 0,5 * 1,062 * 240 * 130 * 9,5 = 160,6 \text{ кН} \quad -$$

навантаження на болт із сусідньої ділянки стінки;

$$N_{bv} = a * K_n * v_f * R_{yfl} * C_\sigma = 125 * 0,112 * 0,061 * 368 * 1 = 314 \text{ кН} \quad -$$

навантаження на болти від важельного зусилля в фланці, що деформується;

$C_\sigma$ -при пружній роботі фланця;

$K_n = 0,112$  – приймається згідно з таблицею 3 п.3.13.4 [32]

Умови міцності болтів виконуються.

*Розрахунок зварних швів фланцевого з'єднання:*

- по металу шва:  $\sigma_{wf} = \frac{N_w}{\beta_f \cdot (k_f + 0,2) \cdot l_w} \leq R_{wf} \cdot \gamma_{wf} \cdot \gamma_c$  (2.92)

$$\sigma_{wf} = \frac{4575}{0,7 \cdot (1,4 + 0,2) \cdot 48} = 85 \text{ кг/см}^2 \leq 1848 \cdot 1 \cdot 1 \text{ кг/см}^2$$

- по металу межі сплавлення:  $\sigma_z = \frac{N_w}{\beta_z k_f l_w} \leq R_{wz} \cdot \gamma_{wz} \cdot \gamma_c$  (2.93)

$$\sigma_z = \frac{4575}{0,45 \cdot 1,4 \cdot 48} = 151,3 \text{ кг/см}^2 \leq 2115 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1798 \text{ кг/см}^2$$

Довжина зварного шва:

- для полиць двотавра:

$$l_w = 2 \cdot (b_f - 1) = 2 \cdot (25 - 1) = 48 \text{ см} \quad (2.94)$$

- для стінки двотавра:

$$l_w = 2 \cdot (h_w - 1) = 2 \cdot (31,3 - 1) = 60,6 \text{ см} \quad (2.95)$$

Зусилля, що діє на шов полиці двотавра:

$$N_w = v_f R_y b_f t_f = 0,061 \cdot 240 \cdot 0,25 \cdot 0,0125 = 45,75 \text{ кН} \quad (2.96)$$

Зусилля, що діє на шов стінки двотавра:

$$N_w = \lambda v_f R_y (1 - \xi) h_{ef} t_w = 1,062 \cdot 0,061 \cdot 240 \cdot (1 - 0) \cdot 0,313 \cdot 0,0095 = 46,23 \text{ кН}$$

(2.97)

- по металу шва:

$$\sigma_{wf} = \frac{4623}{0,7 \cdot (0,8 + 0,2) \cdot 60,6} = 109 \text{ кг/см}^2 \leq 1848 \cdot 1 \cdot 1 \text{ кг/см}^2 \quad (2.98)$$

- по металу межі сплавлення:

$$\sigma_z = \frac{4623}{0,45 \cdot 0,8 \cdot 60,6} = 211,9 \text{ кг/см}^2 \leq 2115 \cdot 0,85 \cdot 1 = 1798 \text{ кг/см}^2 \quad (2.99)$$

## РОЗДІЛ 3. Науково-дослідний

### 3.1 Типи теплових втрат

Одним із важливих аспектів при проектуванні будинку є зниження витрат на виробництво, передачу та споживання енергоресурсів. Значну частину фінансових витрат займають витрати на енергоресурси, що використовуються для опалення та для інших потреб. Показником, що характеризує ефективність використання отриманих енергоресурсів є енергетична ефективність. Енергетична ефективність – співвідношення (коефіцієнт) або інший кількісний взаємозв'язок між отриманим результатом (вихідний показник), тобто між виконаною роботою, наданими послугами, товарами чи енергією і вхідним показником, тобто вхідним рівнем енерговитрат.

Теплові втрати в приміщенні можуть відбуватись у різних напрямках та формах передачі енергії, тому їх поділяють на три типи:

1. Трансмісія (теплопровідність).
2. Конвекція.
3. Випромінювання.

Трансмісія (теплопровідність) – процес передачі тепла через матеріали.

Конвекція – процес передачі енергії завдяки теплообмінним процесам у рідині чи газі.

Випромінювання – процес передачі енергії через інфрачервоне випромінювання.

Проте окрім теплових втрат будівля має і теплові надходження, тому при поділі на категорії за джерелами втрат/надходжень їх можна виділити в окремі групи(рис. 3.1):



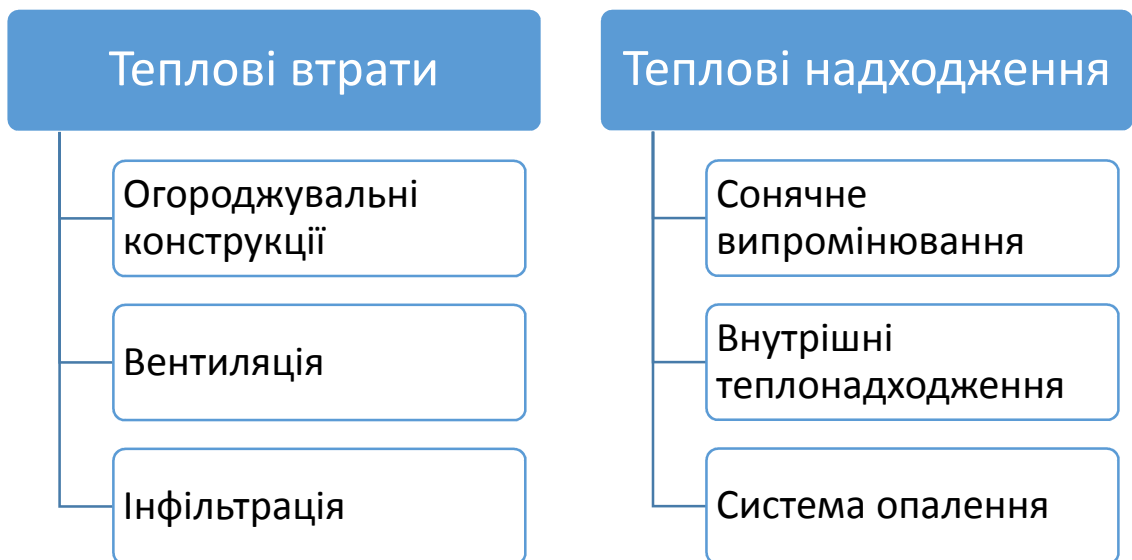


Рисунок 3.1 –Типи теплових втрат і надходжень в будівлі

### 3.2 Розрахунок теплотехнічних параметрів будівлі

Згідно із [1] додаток Б температурна зона у якій знаходиться місто Білгород-Дністровський – II температурна зона(рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Карта-схема температурних зон України

Згідно із [1] додаток А визначаємо мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції  $R_{q \min}$  (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будинків ( $R_{q \min}$ )

Вид огорожувальної конструкції	Значення $R_{q \min}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$ , для II температурної зони
Зовнішні стіни	2,8
Суміщені покриття	4,9
Горищні покриття та перекриття неопалювальних го- рищ	4,5
Перекриття над проїздами та неопалювальними підва- лами	3,3
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,6
Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,45
Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатопверхових буди- нків	0,6

Для проведення розрахунків, необхідним є план першого поверху будинку, що представлений на рис.3.3.

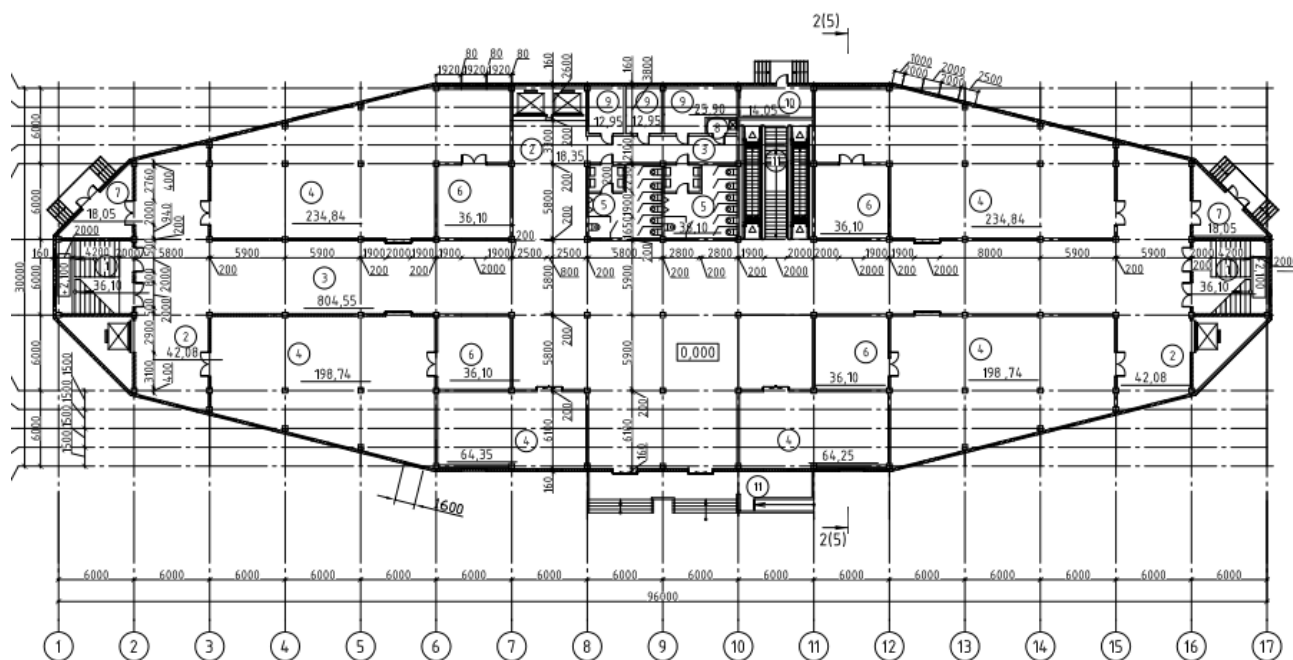


Рисунок 3.3 – План першого поверху будинку

Загальні характеристики житлового будинку:

Висота будівлі – 71,700 м;

Довжина будівлі – 96,000 м;

Ширина будівлі – 30,000 м;

Вікна 1,6 м·1,6 м – 264 шт.

Світлопрозорі віконні конструкції 4,2 м·6,0 м – 192 шт, 4,2 м·6,185 м – 156 шт.

Двері вхідні 2,1 м·2,0 м – 2 шт.

Двері вхідні евакуаційні 2,0 м·0,9 м – 1 шт.

Визначення площ однорідних конструкцій:

Вікна  $1,6 \cdot 1,6 \cdot 264 = 675,84 \text{ м}^2$

Двері вхідні  $2,1 \cdot 2,0 \cdot 2 = 8,4 \text{ м}^2$ .

Двері вхідні евакуаційні  $0,9 \cdot 2,0 = 1,8 \text{ м}^2$ .

Світлопрозорі віконні конструкції  $6,0 \cdot 4,2 \cdot 192 + 6,185 \cdot 4,2 \cdot 156 - 1,8 = 4838,4 + 4052,412 - 1,8 = 8889,012 \text{ м}^2$

Зовнішні стіни  $(6,0 \cdot 4,2 - 1,6 \cdot 1,6) \cdot 64 + (6,185 \cdot 4,2 - 1,6 \cdot 1,6) \cdot 200 + 8,485 \cdot 4,2 \cdot 64 - 8,4 = 1448,96 + 4683,4 + 2280,768 - 8,4 = 8404,728 \text{ м}^2$

Розрахунок опору теплопередачі цегляної стіни без теплоізоляції:

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{1}{a_3} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} = \frac{1}{23} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,38}{0,35} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{1}{8,7} = 1,31 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

$R_{\Sigma i}$  - опір теплопередачі цегляної стіни,  $R_{\min} = 2,8 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$

$a_3$  – коефіцієнт тепловіддачі, стандартизований

0,03 – товщина вапняно-піщаної штукатурки, м

0,38 – товщина цегляної стіни, м

0,35 – коефіцієнт теплопровідності цегляної стіни в умовах використання теплового розчину для кладки, Вт/м·К

0,93 – коефіцієнт теплопровідності вапняно-піщаної штукатурки, Вт/м·К

$a_B$  – коефіцієнт теплосприйняття, стандартизований

Отже, опір теплопередачі цегляної стіни без теплоізоляції більш ніж удвічі менший ніж мінімально допустимий, тому проводимо розрахунок стіни із теплоізоляцією.



Розрахунок опору теплопередачі цегляної стіни з теплоізоляцією 60мм:

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{1}{a_3} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} = \frac{1}{23} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,38}{0,35} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,06}{0,0375} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{8,7}$$

$$= 2,91 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

$R_{\Sigma i}$  - опір теплопередачі цегляної стіни,  $R_{\min}=2,8 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$

0,01 - товщина клеючого шару, м

0,81 – коефіцієнт теплопровідності штукатурно-армуючого та армуючого шару, Вт/м·К

0,06 – товщина теплоізолюючого шару, м

0,0375 – коефіцієнт теплопровідності теплоізолюючого шару, Вт/м·К

0,02 – товщина штукатурно-армуючого шару, м

В даному випадку опір теплопередачі цегляної стіни із теплоізоляцією товщиною 60 мм є більшим за мінімально допустимий, проте не враховано втрати тепла через точкові теплові містки, тому проводимо розрахунок стіни із теплоізоляцією товщиною 100 мм.

Розрахунок опору теплопередачі цегляної стіни з теплоізоляцією 100мм:

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{1}{a_3} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} = \frac{1}{23} + \frac{0,03}{0,93} + \frac{0,38}{0,35} + \frac{0,01}{0,81} + \frac{0,1}{0,0375} + \frac{0,02}{0,81} + \frac{1}{8,7}$$

$$= 3,98 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

$R_{\Sigma i}$  - опір теплопередачі цегляної стіни,  $R_{\min}=2,8 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$

0,1 – товщина теплоізолюючого шару, м

Тепер проводимо розрахунок коефіцієнту теплопередачі точкових теплових містків:

$$K_{\Sigma \Psi N} = \sum_{k=1}^K \Psi_k N_k = 0,005 \cdot 8 \cdot 8405 = 336,2 \left( \frac{\text{Вт}}{\text{К}} \right)$$

$K_{\Sigma \Psi N}$  - коефіцієнт теплопередачі точкових теплових містків;

$\Psi_k$  - точковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/К;

$N_k$  - кількість точкових містків тепла, шт.

Проводимо розрахунок приведенного опору теплопередачі цегляної стіни з теплоізоляцією 60 мм.

$$R_{\Sigma} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{k=1}^K \Psi_k N_k} = \frac{8405}{\frac{8405}{2,91} + 336,2} = 2,61 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

$R_{\Sigma}$  – приведений опір теплопередачі

$A_{\Sigma}$  – повна площа поверхні, м<sup>2</sup>

$A_i$  – площа елемента поверхні, м<sup>2</sup>

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі елемента,  $\left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$

$\Psi_k$  - точковий коефіцієнт теплопередачі, Вт/К

$N_k$  - кількість точкових містків тепла, шт

Як зрозуміло із приведених вище розрахунків опір теплопередачі є нижчим за мінімальний, тому розраховуємо приведенний опір теплопередачі цегляної стіни з теплоізоляцією 100 мм.

$$R_{\Sigma} = \frac{A_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^I \frac{A_i}{R_{\Sigma i}} + \sum_{k=1}^K \Psi_k N_k} = \frac{8405}{\frac{8405}{3,98} + 336,2} = 3,43 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Далі проводимо розрахунок теплової потужності цегляної стіни без теплоізоляції:

$$q_{\text{ц}} = A_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ц}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = 8405 \cdot 0,76 \cdot (20 - 1,7) = 116,897 \text{ (кВт)}$$

$q_{\text{ц}}$  – теплова потужність цегляної стіни без теплоізоляції;

$A_{\text{ц}}$  – площа цегляної стіни;

$U_{\text{ц}}$  – коефіцієнт опору теплопередачі цегляної стіни без теплоізоляції;

$t_{\text{in}}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{\text{out}}$  – зовнішня температура (м. Сарата).

Розрахунок теплової потужності цегляної стіни з теплоізоляцією:

$$q_{\text{ц}} = A_{\text{ц}} \cdot U_{\text{ц}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = 8405 \cdot 0,29 \cdot (20 - 1,7) = 44,605 \text{ (кВт)}$$

$q_{\text{ц}}$  – теплова потужність цегляної стіни з теплоізоляцією;

$A_{\text{ц}}$  – площа цегляної стіни;

$U_{ц}$  – коефіцієнт опору теплопередачі цегляної стіни з теплоізоляцією;

$t_{in}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{out}$  – зовнішня температура (м. Сарата).

Далі проводимо розрахунок енерговитрат цегляної стіни без теплоізоляції:

$$Q_{ц} = A_{ц} \cdot U_{ц} \cdot (t_{in} - t_{out}) \cdot 24 \cdot n = 8405 \cdot 0,76 \cdot (20 - 1,7) \cdot 24 \cdot 158 = 443,27 \text{ (тис кВт} \cdot \text{год)};$$

$Q_{ц}$  – витрата енергії через цегляну стіну без теплоізоляції;

$A_{ц}$  – площа цегляної стіни;

$U_{ц}$  – коефіцієнт опору теплопередачі цегляної стіни без теплоізоляції;

$t_{in}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{out}$  – зовнішня температура;

$n$  – кількість днів опалюваного сезону;

Проводимо розрахунок енерговитрат цегляної стіни з теплоізоляцією:

$$Q_{ц} = A_{ц} \cdot U_{ц} \cdot (t_{in} - t_{out}) \cdot 24 \cdot n = 8405 \cdot 0,29 \cdot (20 - 1,7) \cdot 24 \cdot 158 = 169,14 \text{ (тис кВт} \cdot \text{год)};$$

Проводимо порівняння результатів розрахунків (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Порівняння результатів розрахунків цегляної стіни

Результати розрахунку:	Цегляна стіна	
	без теплоізоляції	з теплоізоляцією
Опір теплопередачі, ( $R_{q \min} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ )	1,31	3,43
Теплова потужність огорожувальної конструкції, кВт	116,897	44,605
Витрата теплової енергії впродовж опалюваного сезону, тис. кВт·год	443,27	169,14

Далі проводимо розрахунок світлопрозорих конструкцій для RENAU Euro 60, 4-16-4.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі вікон, 1,6м·1,6м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{2,18 + 0,38}{2,18 \cdot 2,74 + 0,38 \cdot 1,54 + 2,88 \cdot 0,06} =$$

$$= 0,38 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій,  
6,0м·4,2м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{22,68 + 2,52}{22,68 \cdot 2,74 + 2,52 \cdot 1,54 + 9,18 \cdot 0,06} =$$
$$= 0,38 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій,  
6,185м·4,2м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{23,38 + 2,6}{23,38 \cdot 2,74 + 2,6 \cdot 1,54 + 9,35 \cdot 0,06} =$$
$$= 0,38 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Далі проводимо розрахунок світлопрозорих конструкцій для RENAУ Synego  
70, 4i-10-4-10-4i.

Розрахунок приведенного опору теплопередачі вікон, 1,6м·1,6м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{2,14 + 0,42}{2,14 \cdot 1,08 + 0,42 \cdot 0,94 + 2,85 \cdot 0,08} =$$
$$= 0,87 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій,  
6,0м·4,2м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{22,47 + 2,73}{22,47 \cdot 1,08 + 2,73 \cdot 0,94 + 9,05 \cdot 0,08} =$$
$$= 0,91 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій,  
6,185м·4,2м

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{23,08 + 2,9}{23,08 \cdot 1,08 + 2,9 \cdot 0,94 + 9,23 \cdot 0,08} =$$
$$= 0,89 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок теплової потужності світлопрозорих конструкцій RENAU Euro 60, 4-16-4.

$$q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = 9564,85 \cdot 2,63 \cdot (20 - 1,7) = 460,347 \text{ (кВт)}$$

$q_{\text{ск}}$  – теплова потужність світлопрозорих конструкцій;

$A_{\text{ск}}$  – площа світлопрозорих конструкцій;

$U_{\text{ск}}$  – коефіцієнт опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій;

$t_{\text{in}}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{\text{out}}$  – зовнішня температура.

Розрахунок теплової потужності світлопрозорих конструкцій RENAU Synego 70, 4i-10-4-10-4i.

$$q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = (675,84 \cdot 1,15 + 4836,6 \cdot 1,1 + 4052,41 \cdot 1,12) \cdot (20 - 1,7) = 194,642 \text{ (кВт)}$$

$q_{\text{ск}}$  – теплова потужність світлопрозорих конструкцій;

$A_{\text{ск}}$  – площа світлопрозорих конструкцій;

$U_{\text{ск}}$  – коефіцієнт опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій;

$t_{\text{in}}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{\text{out}}$  – зовнішня температура.

Розрахунок енерговитрат світлопрозорих конструкцій RENAU Euro 60, 4-16-4.

$$Q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) \cdot 24 \cdot n = 9564,85 \cdot 2,63 \cdot (20 - 1,7) \cdot 24 \cdot 158 = 1746 \text{ (тис кВт} \cdot \text{год)}$$

$Q_{\text{ск}}$  – витрата енергії через світлопрозорі конструкції;

$A_{\text{ск}}$  – площа світлопрозорих конструкцій;

$U_{\text{ск}}$  – коефіцієнт опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій;

$t_{\text{in}}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{\text{out}}$  – зовнішня температура;

$n$  – кількість днів опалюваного сезону.

Розрахунок енерговитрат світлопрозорих конструкцій RENAU Synego 70, 4i-10-4-10-4i.

$$Q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) \cdot 24 \cdot n = 738 \text{ (тис кВт} \cdot \text{год)}$$

$Q_{ск}$  – витрата енергії через світлопрозорі конструкції;

$A_{ск}$  – площа світлопрозорих конструкцій;

$U_{ск}$  – коефіцієнт опору теплопередачі світлопрозорих конструкцій;

$t_{in}$  – внутрішня температура приміщення;

$t_{out}$  – зовнішня температура;

$n$  – кількість днів опалюваного сезону.

Проводимо порівняння результатів розрахунків (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Порівняння результатів розрахунків світлопрозорих конструкцій

Результати розрахунку:	Світлопрозорі конструкції	
	Euro 60	Synego 70
Опір теплопередачі, ( $R_{q \min}=0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ )	0,38	0,87-0,91
Теплова потужність огорожувальної конструкції, кВт	460,347	194,642
Витрата теплової енергії впродовж опалюваного сезону, тис. кВт·год	1746	738

Розрахунок опору теплопередачі вхідних та евакуаційних дверей обшитих металевим листом.

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{1}{a_3} + \sum_{i=1}^l \frac{d_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_B} = \frac{1}{23} + \frac{0,005}{200} + \frac{0,04}{0,18} + \frac{1}{8,7} = 0,38 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

$R_{\Sigma i}$  – опір теплопередачі вхідних дверей,  $R_{q \min} = 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;

$U_{\Sigma i}$  – коефіцієнт опору теплопередачі вхідних дверей;

$a_3$  – коефіцієнт тепловіддачі, стандартизований

0,005 – товщина алюмінію;

58 – коефіцієнт теплопровідності алюмінію;

0,04 – товщина керамзитово-гравійної засипки;

0,18 – коефіцієнт теплопровідності соснової дошки поперек волокон;

$a_B$  – коефіцієнт теплосприйняття, стандартизований

Розрахунок приведенного опору теплопередачі вхідних дверей REHAU Synego Slide

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{3,57 + 0,63}{3,57 \cdot 1,4 + 0,63 \cdot 1,15 + 3,69 \cdot 0,06} =$$

$$= 0,71 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок приведенного опору теплопередачі вхідних евакуаційних дверей REHAU Synego Slide

$$R_{\Sigma i} = \frac{1}{U_{\Sigma i}} = \frac{A_g + A_f}{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + I_g \cdot \Psi_g} = \frac{1,44 + 0,36}{1,44 \cdot 1,4 + 0,36 \cdot 1,15 + 2,61 \cdot 0,06} =$$

$$= 0,7 \left( \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}} \right)$$

Розрахунок теплової потужності вхідних та евакуаційних дверей обшитих металевим листом.

$$q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = 10,2 \cdot 2,63 \cdot (8 - 1,7) = 0,169 \text{ (кВт)}$$

Розрахунок теплової потужності вхідних та евакуаційних дверей REHAU Synego Slide.

$$q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) = (8,4 \cdot 1,41 + 1,8 \cdot 1,43) \cdot (8 - 1,7) = 0,091 \text{ (кВт)}$$

Розрахунок енерговитрат вхідних та евакуаційних дверей обшитих металевим листом.

$$Q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) \cdot 24 \cdot n = 10,2 \cdot 2,63 \cdot (8 - 1,7) \cdot 24 \cdot 158 = 0,641 \text{ (тис кВт}\cdot\text{год)}$$

Розрахунок енерговитрат вхідних та евакуаційних дверей REHAU Synego Slide.

$$Q_{\text{ск}} = A_{\text{ск}} \cdot U_{\text{ск}} \cdot (t_{\text{in}} - t_{\text{out}}) \cdot 24 \cdot n = 0,344 \text{ (тис кВт}\cdot\text{год)}$$

Проводимо порівняння результатів розрахунків (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Порівняння результатів розрахунків дверей

Результати розрахунку:	Світлопрозорі конструкції	
	Металевий лист	Synego Slide
Опір теплопередачі, ( $R_{q \text{ min}}=0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ )	0,38	0,7-0,71

Теплова потужність огорожувальної конструкції, кВт	0,169	0,091
Витрата теплової енергії впродовж опалювального сезону, тис. кВт·год	0,641	0,344

Отже, використовуючи теплову ізоляцію стін, енергоефективні світлопрозорі конструкції та світлопрозорі двері замість звичних із металевим листом, є можливим зменшення витрати теплової енергії впродовж опалювального сезону в 2-3 рази.



## **РОЗДІЛ 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.1 Охорона праці**

#### **4.1.1 Основні законодавчі акти України з охорони праці**

Основою законодавства України з охорони праці є Конституція України, що гарантує громадянам право на безпечні й здорові умови праці й система законодавчих актів України, спрямованих на реалізацію цього конституційного права.

Основними законодавчими актами цієї системи є наступні Закони України:

- «Про охорону праці».
- «Про охорону здоров'я».
- «Про пожежну безпеку».
- «Про обов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві й професійного захворювання, що привели до втрати працездатності».
- «Про використання ядерної енергії і радіаційний захист».
- «Про забезпечення санітарного й епідемічного благополуччя населення».
- «Про цивільну оборону».
- Кодекс законів «Про працю України».

В Основному Законі — Конституції України (ст. 43) зазначено: "Кожен має право на належні, безпечні й здорові умови праці, на заробітну плату, не нижчу від визначеної законом"; "Використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах забороняється".

"Кожен, хто працює, має право на відпочинок" (ст. 45).

Це право забезпечується наданням днів щотижневого відпочинку, а також щорічної оплачуваної відпустки, встановленням скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи в нічний час. Громадяни мають право на соціальний захист (ст. 46), що включає право на забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності,

втрати годувальника, безробіття з незалежних від них обставин, а також у старості та інших випадках, передбачених законом.

Основи законодавства України про охорону здоров'я розглядають охорону здоров'я як загальний обов'язок усіх підприємств, установ, організацій, посадових осіб та громадян, які зобов'язані забезпечити пріоритетність охорони здоров'я у власній діяльності (ст. 5). З метою забезпечення сприятливих для здоров'я умов праці, високого рівня працездатності встановлюються єдині санітарно-гігієнічні вимоги до організації виробничих процесів, пов'язаних з діяльністю людей. Власники і керівники підприємств, установ і організацій зобов'язані забезпечити виконання техніки безпеки, виробничої санітарії, інших вимог охорони праці, не допускати шкідливого впливу на здоров'я людей (ст. 28). При укладенні трудового договору громадянин повинен бути проінформований власником під розписку про умови праці на підприємстві, наявність на робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих чинників, про можливі наслідки їх впливу на здоров'я і про його права на пільги і компенсації за роботу в таких умовах. Забороняється укладення трудового договору з громадянином, якому згідно з медичним висновком протипоказана за пропонована робота за станом здоров'я.

До основних законодавчих актів про охорону праці слід віднести також “Основи законодавства України про охорону здоров'я”, що регулюють суспільні відносини в цій галузі з метою забезпечення гармонічного розвитку фізичних і духовних сил, високої працездатності і довголітнього активного життя громадян, усунення чинників, які шкідливо впливають на їхнє здоров'я, попередження і зниження захворюваності, інвалідності та смертності, поліпшення спадкоємності. “Основи законодавства України про охорону здоров'я” передбачають встановлення єдиних санітарно-гігієнічних вимог до організації виробничих та інших процесів, пов'язаних з діяльністю людей, а також до якості машин, устаткування, будинків та таких об'єктів, що можуть шкідливо впливати на здоров'я людей (стаття 28); вимагають проведення обов'язкових медичних оглядів осіб певних категорій, в тому числі працівників, зайнятих на роботах із шкідливими

та небезпечними умовами праці (стаття 31); закладають правові основи медико-соціальної експертизи втрати працездатності (стаття 69).

Закон України “Про пожежну безпеку” визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності. Забезпечення пожежної безпеки є складовою частиною виробничої та іншої діяльності посадових осіб, працівників підприємств, установ, організацій та підприємців, що повинно бути відображено у трудових договорах (контрактах) та статутах підприємств, установ та організацій. Забезпечення пожежної безпеки підприємств, установ та організацій покладається на їх керівників і уповноважених ними осіб, якщо інше не передбачено відповідним договором (стаття 2).

Закон України “Про об’єкти підвищеної небезпеки” визначає правові, економічні, соціальні та організаційні основи діяльності, пов’язаної з об’єктами підвищеної небезпеки, і спрямований на захист життя і здоров’я людей та довкілля від шкідливого впливу аварій на цих об’єктах шляхом запобігання їх виникненню, обмеження (локалізації) розвитку і ліквідації наслідків.

#### **4.1.2 Небезпека під час будівництва**

Організація охорони праці під час будівництва нової споруди є надзвичайно складною через специфіку виконуваних робіт.

Весь будівельний майданчик - це робоче місце, яке складається з цілого комплексу пересувних робочих місць. Говорити про стаціонарні робочі місця під час будівництва можна лише умовно, оскільки залежно від етапів будівництва умови і в більшості випадків місця роботи змінюються постійно.

Земляні роботи в зоні діючих підземних комунікацій слід виконувати тільки під безпосереднім керівництвом виконроба або майстра, а в охоронній зоні електричних кабелів, які знаходяться під напругою, або діючого газопроводу, крім того, - під наглядом працівників електро- або газового господарства. При виявленні вибухонебезпечних матеріалів земляні роботи в цих місцях слід негайно припинити

до одержання дозволу відповідних органів.

Риття котлованів і траншей з вертикальними стінками без кріплення при відсутності поблизу підземних споруд допускається на глибину не більше 1 м. Ґрунт, видобутий з котловану або траншеї, слід розмістити на відстані не менше 0,5 м від бровки виїмки. Кріплення стінок котловану і траншей глибиною має бути інвентарним, а не кустарним. Під час установа кріплень їхня верхня частина має виступати над бровкою виїмки не менше ніж на 15 см. Установлювати кріплення необхідно в напрямку зверху вниз в міру розробки виїмки на глибину не більше 0,5 м.

Безпека праці під час виконання кам'яних робіт висуває ряд вимог. Під час перенесення і подавання на робоче місце вантажопідіймальними кранами цегли, керамічного каміння і дрібних блоків слід застосовувати піддони, контейнери і вантажозахоплювальне обладнання, яке виключає падіння вантажу під час піднімання. Рівень кладки після кожного перенесення засобів підмащування має бути вищим від рівня робочого настилу або перекриття не менше ніж на 0,7 м. Інакше необхідно застосовувати запобіжні пояси.

На майданчику, де ведуться монтажні роботи, не допускається виконання інших робіт і знаходження сторонніх осіб. Не допускається виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях при швидкості вітру 15 м/с і більше, при ожеледиці, грозі або тумані, за яким зникає видимість в границях фронту робіт. Роботи з переміщення і установа вертикальних панелей і конструкцій при швидкості вітру 10 м/с і більше слід припиняти. Під елементами конструкцій і устаткування, які монтуються, до установа їх в проектне положення і закріплення знаходиться людям забороняється. Усі сигнали подає тільки одна особа (бригадир, такелажник-стропальник та інші), крім сигналу "Стій!", який може подавати будь-який працівник, помітивши явну небезпеку. Монтаж сходових маршів і майданчиків будівель (споруд), а також здійснюють одночасно з монтажем конструкції будівлі. На змонтованих сходових маршах негайно установлюють загорожі.

Не допускається користуватися відкритим вогнем в радіусі 50 м від місця

застосування і складування матеріалів, які вміщують легкозаймисті або вибухонебезпечні речовини. лакофарбові, ізоляційні, оздоблювальні та інші матеріали, які виділяють вибухонебезпечні й шкідливі речовини, дозволяється зберігати на робочих місцях в кількостях, що не перевищують змінну потребу.

Допускати робочих до виконання покрівельних робіт дозволяється після огляду виконробом або майстром разом з бригадиром справності несучих конструкцій покрівлі й загорож. Під час виконання робіт на покрівлі з ухилом більше 20° робітникам належить застосовувати запобіжні пояси. Місця закріплення запобіжних поясів вказує майстер або виконроб. Розміщувати матеріали на покрівлі допускається тільки в місцях, передбачених проектом проведення робіт, із вживанням заходів проти їхнього падіння, в тому числі й від дії вітру. Виконання покрівельних робіт під час ожеледиці, туману, який закриває видимість в межах фронту робіт, грози і вітру швидкістю 15 м/с і більше не допускається. Елементи і деталі покрівель (зокрема компенсатори в швах, захисні фартухи, ланки ринв, зливи, звиси) слід подавати на робочі місця в заготовленому виді. Заготовка вказаних елементів і деталей безпосередньо на покрівлі не допускається.

#### **4.1.3 Розрахунок вентиляції адміністративно-побутового приміщення**

Розрахункова місткість складає  $281/0,65=340$  чол. Згідно проекту передбачено встановлення окремої вентиляційної системи для забезпечення належної вентиляції згідно діючих норм.

Для приміщень, в яких відсутні виділення шкідливостей, розрахунок вентиляції здійснюється залежно від максимальної кількості людей що можуть перебувати у приміщенні.

Необхідна кількість повітря (м<sup>3</sup> /год), яка забезпечує відповідність параметрів повітря робочої зони нормованим значенням, визначається за наступною формулою:

$$L = L' N$$

де L' – нормативна кількість повітря на одну людину, яка залежить від питомого об'єму приміщення, м<sup>3</sup> / (год·люд);

$N$  – кількість людей.

Питомий об'єм приміщення  $V_n$ , ( $\text{м}^3$  /люд), визначається за формулою

$$V_n = V / N,$$

де  $V$  – об'єм приміщення,  $\text{м}^3$ . Величина нормативної кількості повітря  $V'$  визначається за таблицю В.5 відповідного ДБН.

Визначаємо вільний об'єм приміщення:

$$V = S \cdot H \cdot 0,85 = 281 \cdot 3,5 \cdot 0,85 = 836 \text{ м}^3$$

де  $H$ - висота приміщення;

$S$ -площа приміщення.

Питомий вільний об'єм складає:

$$V' = V / N = 836 / 340 = 2,5 \text{ м}^3 / \text{люд} < 20 \text{ м}^3 / \text{люд}.$$

Нормована кількість повітря на одну людину за табл. В.5 при  $V' < 20 \text{ м}^3 / \text{люд}$  становить  $30 \text{ м}^3 / (\text{год} \cdot \text{люд})$ .

Найменша необхідна кількість повітря для вентиляції:  $L = L' \cdot N = 30 \cdot 340 = 10200 \text{ м}^3 / \text{год}$ .

Розрахована система вентиляції забезпечить виконання нормативних вимог з якості повітря робочої зони. Вентиляція навчальних приміщень відбувається організованим припливом зовнішнього повітря з розрахунком не менше як  $16 \text{ м}^3 / \text{год}$  на людину.

## **4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **4.2.1 Законодавча база України**

Оснoву нoрмативно-правoвoї бази в сфері цивільнoї oборони, захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій складають: Кодекс цивільного захисту України, закони «Про війська цивільної оборони», «Про аварійно-рятувальні служби»; укази Президента України «Про Концепції захисту населення і територій у випадку загрози і виникнення НС» і Положення «Про міністерство України з питань НС і в справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи», постанови Кабінету Міністрів України про затвердження «Положення про цивільну оборону України», «Про єдину державну систему попередження і реагування на НС техногенного і природного характерів», «Положення про керування з питань НС і цивільного захисту населення обласних і міських державних адміністрацій» та інші нормативні акти.

### **4.2.2 Забезпечення евакуаційних заходів при пожежах**

Евакуація [ лат. *evacuatio* - вивільнювати] – організований вивіз людей, майна та обладнання підприємств та установ з місця, що знаходиться підзагрозою техногенної катастрофи, стихійного лиха і т.д.

Проведення організованої евакуації з адміністративних та інших приміщень і будівель, запобігання проявам паніки і недопущення загибелі людей забезпечується шляхом:

планування евакуації людей (складання плану евакуації з приміщення);

визначення зон, придатних для розміщення евакуйованих з потенційно небезпечних зон;

організації оповіщення керівників підприємств і людей про початок евакуації;

організації управління евакуацією;

навчання населення діям під час проведення евакуації.

Евакуація населення з будівель і приміщень проводиться способом, який передбачає організоване виведення основної частини людей із секторів надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру через усі можливі виходи пішим ходом по заздалегідь розроблених маршрутах.

Під час проектування споруди обов'язково розробляються і здійснюються заходи інженерного захисту з метою запобігання виникненню надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру.

До всіх будівель забезпечений вільний доступ. Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування тощо повинні відповідати вимогам будівельних норм. Їх не дозволяється захаращувати, використовувати для складування матеріалів, устаткування, стоянок транспорту, будівництва та встановлення тимчасових будинків і споруд, у тому числі інвентарних побутових приміщень, індивідуальних гаражів тощо.

Територія будівлі має зовнішнє освітлення, яке забезпечує швидке знаходження пожежних драбин, протипожежного обладнання, евакуаційних виходів будинків та споруд.

На території споруди на видних місцях розміщені плани евакуації, встановлені таблички із зазначенням порядку виклику пожежної охорони, знаки місць розміщення первинних засобів пожежогасіння.

Евакуаційні шляхи і виходи повинні утримуватися вільними, нічим не захаращуватися і в разі виникнення надзвичайної ситуації забезпечувати безпеку під час евакуації всіх людей, які перебувають у приміщеннях будівель та споруд.

Кількість та розміри евакуаційних виходів з будівель і приміщень, їхні конструктивні й планувальні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості, протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) відповідають протипожежним вимогам будівельних норм.

У приміщенні, яке має один евакуаційний вихід, дозволяється одночасно розміщати (дозволяється перебування) не більше 50 осіб.



Двері на шляхах евакуації відчиняються в напрямку виходу з будівель (приміщень).

Допускається влаштування дверей з відчиненням усередину приміщення в разі одночасного перебування в ньому не більше 15 чоловік, а також у санвузлах, з балконів, лоджій, площадок зовнішніх евакуаційних сходів (за винятком дверей, що ведуть у повітряну зону незадимлюваної сходової клітки).

При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатися лише на внутрішні запори, які легко відмикаються.

Сходові клітки, внутрішні відкриті та зовнішні сходи, коридори, проходи та інші шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням відповідно до вимог будівельних норм та правил влаштування електроустановок. Світильники евакуаційного освітлення вмикаються з настанням сутінків у разі перебування в будівлі людей.

Шляхи евакуації, що не мають природного освітлення, постійно освітлюються електричним світлом (у разі наявності людей).

У приміщеннях будівель, де перебувають одночасно більше 100 осіб, у приміщеннях без природного освітлення за наявності більше 50 працюючих (або якщо площа перевищує 150 м<sup>2</sup>), а також в інших випадках, зазначених у нормативних документах, евакуаційні виходи позначені світловими покажчиками з написом "Вихід" білого кольору на зеленому фоні, підключені до джерела живлення евакуаційного (аварійного) освітлення, або такими, що переключаються на нього автоматично в разі зникнення живлення на їх основних джерелах живлення.

Висновок: отже, для надійного забезпечення евакуаційних вимог запроектовано ряд заходів яких можна віднести: розташування ділянки під забудову в зоні, яка забезпечує хороший доступ у разі надзвичайної ситуації; кількість та розміри евакуаційних виходів з будівель і приміщень; їхні конструктивні й планувальні рішення, умови освітленості, забезпечення незадимленості; протяжність шляхів евакуації, їх облицювання (оздоблення) відповідають протипожежним вимогам будівельних норм. Є евакуаційні виходи

позначені світловими покажчиками з написом "Вихід" білого кольору на зеленому фоні. Сходові клітки запроектовано відповідно до ГОСТів, встановлення дверей передбачено таким чином щоб вони відчинялися за напрямком руху людей під час евакуації.

## ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі магістра виконано проект будівлі офісно-торгового центру у м. Білгород-Дністровський.

Розроблено архітектурні плани та розрізи бізнес-центру, запроектовано вузли покрівлі, фундаменту, зовнішніх стін будівлі.

Згідно з проектними даними 16-ти поверховий будинок має наступні характеристики:

Рівень відповідальності – нормальний.

Ступінь вогнестійкості будівлі – І.

Клас конструктивної пожежної небезпеки С-0.

Пожежна небезпека будівельних конструкцій – К0.

Основні об'ємно-планувальні характеристики об'єкта, що проектується:

- довжина в цифрових осях дорівнює 96 м; ширина в буквених осях 30 м;  
висота будівлі 71,700 м

- загальна площа будівлі: 42768 м<sup>2</sup>

- будівельний об'єм будівлі: 180 338 м<sup>3</sup>.

У проекті виконано підбір перерізів конструкцій металокаркасу. Перевірочні розрахунки виконувались згідно [6]. Несуча здатність всіх елементів каркасу є достатньою. Виконано конструювання та розрахунок основних вузлів каркасу будівлі.

Усі поставлені завдання виконані у повному обсязі. Основні проектні рішення та розрахунки конструктивних елементів виконані згідно з будівельними правилами.

## Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2017. - 37 с.
2. ДСТУ 4484:2005. Прокат сортовий та фасонний із сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. К.: Науково-дослідний інститут «УкрНДІМет». 2005. - 27 с.
3. ДСТУ 8540:2015. Прокат листовий гарячекатаний. Сортамент. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2015. - 36 с.
4. ДСТУ 8768:2018. Двотаври сталеві гарячекатані. Сортаменти. К.: ДП «УкрНДНЦ», 2018. - 10 с.
5. ДБН В.2.2-9:2018 Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. К.: Державне підприємство "Український науково-дослідний і проектний інститут цивільного будівництва", 2019. - 92 с.
6. ДСТУ Б В.1.2-3:2006 Прогини і переміщення. Вимоги проектування. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2006. - 85 с.
7. ДБН В.2.6-198:2014 Сталеві конструкції. Норми проектування. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014. - 78 с.
8. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2015. - 134 с.
9. ДБН В.2.2-16:2019 Культурно-видовищні та дозвіллеві заклади К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. - 99 с.
10. ДБН В.2.6-220:2017 Покриття будівель і споруд. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України. 2017.- 59 с.

- 11.ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, будинків і споруд від шуму. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2014. - 85 с.
- 12.ДБН В.2.2-40:2018 Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2018. - 70 с.
- 13.ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2017. - 39 с.
- 14.ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2016. - 66 с.
- 15.ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2019. - 185 с.
- 16.ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2019. - 87 с.
- 17.ДБН А.3.1-5:2016 Організація будівельного виробництва. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2016. - 51 с.
- 18.ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2013. - 134 с.
- 19.ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб. Загальні вимоги. К.: Міністерство

- регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2010. - 44 с.
- 20.ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2019. - 185 с.
- 21.ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: МОЗ., 1999. - 9 с.
- 22.ДСТУ Б В.2.6-143:2010 Конструкції будинків і споруд. Балки фундаментні залізобетонні для стін будівель промислових і сільськогосподарських підприємств. Технічні умови. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2009. - 23 с.
- 23.ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015 Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажі будівельних конструкцій. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2015. - 62 с.
- 24.ДСТУ Б В.2.6-200:2014 Конструкції металеві будівельні. Вимоги до монтажу. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України., 2014. - 78 с.
- 25.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.
- 26.ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи К.: Мінбуд України, 2006.
- 27.ДБН В.1.17-2002 Пожежна безпека об’єктів будівництва. – К.: Держбуд України, 2003.
- 28.ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
- 29.ДБН В.2.6-98:2009 Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011.
- 30.ДСТУ Б В.2.1-2-96. Ґрунти. Класифікація. – К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1995.

- 31.ДБН А.2.1–1-2008 Інженерні вишукування для будівництва. Основні положення. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2008.
- 32.ДБН 360-92 Містобудування. Планування і забудова міських і сільських поселень. К.: Державний комітет України у справах містобудування і архітектури, 1992.
- 33.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)
- 34.Pidgurskyi, Mykola & Rudyak, Yuri & Pidgurskyi, Ivan. (2019). Research and Modeling of Stress-Strain State and Fracture Strength of Triplexes at Temperatures 293–213K. // *Lecture Notes in Mechanical Engineering SerProceedings of the 7th International Conference on Fracture Fatigue and Wear.*, Belgium, Ghent University, 2018. – P.135-150.
- 35.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)
36. Вплив температури на мікромеханізми статичного деформування та руйнування теплостійких сталей / П.В. Ясній, В.Б. Гладьо, П.О. Марущак, Д.Я. Баран // *Вісник Тернопільського державного технічного університету*. - 2007. - Т. 14. - № 3. – С. 7-16.
- 37.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.
- 38.Ігнат'єва В.Б. Аналіз способів поліпшення теплотехнічних характеристик при будівництві будівель / В.Б. Ігнат'єва, Е.О. Текін // *ЛОГОС. Мистецтво наукової думки*, 2019. - Vol. 3. – С. 97-100. Режим доступу:

Ignatyeva, V. B. (2018).

39. 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>
40. Yasniy P., Pyndus Y., Hud M. Methodology for the experimental research of reinforced cylindrical shell forced oscillations. *Scientific journal of the Ternopil national technical university*. 2017. Vol. 86. №. 2. P. 7–13
41. 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 ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 93.
42. Теслюк, М.В. Аналіз впливу типу перев'язки на НДС цегляної кладки в місці стику стін / М.В. Теслюк, Т.К. Гунда, А.П. Сорочак // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей ІХ Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 25-26 листопада 2020). – Т. 1. – Т. : ТНТУ, 2020. – С. 133-134.
43. 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.
44. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М. : Госстройиздат, 1934; 1940; 1951; 1963; 1971; 1979; 1983. – 357с.
45. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л. : Стройиздат, 1988. – 298с.
46. Ухов С. Б., Знаменский В. В., Тер – Мартиросян З. Г., Механика грунтов, основания и фундаменты.– М.: Издательство АСВ, 1994. – 524с.
47. 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.