

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект торгівельно-офісного центру  
з дослідженням вогнестійкості елементів металевого каркасу

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МБд-21

спеціальності 192 Будівництво та цивільна

інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Криницький Т.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Сорочак А.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Данильченко С.М.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент Бобик М.П.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Факультет Центр перепідготовки та післядипломної освіти  
(повна назва факультету)

Кафедра будівельної механіки  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ясній В.П.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«    » \_\_\_\_\_ 2020 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 Криницький Тарас Олегович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект торгівельно-офісного центру з дослідженням вогнестійкості елементів металевого каркасу

Керівник роботи к.т.н., доц. Сорочак Андрій Петрович  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «28» вересня 2020 року № 4/7-681

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва – місто Харків. Вітровий район – 2. Сніговий район – 5.

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

Архітектурно-будівельна частина. Розрахунково-конструктивна частина.

Науково-дослідна частина. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.

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

Фасади, плани, розрізи – 3 А1. Конструкції елементів та вузлів металевого каркасу – 4 А1.

Дослідження вогнестійкості елементів металевого каркасу – 1 А1.



## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ .....	7
1.1 Географічне положення ділянки будівництва.....	7
1.2 Генеральний план.....	7
1.3 Об'ємно-планувальне рішення.....	8
1.4 Вибір варіанту конструкції будівлі .....	10
1.4.1 Опис прийнятих до розгляду варіантів будівлі.....	10
1.4.2 Розрахунок приведеної вартості варіантів за укрупненими показниками.....	12
1.5 Конструктивне рішення будівлі.....	12
1.5.1 Основні елементи .....	12
1.5.2 Внутрішнє оздоблення.....	16
1.5.3 Теплотехнічний розрахунок стінової огорожі .....	17
1.5.4 Теплотехнічний розрахунок покриття офісної частини .....	18
1.5.5 Теплотехнічний розрахунок покриття торговельних установ .....	20
1.6 Інженерні мережі торговельно-офісного центру .....	21
1.6.1 Водопостачання і водовідведення.....	21
1.6.2 Системи опалення, вентиляції і кондиціонування.....	21
1.6.3 Електропостачання.....	22
РОЗДІЛ 2 Розрахунково-конструктивний .....	24
2.1 Конструктивна схема каркасу.....	24
2.2 Збір навантажень на раму.....	24
2.2.1 Власна вага покриття .....	24
2.2.2 Власна вага перекриття .....	25
2.2.3 Снігове навантаження.....	26
2.2.4 Вітрове навантаження.....	26

2.3 Розрахунок металевих конструкцій .....	27
2.3.1 Розрахунок сталевого профільованого настилу.....	27
2.3.2 Розрахунок прогонів .....	30
2.3.3 Підбір елементів рами .....	32
2.3.4 Розрахунок зварних швів, що прикріплюють ребра.....	35
2.3.5 Кріплення прогонів до ригелів .....	35
2.3.6 Кріплення ригеля до колони .....	38
<b>РОЗДІЛ 3 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ .....</b>	<b>44</b>
3.1 Актуальність та задачі дослідження.....	44
3.2 Методика дослідження .....	45
3.3 Результати дослідження .....	47
3.4 Висновки до науково-дослідного розділу .....	49
<b>РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ .....</b>	<b>51</b>
4.1 Правила поведінки монтажників сталевих конструкцій з охорони праці ....	51
4.2 Розрахунок кондиціонування для офісних приміщень на 600 місць.....	53
4.3 Вимоги до забезпечення пожежної безпеки торгівельно-офісного центру..	54
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....</b>	<b>58</b>
<b>БІБЛІОГРАФІЯ.....</b>	<b>59</b>
<b>ДОДАТКИ.....</b>	<b>61</b>

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** При експлуатації громадських будівель та споруд не виключено виникнення форс-мажорних ситуацій, що можуть впливати на напружено-деформівний стан конструкцій, таких як пожежі. Значні температурні поля призводять до перерозподілу напружень в елементах та зміні їх роботи в конструкції. Особливо чутливими до цього є металоконструкції, оскільки конструкційні сталі володіють високим коефіцієнтом лінійного видовження та об'ємного розширення.

Переважно при проектуванні не виконують додаткового розрахунку на вплив температурних полів при пожежі, покладаючись на системи пожежогасіння та прийняті з досвіду конструктивні рішення. Такий підхід може призвести до неврахованих екстремальних поєднань зусиль чи навантажень та невірно підібраних перерізів елементів. А це, в свою чергу, може призвести до порушення роботи елементів конструкцій чи втрати ними тримкої здатності, що складає небезпеку для людей, матеріальних цінностей та будівлі в цілому.

Разом з тим, врахування нестационарних теплових процесів при розрахунку металевих конструкцій включає ряд складних задач, які в сучасних умовах вирішуються переважно шляхом скінченноелементного моделювання.

Зважаючи на вищенаведені факти, вважаємо дослідження напруженого стану та оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу проектного торговельно-офісного центру актуальною задачею досліджень даної роботи.

**Метою досліджень** є оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу проектного торговельно-офісного центру при пожежі.

Для досягнення цієї мети в кваліфікаційній роботі сформульовано такі **завдання**:

- розробити скінченно-елементну модель для розрахунку температурних впливів на металоконструкції торговельно-офісного центру та напружень, що виникають при цьому;

- виконати оцінку вогнестійкості елементів конструкції та визначити потребу в додаткових конструктивних заходах її підвищення.

**Об'єкт досліджень** – металевий каркас запроектованого торгівельно-офісного центру.

**Предметом досліджень** є вогнестійкість елементів металевого каркасу.

**Методи дослідження:** описовий, чисельного моделювання, метод скінченних елементів.

**Наукова новизна роботи** – розроблено методику скінченноелементного моделювання для розрахунку температурних впливів на металоконструкції торгівельно-офісного центру та оцінки їх вогнестійкості.

**Практична цінність результатів.** Показано вичерпання тримкої здатності балок покриття менше, ніж через 15 хв від моменту загоряння, що не відповідає вимогам для громадських будівель. Розроблено заходи підвищення вогнестійкості у вигляді облицювання металоконструкцій одним шаром звичайного гіпсокартону і одним шаром гіпсокартону з підвищеною опірністю відкритого полум'я.

**Апробація результатів роботи.** Отримані результати наукових досліджень доповідались на ІХ Міжнародній науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій».

**Публікації.** Криницький Т.О. Оцінка вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру / Т.О. Криницький, Т.Я. Макара, 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.

**Ключові слова:** ВОГНЕСТІЙКІСТЬ, МЕТАЛЕВИЙ КАРКАС, МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ, ТЕМПЕРАТУРНЕ НАВАНТАЖЕННЯ.

## РОЗДІЛ 1

### АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

#### 1.1 Географічне положення ділянки будівництва

Проектований об'єкт – торгівельно-офісний центр. Висота центру – 5 поверхів. Район будівництва – м. Харків.

Відповідно до [1] кліматичні умови площадки будівництва:

- Середня температура найтеплішого місяця 20 °С
- Середня температура найхолоднішого місяця –8 °С
- Середньорічна кількість опадів – 550 мм
- Вітровий район – 2
- Сніговий район – 5
- Швидкість вітру за напрямками, м/с

Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Січень	4,5	4,2	4,7	4,2	4,4	4,6	4,6	4,2
Червень	3,7	4,1	4,2	4,0	3,4	3,9	3,9	3,6

- Повторюваність вітру за напрямками, %

Місяць	Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
Січень	8	8,2	15,3	12,5	10,7	15,8	18,9	10,6
Червень	16,9	14,5	14,2	8,2	6	7,4	16,4	15,8

#### 1.2 Генеральний план

Ділянка, відведена для будівництва, розташована в Шевченківському районі м. Харків поблизу Білгородського шосе, що забезпечує хороший транспортний зв'язок споруджуваного об'єкта з інфраструктурою міста.

Генеральний план ділянки включає в себе саму будівлю торгівельно-офісного центру, з півночі від якої розміщується парковка для працівників офісного центру на 100 паркомісць. Сюди виходить головний вхід офісної частини центру.



Зі східного та західного боку розміщені прощадки для розвантаження товарів та адміністративних потреб торгівельної частини центру.

З півдня, зі сторони головного входу торгівельної частини, розміщена велика парковка для відвідувачів місткістю 150 паркомість з двома заїздами, алея, що сполучає центральний вхід з тротуаром та невелика зона відпочинку з лавочками.

Покриття проїздів та парковок виконане дрібнозернистим асфальтом з залізобетонними бортовими каменями. Поперечний профіль проїздів прийнятий односхилий, шириною 6 м. При вирішенні генплану враховані вимоги норм щодо забезпечення протипожежних розривів між будівлями, забезпечений вільний під'їзд до будівлі.

Озеленення по периметру території виконано чагарниками, клумбами та газонами. Територія огорожується декоративним металевим парканом індивідуального виготовлення.

Розроблений генеральний план характеризується наступними показниками:

- площа ділянки 27000 м<sup>2</sup>
- площа забудови 6150 м<sup>2</sup>
- площа асфальту і мощення 12909 м<sup>2</sup>
- площа озеленення 7941 м<sup>2</sup>
- коефіцієнт забудови 0,23;
- коефіцієнт заощення 0,48;
- коефіцієнт використання території 0,72;
- коефіцієнт озеленення 0,29.

### **1.3 Об'ємно-планувальне рішення**

Запроектований торгівельно-офісний центр поділяється на 2 основні частини за функціональним призначенням – офісну та торгівельну. Вони запроектовані таким чином, щоб мати окремі входи, парковки, проїзди, що дозволяє максимально розділити в просторі дві категорії відвідувачів –

працівників офісів та покупців і робітників торговельних закладів. Для останніх відведено тільки перший поверх.

Площа забудови нижнього поверху, де розташовуються торговельні приміщення, перевищує площу забудови офісної частини, створюючи своєрідний стилوبات [4], над яким височить офісна частина центру. Такий прийом, який отримав широке поширення в архітектурі, дозволяє надати будівлі архітектурної виразності.

Офісна частина центру має 5 поверхів розмірами  $60 \times 15$  м прямокутної форми. Торговельна частина центру також прямокутна, але її південний фасад звужується до східного та західного кінця. Основні габарити будівлі складають  $139 \times 60$  м.

Більша по розміру одноповерхова частина зайнята торговельними приміщеннями, а в п'ятиповерховій зосереджено приміщення офісного центру.

Характерний обрис будівлі зі сторони південного фасаду підкреслюється за допомогою виступаючих прямокутних елементів та значної площі застакління.

Висота п'ятиповерхової офісної частини становить 24 м, а торговельної – 5,4 м, при чому відмітка низу стелі – 4,2 м. Для офісної частини характерна висота поверху 3,6 м. Над офісною частиною надбудований технічний поверх висотою 2,4 м, де розташовуються основні інженерні системи.

Офісні поверхи мають типове планування, що складається з коридору в центрі поверху та робочих кабінетів по боках. Площа типового поверху –  $940,68 \text{ м}^2$ . Вікна кабінетів виходять на східну та західну сторони. Освітлення коридору змішане, природне через вікна в його північному та південному торця, а також штучне.

Для зв'язку різних поверхів офісної частини центру використовуються дві сходові клітки розміром  $6 \times 3$  м, розташовані в протилежних кінцях коридору, що використовуються при евакуації [5]. Біля південно сходової клітки розміщені два пасажирських ліфти, біля північної – один вантажно-пасажирський. Обидві сходові клітки мають вихід на дах центру.

На кожному поверсі знаходяться 4 санвузли, а також допоміжні адміністративно-господарські приміщення площею 52,99 м<sup>2</sup>. Сумарна площа всіх офісних приміщень складає 1437,98 м<sup>2</sup>.

На другому поверсі офісного центру розміщено заклад громадського харчування (кафетерій), загальною площею 429,03 м<sup>2</sup> з окремими санвузлами.

На вході до торгівельної частини центру, що має загальну площу 6149,72 м<sup>2</sup>, передбачено вестибюль, по обидва боки від якого знаходяться два великі торгівельні зали вільного планування площею 662,58 м<sup>2</sup> кожен. В торгівельних залах влаштовано санвузли, обладнані в тому числі для маломобільних груп населення. Освітлення залів – комбіноване, природне через фасадне застління та штучне. Для зручності відвідувачів та потреб евакуації зі східного та західного торця будівлі влаштовано додаткові виходи з торгівельних залів.

З вестибюлю також передбачено прохід в адміністративно-господарські приміщення торгівельного центру, обладнані платформами для розвантаження автомобільного транспорту. Дані приміщення мають сполучення з контрольованим доступом з першим поверхом офісної частини.

## **1.4 Вибір варіанту конструкції будівлі**

### **1.4.1 Опис прийнятих до розгляду варіантів будівлі**

Необхідно порівняти два варіанти каркасу будівлі торгівельно-офісного центру, щоб з техніко-економічних міркувань обрати кращий варіант.

Порівняємо такі варіанти рам:

- 1) монолітний залізобетонний каркас (рис. 1.1);
- 2) металевий каркас (рис. 1.2).

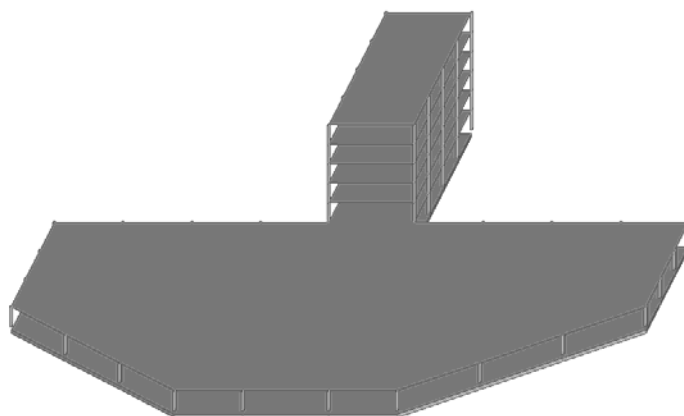


Рисунок 1.1 – Варіант монолітний залізобетонного каркасу

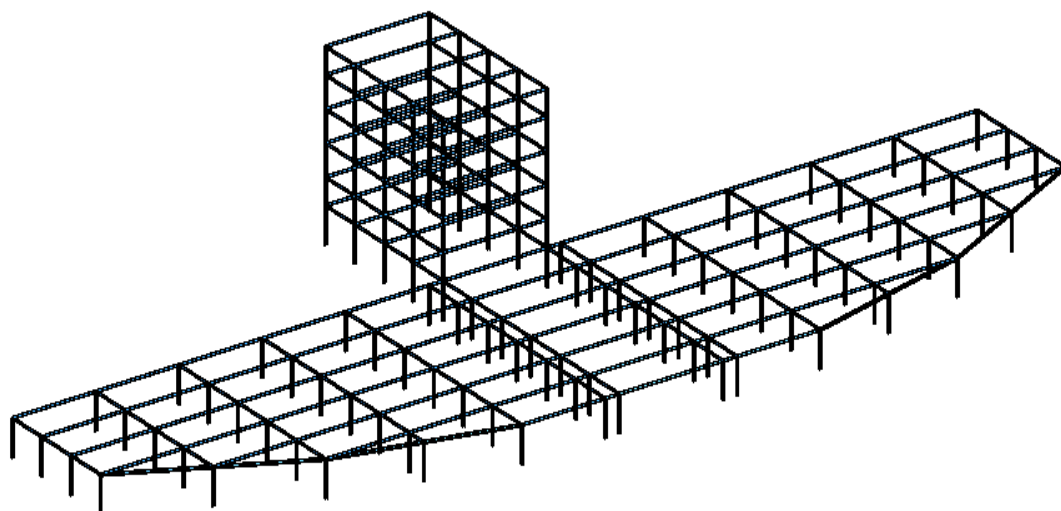


Рисунок 1.2 – Варіант металевого каркасу

Для кожного варіанту характерні свої сильні та слабкі сторони. Так, залізобетонні каркаси переважно мають меншу вартість матеріалів, проте висувають значно більші вимоги до конструкцій фундаментів за рахунок набагато більшої маси. Також це призводить до більших затрат на транспортування та монтаж елементів конструкцій [6].

До переваг металевих каркасів відносять значно менші масо-габаритні показники елементів, що спрощує їх транспортування та монтаж. Конструкції заводського виготовлення з'єднуються між собою зварюванням чи з використанням високоміцних болтових з'єднань, що скорочує термін монтажу. Також даний варіант спрощує встановлення огорожуючих конструкцій та є менш залежним від кліматичних умов. Недоліками даного варіанту є, як вже

значалося, вартість матеріалів, а також низька вогнестійкість незахищених металоконструкцій [6].

Для кожного конкретного випадку даний вибір буде обумовлений характерними особливостями конструкції, тому вимагає обґрунтування шляхом техніко-економічного розрахунку.

#### **1.4.2 Розрахунок приведеної вартості варіантів за укрупненими показниками**

Для остаточного вибору проектного рішення каркасів, були розглянуті і розроблені два варіанти: монолітного залізобетонного каркасу і металевого. Техніко-економічне порівняння проектних варіантів приведено в укрупнених одиничних розцінках у додатку А.

З точки зору техніко-економічної доцільності для подальшого проектування було обрано металевий каркас з колонами і ригелями двотаврового перерізу.

### **1.5 Конструктивне рішення будівлі**

#### **1.5.1 Основні елементи**

Основними несучими конструкціями запроектованої споруди торгівельно-офісного центру є металевий каркас, що представляє собою просторову раму. Він складається з колон, ригелів та прогонів, по яких розміщуються комбіновані перекриття. Крок колон для багатоповислової офісної частини будівлі складає 15 × 6 м, для одноповислової торгівельної – 12 × 6 м.

Споруда центру характеризується ступенем вогнестійкості II.

Перекриття між поверхами офісної частини центру – комбіноване, тобто включає в себе сталі та залізобетонні елементи. Його основу становить сталевий профільований настил (СПН), який кріпиться до прогонів по всій площі перекриття. Даний профнастил використовується як опалубка для заливки монолітної залізобетонної плити, яку не потрібно знімати після тужавіння бетону. Це значно спрощує технологію влаштування перекриття та усуває необхідність в інвентарній опалубці. Також заливка бетону плит перекриття на різних поверхах

може відбуватися одночасно та незалежно від монтажу сталевих несучих конструкцій, оскільки металевий каркас не спирається на них. Товщина плити – 70 мм, не враховуючи ребра профнастилу.

Крок прогонів для міжповерхових перекриттів прийнято 2,5 м. Прогони кріпляться до ригелів рами таким чином, щоб їх верхні пояси були на одному рівні (рис. 1.3).

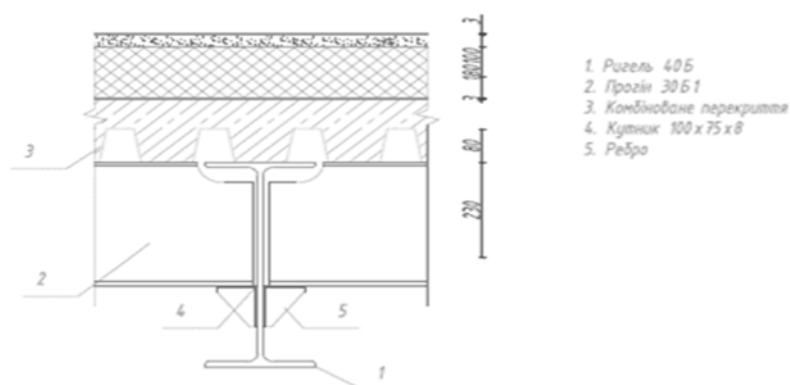


Рисунок 1.3 – Кріплення прогону до ригеля

Несучі конструкції покриття торгівельно-офісного центру в загальному повторюють конструкції перекриття. Додатково влаштовується шар утеплювача «Ursa», поверх якого виконується 30 мм цементна стяжка та настиляється рулонна гідроізоляція. Товщина утеплюючого шару складає 180 мм для офісної частини та 150 мм – для торгівельної. Водовідведення з даху – внутрішнє з використанням воронок (рис. 1.4).

Основою для металевого каркасу торгівельно-офісного центру є монолітні залізобетонні фундаменти неглибокого закладання.

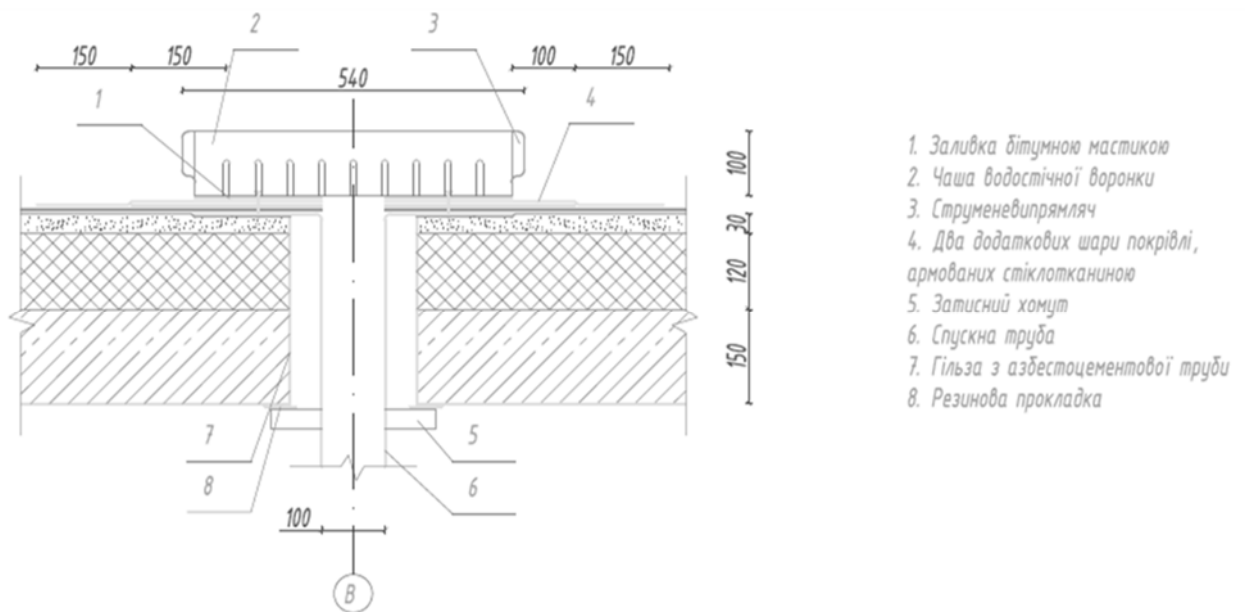


Рисунок 1.4 – Водовідведення з даху з використанням воронки

Зовнішні огорожуючі конструкції включають газобетонні ненесучі стіни товщиною 200 мм. Для забезпечення потрібної енергоефективності будівлі використовується 150 мм шар утеплювача – мінеральної вати «Роквул». Зовнішнє облицювання – навісні вентильовані фасади. Вікна – металопластикові, з подвійними енергоефективними склопакетами. Над ними влаштовуються залізобетонні перемички ПР8–20.18.12у.

Для південного фасаду центру в якості зовнішнього огороження використано суцільне засклення на основі несучого алюмінієвого профілю та подвійних склопакетів.

Сходові майданчики також виконують у виді комбінованих плит, сходи – із залізобетонних сходинок по металевих косоурах (рис. 1.5). Сходи на входах в торговельно-офісний центр – збірні залізобетонні.

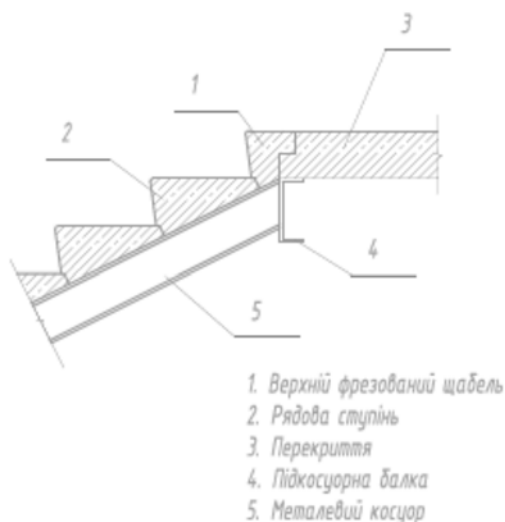


Рисунок 1.5 – Конструкція сходів центру

Внутрішні перегородки – гіпсокартонні по алюмінієвих профілях системи KNAUF. Для забезпечення необхідного рівня звукоізоляції приміщень всередині перегородок розміщується шар мінеральної вати (рис. 1.6). В офісній частині центру загальна товщина перегородок становить 150 мм, в торгівельній – 120 мм. Для санвузлів при спорудженні перегородок використовують вологостійкий гіпсокартон.

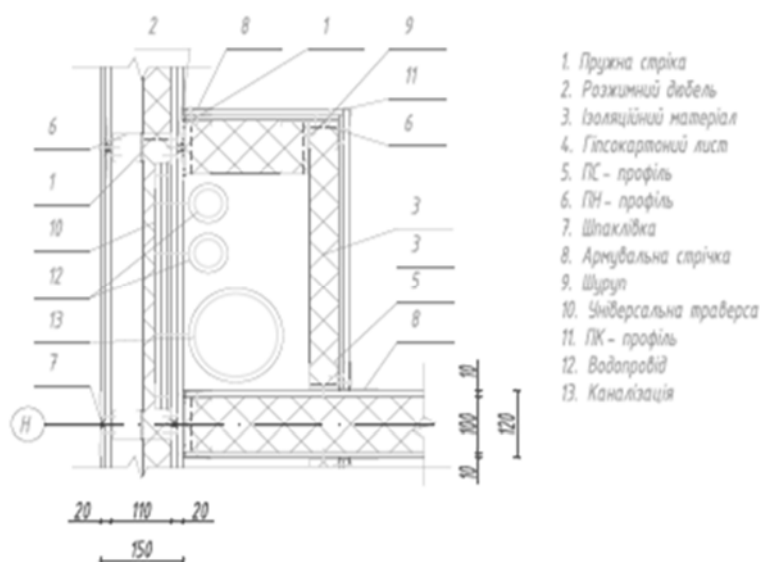


Рисунок 1.6 – Конструкції перегородок



Додатково в приміщеннях як офісної, так і торгівельної частини центру виконують облицювання елементів металокаркасних гіпсокартонними листами з підвищеною опірністю полум'ю, що дозволяє значно підвищити їх вогнестійкість.

### 1.5.2 Внутрішнє оздоблення

В офісних та адміністративних приміщеннях оздоблення стін виконують шпалерами та фарбують. Стіни коридорів, вестибюлю та торгових залів – декоративна штукатурка. У санвузлах та на кухні закладу харчування для оздоблення використовують керамічну плитку.

В приміщеннях з великою прохідністю людей, таких як вестибюль, торговельні зали, коридори, заклад харчування, а також у санітарних вузлах, для покриття підлоги використано плитку (рис. 1.7).



Рисунок 1.7 – Підлога в торговельних залах

В офісах багатоповерхової частини та службових кабінетах торговельних закладів в якості покриття підлоги використовують лінолеум (рис. 1.8).

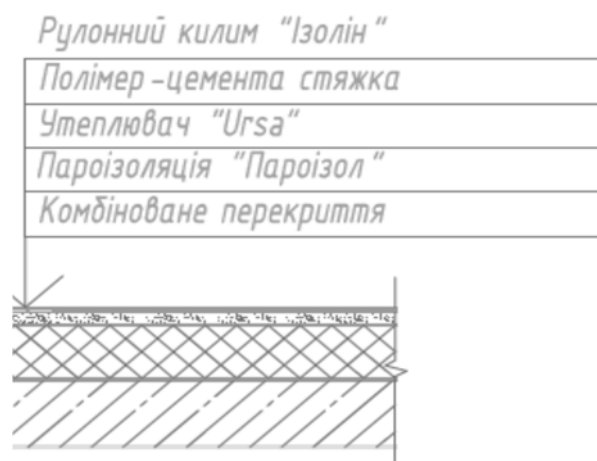


Рисунок 1.8 – Підлога офісних приміщень

Стелі всіх приміщень виконують підвісними типу «Армстронг» з вбудованими світильниками. Тільки для санвузлів стелі виконують з пластикових панелей.

### 1.5.3 Теплотехнічний розрахунок стінової огорожі

Конструкція стінової огорожі показана на рис. 1.9.

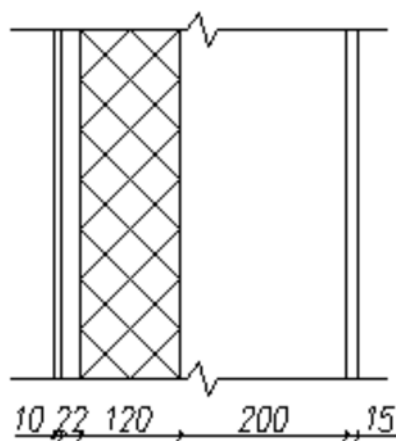


Рисунок 1.9 – Стінова огорожа

Термічний опір  $R, \text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C} / \text{Вт}$ , одного шару багатошарової огорожувальної конструкції:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}$$

де  $\lambda$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу шару,  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ,

$\delta$  - товщина шару, м.

Таблиця 1.1 – Конструкція та властивості шарів стінової огорожі

Найменування шару	Товщина, мм	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	R, м <sup>2</sup> ·°C/Вт
Штукатурка	15	0,7	0,021
Газобетон	200	0,22	0,909
Утеплювач "Роквул"	100	0,047	2,128
Повітряний прошарок	22		
Облицювання	10	2,91	0,003

Сумарний опір шарів огорожувальної конструкції:

$$R_k = 3.059 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_s} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_o = \frac{1}{8.7} + 3.059 + \frac{1}{12} = 3.257 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

де  $\alpha_s$  - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій

$$\alpha_s = 8.7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$$

$\alpha_n$  - те ж, тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій для зимових умов

$$\alpha_n = 12 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$$

Через наявність містків холоду у вигляді кріплення конструкції навісного фасаду, приймаємо рішення збільшити товщину утеплювача, закладає в зовнішні стіни до 120 мм, що дозволяє усунути негативний вплив кріплень.

### 1.5.4 Теплотехнічний розрахунок покриття офісної частини

Покриття офісного центру складається з наступних шарів (рис. 1.10):

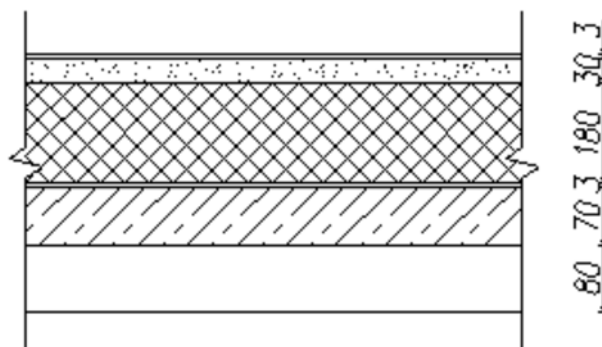


Рисунок 1.10 – Покриття офісної частини центру

Таблиця 1.2 – Конструкція та властивості шарів покриття офісної частини

Найменування шару	Товщина, мм	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	R, м <sup>2</sup> ·°C/Вт
СПН	1	58	0
Залізобетон	70	1,92	0,036
Пароізоляція "Пароізол"	3	0,17	0,018
Утеплювач "Ursa"	180	0,041	4,39
Цементна стяжка	30	0,76	0,039
Рулоний килим	3	0,7	0,018

Сумарний опір шарів покриття:

$$R_k = 4.501 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Тоді загальний опір теплопередачі покриття офісів:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_g} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_o = \frac{1}{8.7} + 4.501 + \frac{1}{12} = 4.7 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

де  $\alpha_g = 8.7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$

$\alpha_n = 12 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$

### 1.5.5 Теплотехнічний розрахунок покриття торгівельних установ

Покриття торгових установ складається з наступних шарів (рис. 1.11):

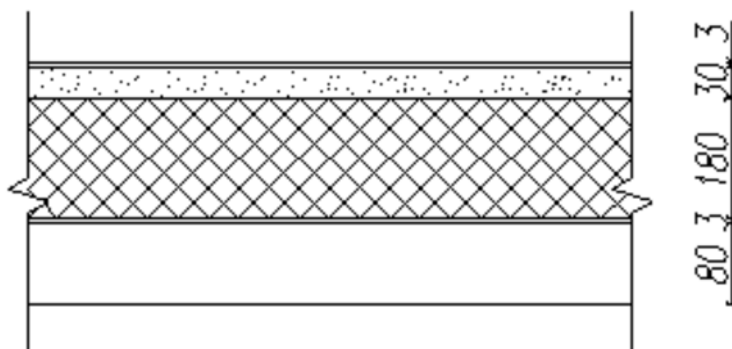


Рисунок 1.11 – Покриття торговельних закладів

Таблиця 1.3 – Конструкція та властивості шарів покриття торгових установ

Найменування шару	Товщина, мм	$\lambda$ , Вт/(м·°C)	R, м <sup>2</sup> ·°C/Вт
СПН	1	58	0
Пароізоляція "Пароізол"	3	0,17	0,018
Утеплювач "Ursa"	140	0,041	3,415
Цементна стяжка	30	0,76	0,039
Рулонний килим	3	0,17	0,018

Сумарний опір шарів огорожувальної конструкції :

$$R_k = 3.489 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Опір теплопередачі огорожувальної конструкції:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_g} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}$$

$$R_o = \frac{1}{8.7} + 3.489 + \frac{1}{23} = 3.648 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

де  $\alpha_g = 8.7 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$

$\alpha_n = 23 \text{ Вт} / \text{м}^2 \cdot \text{°C}$

## **1.6 Інженерні мережі торгівельно-офісного центру**

Оскільки проєктований торгівельно-офісний центр поєднує дві частини різного функціонального призначення з різним об'ємно-планувальним рішенням, інженерні мережі для кожної з частин характеризуються своїми особливостями та проєктуються максимально незалежними, на скільки це можливо в умовах даного об'єкту.

### **1.6.1 Водопостачання і водовідведення**

Проєктований центр підключається до міської водопровідної мережі, що забезпечує постачання холодної питної води та води для господарських потреб. Загальний вузол вводу обладнаний будинковим вузлом автоматизованого обліку. Для кожної торгівельної установи в одноповерховій частині центру передбачено влаштування індивідуального водомірного вузла.

Внутрішні мережі водопостачання виконуються поліпропіленовою трубою з Ду 32, 20 та 15 мм.

Торгівельно-офісний центр не підключений до центральної системи гарячого водопостачання. Приготування гарячої води відбувається в тепловому пункті, що розміщений на технічному поверсі. В системі використовується тепловий бак на 300 л з примусовим перемішуванням.

Водовідведення всередині будівлі організовано за допомогою пластикових труб по безнапірній схемі з дотриманням необхідних ухилів на ділянках трубопроводів. Стояки каналізації розміщуються в окремих коробах, сформованих гіпсокартонними перегородками.

Передбачена зливово каналізація для відведення води з прилеглої території та парковок.

### **1.6.2 Системи опалення, вентиляції і кондиціонування**

Опалення приміщень торгівельно-офісного центру відбувається за рахунок автономного пункту обігріву, розміщеного на технічному поверсі офісної частини. Пункт обладнаний двома газовими котлами потужністю по 45 кВт, що

підключені каскадом через гідрострілку. В офісах та торговельних приміщеннях влаштовуються сталеві радіатори. Циркуляція теплоносія примусова, відбувається по поліпропіленових трубах. Для кожного торговельного закладу передбачено лічильник теплової енергії.

Для відсікання холодного повітря знадвору на центральних входах в торговельні приміщення та офісну частину встановлюються теплові завіси. У офісному центрі застосовуються системи рекуперації виділення в приміщенні тепла для вторинного використання енергії.

Вентиляція у офісній частині – з природним спонуканням. В приміщеннях торговельної частини – примусова з рециркуляцією повітря у відповідності з вимогами [7].

В офісах передбачено влаштування індивідуальних кондиціонерів. В системі вентиляції торговельної частини використовуються каналні кондиціонери.

Для торговельних залів додатково влаштовується аварійна протидимна вентиляція відповідно до вимог [7].

### **1.6.3 Електропостачання**

Підключення енергосистем торговельно-офісного центру виконується від міської мережі. На першому поверсі офісної частини влаштовується електрощитова з вузлом обліку електроенергії та розподільчими щитами. Додаткові засоби обліку та електричні щити влаштовуються на вводі кожного торговельного приміщення, в них передбачається запас контактних груп для майбутнього розширення. В центрі використовується трипровідна система електропостачання з обов'язковим захисним заземленням.

В приміщеннях передбачається робоче та аварійне освітлення. Для офісів також передбачено додаткове місцеве освітлення робочих зон. Проектом передбачено використання енергоефективних напівпровідникових освітлюючих приладів та централізованої системи керування освітленням в громадських приміщеннях то торговельних залах.

Системи пожежної сигналізації, аварійного освітлення та покажчики шляхів евакуації повинні мати автономні джерела живлення.



## РОЗДІЛ 2

### РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

#### 2.1 Конструктивна схема каркасу

Основними несучими конструкціями запроєктованої споруди торгівельно-офісного центру є металевий каркас, що представляє собою просторову раму, виконану з двотаврових профілів.

Каркас складається з колон, ригелів та прогонів, по яких розміщуються комбіновані перекриття. Крок колон для багатоповислової офісної частини будівлі складає  $15 \times 6$  м, для одноповислової торгівельної –  $12 \times 6$  м.

Геометрична незмінюваність конструкції забезпечується роботою діафрагм жорсткості, в якості яких виступають монолітні перекриття [8].

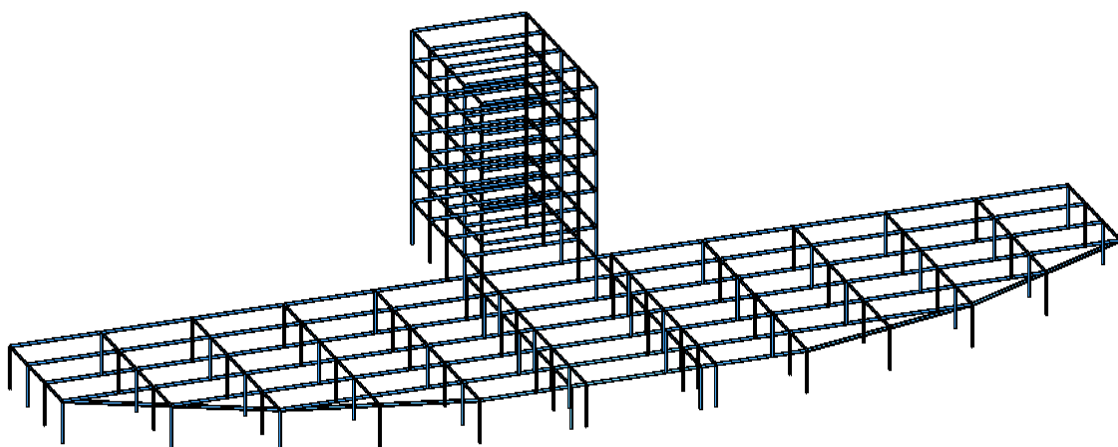


Рисунок 2.1 – Рама будівлі

#### 2.2 Збір навантажень на раму

##### 2.2.1 Власна вага покриття

Навантаження від маси всіх огорожувальних та несучих конструкцій покриття приймається рівномірно розподіленим (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на плити покриття

№ п/п	Назва навантаження	Нормативна, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт $\gamma_f$	Розрахункове, кН/м <sup>2</sup>
1	Гідроізоляційний килим	0,04	1,2	0,048
2	Цементна стяжка	0,54	1,2	0,648
3	Утеплювач	0,023	1,2	0,027
4	Пароізоляція	0,04	1,2	0,048
	Сумарно	0,643		0,771

Розрахункове навантаження від власної ваги покриття

$$g = g_0 \gamma_n$$

$$g = 0,771 \cdot 0,95 = 0,732 \text{ кН} / \text{м}^2$$

### 2.2.2 Власна вага перекриття

Навантаження від маси всіх огорожувальних та несучих конструкцій перекриття приймається рівномірно розподіленим [9]. Величина цих навантажень визначається в табличній формі (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Збір навантажень на плити перекриття

№ п/п	Назва навантаження	Нормативна, кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт $\gamma_f$	Розрахункове, кН/м <sup>2</sup>
1	СПН	0,320	1,2	0,384
2	Залізобетон	1,78	1,2	2,13
3	Пароізоляція "Пароізол"	0,04	1,2	0,048
4	Утеплювач "Ursa"	0,04	1,2	0,048
5	Цементна стяжка	0,54	1,2	0,605
6	Рулонний килим	0,04	1,2	0,047
	Сумарно	2,63		3,117

Розрахункове навантаження від власної ваги покриття:

$$g = g_0 \gamma_n$$

$$g = 3,33 \cdot 0,95 = 3,163 \text{ кН} / \text{м}^2$$

### 2.2.3 Снігове навантаження

Для снігового навантаження визначимо граничне розрахункове значення за формулою [9]:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C = 1,14 \cdot 1,6 \cdot 1,0 = 1,824 \text{ кПа}$$

де  $S_0 = 1,6 \text{ кПа}$  – характеристичне значення снігового навантаження

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt} = 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,0$$

Квазіпостійне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_p = (0,4S_0 - \bar{S})C = (0,4 \cdot 1,2 - 0,16) \cdot 1,0 = 0,24 \text{ кПа}$$

### 2.2.4 Вітрове навантаження

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження на крайню колону визначаємо за формулою:

$$W_m = \gamma_{fm} \cdot W_0 \cdot C \cdot B \cdot \gamma_n$$

де  $W_0 = 0,43 \text{ кПа}$  – характеристичне значення вітрового тиску

$$\gamma_{fm} = 1,035 \text{ – п. 9.14 [9].}$$

$$C = C_{aer} \cdot C_h \cdot C_{alt} \cdot C_{rel} \cdot C_{dir} \cdot C_d$$

де  $C_{aer}$  – коефіцієнт аеродинамічності, який для навітряних поверхонь (активний тиск) складає  $C_{aer} = +0,8$ , для завітряних поверхонь (відсос)  $C_{aer} = -0,5$  [9];

$$C_{alt} = 1,0 \text{ – п. 9.10 [9]; } C_{rel} = 1,0 \text{ – п. 9.11 [9];}$$

$$C_{dir} = 1,0 \text{ – п. 9.12 [9]; } C_d = 1,0 \text{ – п. 9.13 [9];}$$

$C_h = 1,0$  – коефіцієнт висоти споруди, згідно табл. 9.01 змін №1 до [9] для 4 типу місцевості:

$$\text{- при висоті } h_1 = 4,2 \text{ м - } C_{h1} = 0,7,$$

$$\text{- при висоті } h_2 = 10,8 \text{ м - } C_{h2} = 0,9,$$

$$\text{- при висоті } h_3 = 24 \text{ м - } C_{h3} = 1,15.$$

Визначаємо тиск вітру з навітряної сторони:

$$C1 = 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,32$$

$$Wm1 = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,32 \cdot 12 \cdot 0,95 = 1,78 \text{ кН/м}$$

$$C_2 = 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,49$$

$$W_{m2} = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,688 \cdot 12 \cdot 0,95 = 4,72 \text{ кН/м}$$

$$C_3 = 0,8 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,74$$

$$W_{m3} = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,7472 \cdot 12 \cdot 0,95 = 4,17 \text{ кН/м}$$

Визначаємо тиск вітру із завітряної сторони:

$$C^1 = 0,5 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,2$$

$$W^1 = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,2 \cdot 12 \cdot 0,95 = 1,37 \text{ кН/м}$$

$$C^2 = 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,306$$

$$W^2 = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,43 \cdot 12 \cdot 0,95 = 2,4 \text{ кН/м}$$

$$C^3 = 0,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,467$$

$$W^3 = 1,14 \cdot 0,43 \cdot 0,467 \cdot 12 \cdot 0,95 = 2,6 \text{ кН/м}$$

Тиск вітру, який діє на стінові панелі вище колони, замінуємо на еквівалентну зосереджену силу, що прикладена на рівні верху колони

- з навітряної сторони:

$$W = \frac{W_{m2} \cdot W_{m3}}{2} \cdot H_1 = \frac{4,72 + 4,17}{2} \cdot 2,5 = 11,11 \text{ кН}$$

- із завітренної сторони:

$$W^{\prime} = \frac{W^2 \cdot W^3}{2} \cdot H_1 = \frac{2,4 + 2,6}{2} \cdot 2,5 = 6,25 \text{ кН}$$

## 2.3 Розрахунок металевих конструкцій

### 2.3.1 Розрахунок сталевого профільованого настилу

В якості настилу приймаємо СПН 75 750–0.9 з наступними геометричними характеристиками (на 1 м):

$$W_{x1} = 30,2 \text{ см}^3$$

$$W_{x2} = 37,6 \text{ см}^3$$

$$I_x = 129,6 \text{ см}^4$$

Орієнтуємо СПН широкими гофрами вниз.

Характеристики міцності СПН:

$$R_y = 260 \text{ МПа}$$

$$R_s = 150 \text{ МПа}$$

$$E = 2.1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$$

Розрахунок СПН в першому прольоті.

Розрахункова розподілене навантаження на 1 м ширини СПН:

$$q = (s + g) \cdot 1$$

$$q_1 = (6,84 + 0,32) \cdot 1 = 7,57 \text{ кН / м}$$

$$q_2 = [\{6,84 - (6,84 - 0,342) / 16 \cdot 3\} + 0,32] \cdot 1 = 6,354 \text{ кН / м}$$

Нормативна розподілене навантаження на 1 м ширини:

$$q_1'' = (5,04 + 0,643) \cdot 1 = 5,683 \text{ кН / м}$$

$$q_2'' = [\{5,04 - (5,04 - 0,52) / 16 \cdot 3\} + 0,643] \cdot 1 = 4,789 \text{ кН / м}$$

Тоді розрахункова схема і внутрішні зусилля матимуть вигляд на рис. 2.2.

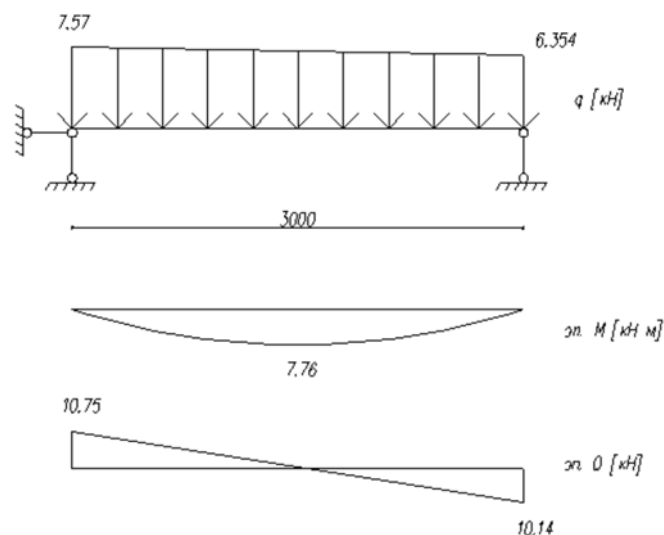


Рисунок 2.2 – Епюри M і Q

Перевіряємо виконання умови:

$$\sigma_n = M / W_x \leq R_y \gamma_c$$

де максимальний згинальний момент від розрахункових навантажень на 1 м ширини настилу,  $M = 7,76 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$W_x$  – розрахунковий момент опору на 1 м ширини, з урахуванням виключення з роботи нестійких частин стислих полиць.

Знаходимо стійку частину стиснутих полиць:

$$b_{red} = \frac{879}{\sqrt{\sigma_n}} \left( 1 - \frac{192t}{b\sqrt{\sigma_n}} \right)$$

де  $t, b$  – товщина і ширина полки настилу без урахування заокруглень,  $t = 0,0009\text{ м}$ ,  
 $b = 0,05 - 0,005 \cdot 2 = 0,04\text{ м}$

$$b_{red} = \frac{879}{\sqrt{257}} \left( 1 - \frac{192 \cdot 0,09}{4\sqrt{257}} \right) = 40\text{ мм}$$

$$b_{red} = b$$

Стислі полки стійкі по всій ширині,  $W_x = 30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ .

$$\sigma_n = 7,76 / 30,2 \cdot 10^{-6} = 257 \text{ МПа} < 260 \text{ МПа}$$

Перевіряємо виконання умови:

$$\tau_n = Q / \sum t \cdot h_n \leq R_s$$

де  $Q$  – максимальне значення поперечної сили від розрахункових навантажень, що припадає на 1 м ширини настилу,  $Q = 10,5 \text{ кН}$

$h_n$  – висота настилу,  $h_n = 0,075 \text{ м}$

$$\tau_n = 10,75 / (11 \cdot 0,0009 \cdot 0,075) = 14,48 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}$$

Перевіряємо виконання умови:

$$f_n = k_n q_n l^4 / E_n I_x + a \leq (1/200)l$$

де  $k_n$  – коефіцієнт, який визначається в залежності від схеми розкладки СПН,

$$k_n = 0,0091$$

$q_n$  – нормативна погонне навантаження

$$q_n = (q_1'' + q_2'') / 2 = (5,683 + 4,789) / 2 = 5,36 \text{ кН / м}$$

$l$  – розрахунковий проліт настилу,  $l = 3 \text{ м}$

$a$  – емпірична величина,  $a = 0,002 \text{ м}$

$I_x$  – розрахунковий момент інерції розглянутого перетину настилу на 1 м його ширини с урахуванням виключення з роботи нестійких частин стислих полиць.

Перевіряємо стійкість стиснутих полиць:

$$\sigma_n = M_{n,span} / W \leq 57,4 \cdot 10^4 \cdot (t/b)^2$$

де  $M_{n,span}$  – найбільший згинальний момент від дії нормативного навантаження,

$$M_{n,span} = 5,891 \text{кН} \cdot \text{м}$$

$$5,891 / 30,2 \cdot 10^{-6} = 195 \text{МПа} < 57,4 \cdot 10^4 \cdot (0,9 / 40)^2 = 291 \text{МПа}$$

Умова виконується, отже, стислі полки стійкі на всій ширині і  $I_x = 129,6 \text{см}^4$

$$f_n = 0,0091 \cdot 5,891 \cdot 3^4 / 2,1 \cdot 10^8 \cdot 129,6 \cdot 10^{-8} + 0,002 = 0,018 \text{м} < (1 / 150) \cdot 3 = 0,02 \text{м}$$

### 2.3.2 Розрахунок прогонів

Матеріал прогонів – сталь С245 з наступними характеристиками:

$$R_y = 240 \text{МПа}$$

$$R_s = 0,58 R_y = 0,58 \cdot 240 = 139,2 \text{МПа}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^5 \text{МПа}$$

Розподілена навантаження на прогони обчислюється за формулою:

$$q = (s + g) \cdot b$$

де  $b$  – ширина вантажної площі,  $b = 3 \text{м}$

$$g \text{ – вага покриття і СПН, } g = (0,711 + 0,093 \cdot 1,05) \cdot 0,95 = 0,768 \text{кН} / \text{м}^2$$

$$s \text{ – снігове навантаження, } s = (6,84 - 0,342) / 16 \cdot 3 = 5,622 \text{кН} / \text{м}^2$$

$$q = (5,622 + 0,828) \cdot 3 = 19,35 \text{кН} / \text{м}$$

$s = 1,82 \text{кН} / \text{м}^2$  - для решти зони

$$q = (1,82 + 0,68) \cdot 3 = 7,434 \text{кН} / \text{м}$$

Нормативне погонне навантаження:

$$q'' = (5,918 \cdot 0,7 + 0,711 / 1,2 + 0,093) \cdot 3 = 14,48 \text{кН} / \text{м} \text{ - зона «снігового мішка»}$$

$$q'' = (1,8 \cdot 0,7 + 0,711 / 1,2 + 0,093) \cdot 3 = 5,84 \text{кН} / \text{м} \text{ - інші зони.}$$

#### Зона підвищених снігових навантажень

Приймається перетин 30Б1 :

$$W_x = 427 \text{см}^3$$

$$I_x = 6328 \text{см}^4$$

Перевірка на міцність.

Перевіряємо виконання умови:

$$\sigma_x = M / W_x \leq R_y \gamma_c$$

де  $M$  – розрахунковий згинальний момент,  $M = 88,51 \text{кН} \cdot \text{м}$

$W_x$  – момент опору крайніх фібр перетину,  $W_x = 427 \text{ см}^3$

$$\sigma_x = 88,51 / 427 = 207,3 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа}$$

Перевіряємо опорний переріз:

$$\tau = Q / th \leq R_s \gamma_c$$

де  $Q$  – поперечна сила,  $Q = 59 \text{ кН}$

$t$  – товщина стінки,  $t = 0,0058 \text{ м}$

$h$  – висота перерізу балки,  $h = 0,296 \text{ м}$

$$\tau = 59 / 0,0058 \cdot 0,296 = 34,37 \text{ МПа} < 139,2 \text{ МПа}$$

Прогини прогонів перевіряємо за такою формулою:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n l^4}{EI_x} \leq [f_u]$$

де  $q^n$  – нормативне погонне навантаження на прогін,  $q^n = 14,48 \text{ кН / м}$

$l$  – розрахунковий проліт прогону,  $l = 6 \text{ м}$

$E$  – модуль пружності сталі,  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$I_x$  – момент інерції перерізу,  $I_x = 6328 \text{ см}^4$

$[f_u]$  – вертикальний граничний прогин,  $[f_u] = (1/200)l$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{14,48 \cdot 6^4}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 6328 \cdot 10^{-8}} = 0,0184 \text{ м} < (1/200) \cdot 6 = 0,03 \text{ м}$$

### **Зона нормальних снігових навантажень**

Приймається перетин 23Б1:

$$W_x = 260,5 \text{ см}^3$$

$$I_x = 2996 \text{ см}^4$$

Перевіряємо виконання умови:

$$\sigma_x = M / W_x \leq R_y \gamma_c ,$$

де  $M$  – розрахунковий згинальний момент,  $M = 54,742 \text{ кН} \cdot \text{м}$

$W_x$  – момент опору крайніх фібр перетину,  $W_x = 260,5 \text{ см}^3$

$$\sigma_x = 52,9 / 260,5 = 203,1 \text{ МПа} < 240 \text{ МПа}$$

Перевіряємо опорний переріз:

$$\tau = Q / th \leq R_s \gamma_c$$



де  $Q$  – поперечна сила,  $Q = 36,495 \text{ кН}$

$t$  – товщина стінки,  $t = 0,0056 \text{ м}$

$h$  – висота перерізу балки,  $h = 0,23 \text{ м}$

$$\tau = 35,26 / 0,0056 \cdot 0,23 = 27,4 \text{ МПа} < 139,2 \text{ МПа}$$

Перевірка прогинів:

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q^n l^4}{EI_x} \leq [f_u]$$

де  $q^n$  – нормативне погонне навантаження на прогін,  $q^n = 5,84 \text{ кН / м}$

$l$  – розрахунковий проліт прогону,  $l = 6 \text{ м}$

$E$  – модуль пружності сталі,  $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$

$I_x$  – момент інерції перерізу,  $I_x = 2996 \text{ см}^4$

$[f_u]$  – вертикальний граничний прогин,  $[f_u] = (1/200)l$

$$f = \frac{5}{384} \cdot \frac{5,84 \cdot 6^4}{2,1 \cdot 10^8 \cdot 2996 \cdot 10^{-8}} = 0,016 \text{ м} < (1/200) \cdot 6 = 0,03 \text{ м}$$

### 2.3.3 Підбір елементів рами

Підбір виконаний в програмному комплексі МІРАЖ 2015, його результати наведено на рис. 2.3 – 2.8.

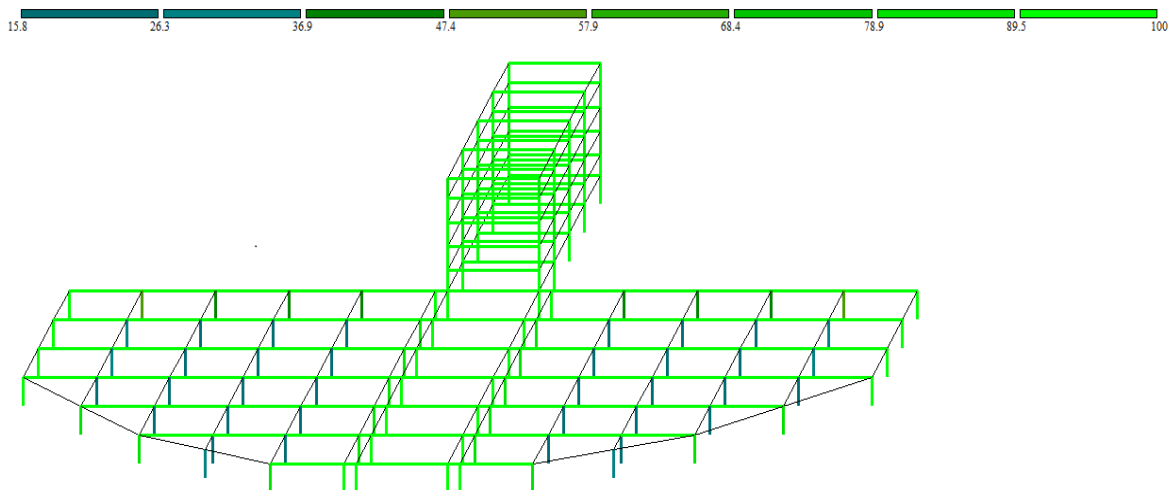


Рисунок 2.3 – Підбір елементів за 1 групою граничних станів



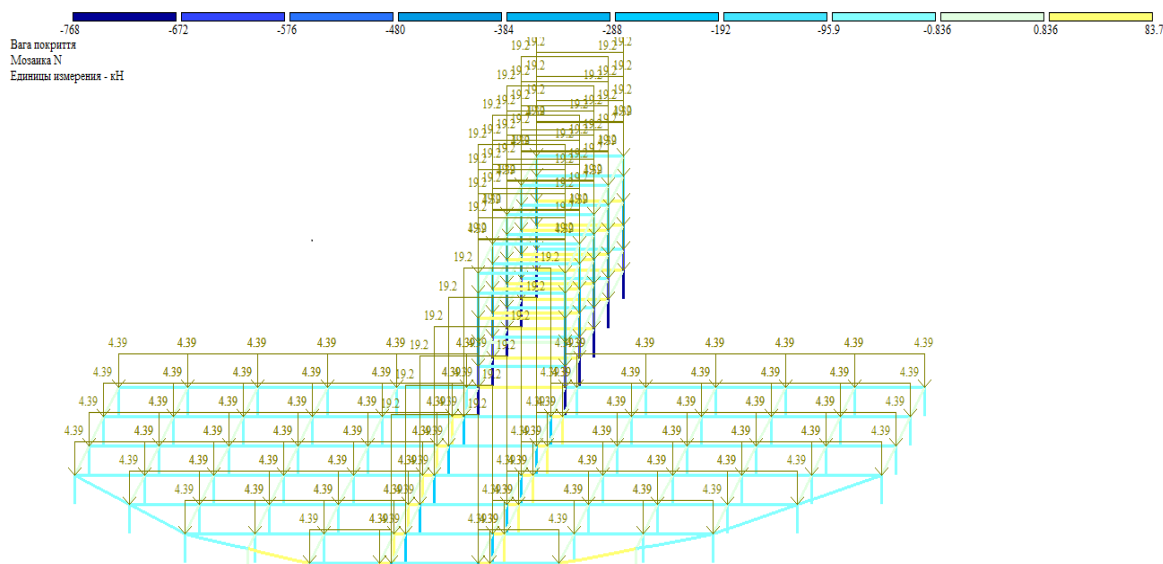


Рисунок 2.7 – Мозаїки N від покриття і перекриття

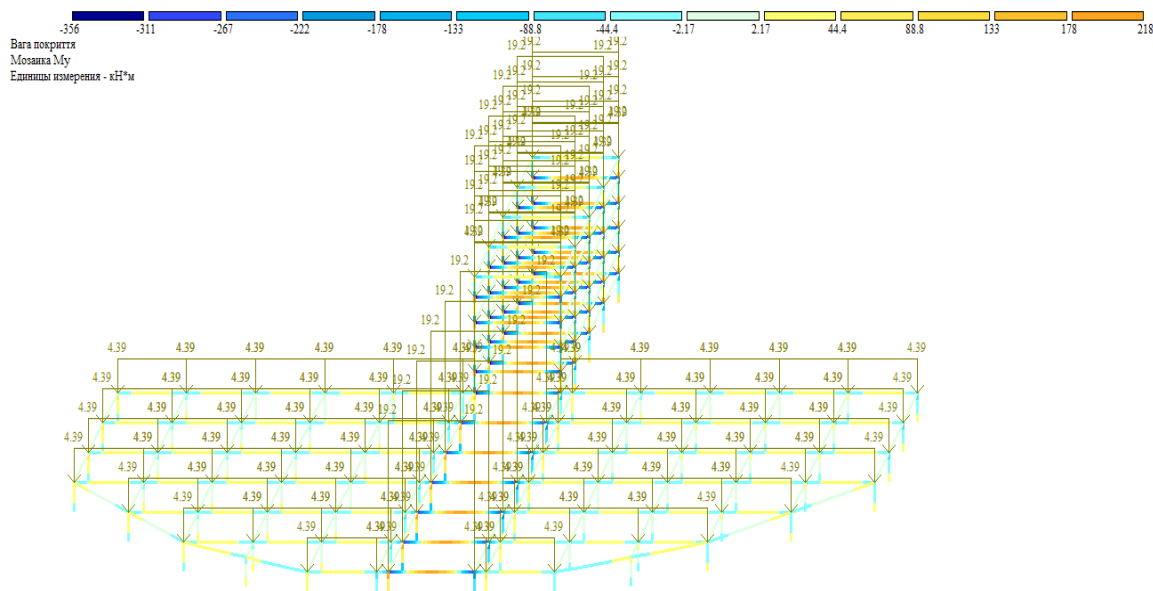


Рисунок 2.8 – Мозаїки M від покриття і перекриття

Детальні результати підбору в програмі МІРАЖ 2015 наведено в додатку А.

В результаті проектного розрахунку прийнято наступні перерізи елементів каркасу з двотаврів:

- ригелі торгових залів – 40Б;
- ригелі офісної частини – 55Б;
- крайні колони торговельних залів – 23К;
- середні колони торговельних залів – 20К;
- колони офісної частини – 30К.

### 2.3.4 Розрахунок зварних швів, що прикріплюють ребра

Опорна пластина працює як консольний елемент. Згинальний момент, що сприймається зварними швами:

$$M = c^2 \sigma_{\max} b / 2$$

де  $c$  – звис,  $c = 0,1\text{м}$

$b$  – ширина вантажної площі ребра,  $b = 0,19\text{м}$

$$M = 0,1^2 \cdot 1,37 \cdot 0,19 / 2 = 1,3\text{кН} \cdot \text{м}$$

Приймаємо висоту ребер  $h_p = 0,1\text{м}$ .

Визначимо необхідний катет шва з умов:

$$M / W_{uf} \leq \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c$$

$$M / W_{uz} \leq \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c$$

де  $W_{uf} = l_w^2 k_f / 6$

Тоді:

$$k_f \geq \frac{6M}{l_w^2 \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}$$

$$k_f \geq \frac{6 \cdot 1,3}{0,09^2 \cdot 0,7 \cdot 200} = 6,9\text{мм}$$

$$k_f \geq \frac{6M}{l_w^2 \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c}$$

$$k_f \geq \frac{6 \cdot 1,3}{0,09^2 \cdot 1 \cdot 166,5} = 5,78\text{мм}$$

Приймаємо катет зварного шва  $k_f = 7\text{мм}$ .

Катет зварних швів, що кріплять опорну плиту до колони приймаємо конструктивно з умови зварюваності.

### 2.3.5 Кріплення прогонів до ригелів

Приймаємо кріплення прогонів 30Б1 до ригелів за допомогою опорного столика. Опорний столик виконуємо у вигляді кутника (рис. 2.9).

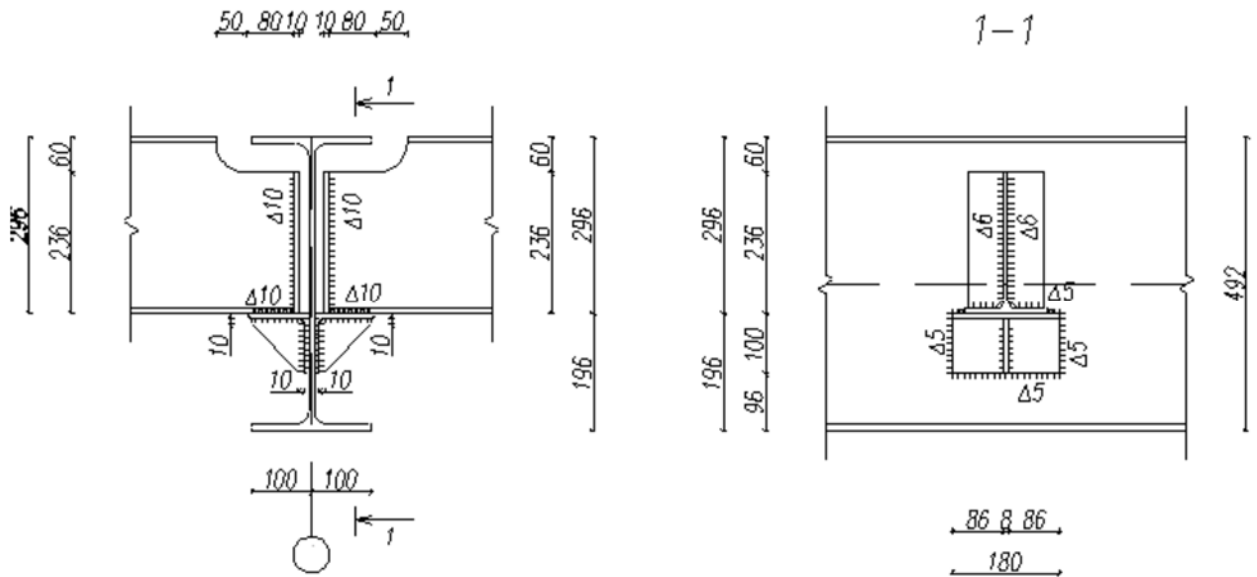


Рисунок 2.9 – Кріплення прогонів 30Б1 до ригелів

Розрахункові зусилля у вузлі  $Q = 59 \text{ кН}$ .

Приймаємо кутник  $100 \times 10 \text{ мм}$

Тоді ексцентриситет:

$$e = a_0 + 2/3c,$$

де  $a_0 = 0.015 \text{ м}$   $c_0 = 0,1 - 0.015 = 0,085 \text{ м}$

$$e = 0,015 + 2/3 \cdot 0,085 = 0,072 \text{ м}$$

Перевіряємо умову:

$$c_0 > Q / (\delta_{cm} R_y) - h_1,$$

де  $\delta_{cm}$  – товщина стінки прогону,  $\delta_{cm} = 0,0058 \text{ м}$

$h_1$  – товщина полиці кутника,  $h_1 = 0,01 \text{ м}$

Призначаємо товщину вертикального ребра  $10 \text{ мм}$ . Призначаємо катети зварних швів, що прикріплюють кутник  $k_f = 5 \text{ мм}$ , довжину кутника  $180 \text{ мм}$ .

Припускаємо, що вертикальне зусилля  $Q$  передається тільки через вертикальні шви, а момент від ексцентричного прикладання навантаження  $Q$  передається горизонтальними швами.

Момент

$$M = Qe = 59 \cdot 0,085 = 5,02 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Напруження в швах 1:

$$\tau = \frac{Q}{l_w k_f} = \frac{59}{2 \cdot 0,09 \cdot 0,005} = 65,6 \text{ МПа}$$

$$\tau = 65,6 \text{ МПа} < \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ МПа}$$

$$\tau = 65,6 \text{ МПа} < \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c = 1 \cdot 166,5 = 166,5 \text{ МПа}$$

Напруження в швах 2:

$$\sigma = \frac{M}{W_u} = \frac{5,02}{178,8} = 28,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma = 28,1 \text{ МПа} < \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c = 0,7 \cdot 200 = 140 \text{ МПа}$$

$$\sigma = 28,1 \text{ МПа} < \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c = 1 \cdot 166,5 = 166,5 \text{ МПа}$$

Подібним чином приймаємо кріплення прогонів 23Б1 до ригелів за допомогою опорного столика. Опорний столик виконуємо у вигляді кутника (рис. 2.10).

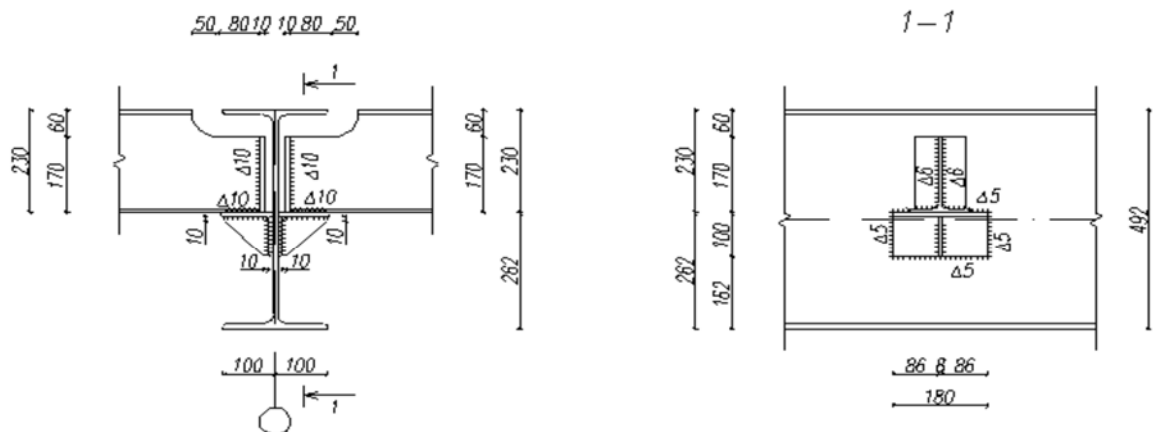


Рисунок 2.10 – Кріплення прогонів 23Б1 до ригелів

Розрахункові зусилля в вузлі  $Q = 35,26 \text{ кН}$ .

Приймаємо кутник  $100 \times 10 \text{ мм}$ .

Тоді ексцентриситет:

$$e = a_0 + 2/3 c,$$

де  $a_0 = 0,015 \text{ м}$   $c_0 = 0,1 - 0,015 = 0,085 \text{ м}$

$$e = 0,015 + 2/3 \cdot 0,085 = 0,072 \text{ м}$$

Перевіряємо умову:

$$c_0 > Q / (\delta_{cm} R_y) - h_1 ,$$

де  $\delta_{cm}$  – товщина стінки прогону,  $\delta_{cm} = 0,0058\text{ м}$

$h_1$  – товщина полиці куточка,  $h_1 = 0,01\text{ м}$

$$c_0 = 0,085\text{ м} > 35,26 / 0,0058 \cdot 240 - 0,01 = 0,015\text{ м}$$

Призначаємо товщину вертикального ребра 10 мм. Призначаємо катети зварних швів що прикріплюють кутник  $k_f = 5\text{ мм}$ , довжину кутника 180 мм. Припускаємо, що вертикальне зусилля  $Q$  передається тільки вертикальними швами, а момент від ексцентричного прикладання навантаження  $Q$  передається горизонтальними швами.

$$\text{Момент: } M = Qe = 35,26 \cdot 0,085 = 3\text{ кН} \cdot \text{ м}$$

Напруження в швах 1:

$$\tau = \frac{Q}{l_w k_f} = \frac{35,26}{2 \cdot 0,09 \cdot 0,006} = 32,6\text{ МПа}$$

$$\tau = 32,6\text{ МПа} < \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c = 0,7 \cdot 200 = 140\text{ МПа}$$

$$\tau = 32,6\text{ МПа} < \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c = 1 \cdot 166,5 = 166,5\text{ МПа}$$

Напруження в швах 2:

$$\sigma = \frac{M}{W_{ш}} = \frac{3}{178,8} = 16,8\text{ МПа}$$

$$\sigma = 16,8\text{ МПа} < \beta_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c = 0,7 \cdot 200 = 140\text{ МПа}$$

$$\sigma = 16,8\text{ МПа} < \beta_z R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c = 1 \cdot 166,5 = 166,5\text{ МПа}$$

### 2.3.6 Кріплення ригеля до колони

Кріплення ригеля до колони виконуємо на зварюванні за допомогою пластин (рис. 2.11).

Розрахункові зусилля у вузлі:

$$M = 362,2\text{ кН} \cdot \text{ м}$$

$$N = 49,5\text{ кН}$$

$$Q = 150,9\text{ кН}$$

Припускаємо, що момент і поздовжня сила передаються верхньою і нижньою пластинами.

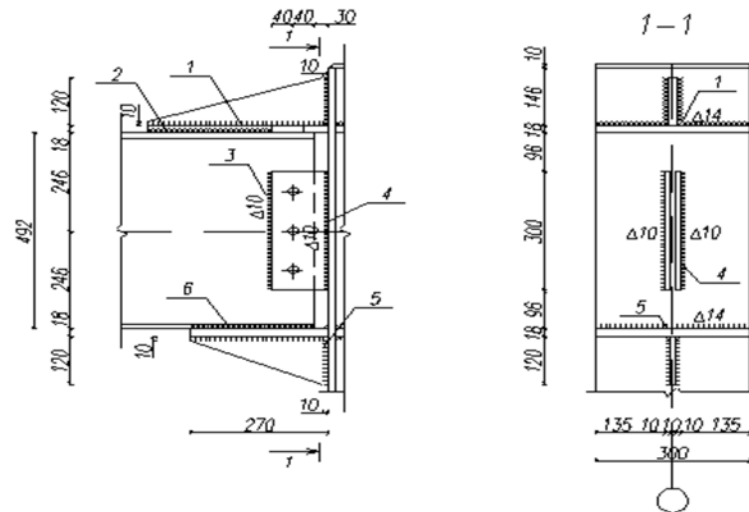


Рисунок 2.11 – Кріплення ригеля до колони

Знаходимо зусилля у верхньому і нижньому поясі:

$$N_g = M/h - N/2$$

$$N_n = M/h + N/2$$

де  $h$  – відстань між центрами тяжіння поясів,  $h = 0,48\text{м}$

$$N_g = 362,2/0,48 - 49,5/2 = 729,8\text{кН}$$

$$N_n = 362,2/0,48 + 49,5/2 = 779,3\text{кН}$$

Визначаємо необхідну товщину пластини:

$$t_{mp} = N_g / bR_y$$

де  $b$  – ширина пластини,  $b = 0,17\text{м}$

$$t_{mp} = 729,8 / 0,17 \cdot 240 = 0,0179\text{м}$$

Приймаємо  $t = 0,018\text{м}$

Призначаємо катети зварних швів 1:  $k_f = 14\text{мм}$

Знаходимо момент інерції зварних швів 1:

$$J_x = 2 \left( \frac{l_{w1} k_f^3}{12} + l_{w1} k_f (t + k_f / 2)^2 + \frac{l_{w2}^3 k_f}{12} + l_{w2} k_f (h / 2 + t)^2 \right)$$

де  $l_{w1}, l_{w2}$  – відповідно довжини горизонтальних і вертикальних зварних швів,

$$l_{w1} = 13,2\text{см}, l_{w2} = 11\text{см}.$$



$t$  – товщина пластини,  $t = 1,8 \text{ см}$

$h$  – висота вертикального ребра, приймаємо  $h = 10 \text{ см}$

$$I_x = 2 \left( \frac{13,2 \cdot 1,4^3}{12} + 13,2 \cdot 1,4 \cdot (1,8 + 1,4/2)^2 + \frac{11^3 \cdot 1,4}{12} + 11 \cdot 1,4 \cdot (6 + 1,8)^2 \right) = 2421 \text{ см}^4$$

Статичний момент швів:

$$S_x = 2(l_{w1}k_f(t + k_f/2) + l_{w2}k_f(t + h/2))$$

$$S_x = 2 \cdot (13,2 \cdot 1,4 \cdot (1,8 + 1,4/2) + 11 \cdot 1,4 \cdot (1,8 + 6)) = 332,64 \text{ см}^3$$

Площа швів:

$$A = 2(l_{w1}k_f + l_{w2}k_f)$$

$$A = 2 \cdot (13,2 \cdot 1,4 + 11 \cdot 1,4) = 67,76 \text{ см}^2$$

Центр ваги:

$$y = S_x / A$$

$$y = 332,64 / 67,76 = 4,91 \text{ см}$$

Момент опору:

$$W = I_x / y$$

$$W = 2421 / 4,91 = 493,2 \text{ см}^3$$

Зварні шви працюють на розтягуюче зусилля і момент від ексцентричного прикладання навантаження.

$$\sigma_{np} = \sqrt{\tau_N^2 + \sigma_M^2}$$

$$\tau_N = N_g / A$$

$$\tau_N = 729,8 / 67,76 = 107,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_M = M / W$$

$$M = N_g \cdot y$$

$$M = 729,8 \cdot 0,0491 = 35,83 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_M = 35,83 / 493,2 = 72,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{np} = \sqrt{107,7^2 + 72,6^2} = 129,9 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умови:

$$\sigma_{np} \leq R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \gamma_c$$

$$\sigma_{np} \leq R_{wz} \beta_z \gamma_{wz} \gamma_c$$

$$\sigma_{np} = 129,9 \text{ МПа} \leq 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{np} = 129,9 \text{ МПа} \leq 166,5 \cdot 1 = 166,5 \text{ МПа}$$

Умови виконуються, отже, катети швів достатні.

Приймаємо катети зварних швів 2:  $k_f = 12 \text{ мм}$

Знаходимо необхідну довжину швів з умов:

$$l_w \geq \frac{N_\epsilon}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}$$

$$l_w \geq \frac{729,8}{2 \cdot 0,7 \cdot 12 \cdot 200} = 21,7 \text{ см}$$

$$l_w \geq \frac{729,8}{2 \cdot 1 \cdot 12 \cdot 166,5} = 18,26 \text{ см}$$

Приймаємо довжину зварних швів:  $l_w = 24 \text{ см}$

Приймаємо катети зварних швів 3  $k_f = 10 \text{ мм}$

Приймаємо висоту ребер 300 мм.

Перевіряємо виконання умов:

$$\tau_{np} \leq R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \gamma_c$$

$$\tau_{np} \leq R_{wz} \beta_z \gamma_{wz} \gamma_c$$

$$\tau_{np} = \sqrt{\tau_Q^2 + \tau_M^2}$$

$$\tau_Q = Q / (2k_f l_w)$$

$$\tau_Q = 150,9 / (2 \cdot 0,01 \cdot 0,29) = 26 \text{ МПа}$$

$$\tau_M = 6M_p / (2k_f l_w^2)$$

де  $M_p$  – частка моменту, що сприймається ребрами:

$$M_p = I_p / (I_{руз} + I_{нл}) M$$

$$\text{де } I_p = 2 \cdot 1 \cdot 30^3 / 12 = 4500 \text{ см}^4$$

Тоді:

$$M_p = 4500 / (37160 + 2 \cdot 25,5^2 \cdot 1,8 \cdot 20) \cdot 362,21 = 19,41 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\tau_M = 6 \cdot 19,41 / (2 \cdot 1 \cdot 29^2) = 69,2 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = \sqrt{69,2^2 + 26^2} = 73,9 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = 73,9 \text{ МПа} \leq 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = 73,9 \text{ МПа} \leq 166,5 \cdot 1 = 166,5 \text{ МПа}$$

Призначаємо катет зварних швів 4  $k_f = 10 \text{ мм}$

Визначимо момент від ексцентричного прикладання навантаження Q:

$$M_Q = Qe$$

де  $e$  – ексцентриситет,  $e = 0,11 \text{ м}$

Тоді

$$M_Q = 150,9 \cdot 0,11 = 16,6 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Сумарний момент:

$$M = M_Q + M_p$$

$$M = 16,6 + 19,41 = 36 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\tau_Q = 150,9 / (2 \cdot 0,01 \cdot 0,29) = 26 \text{ МПа}$$

$$\tau_M = 6 \cdot 36 / (2 \cdot 1 \cdot 29^2) = 128 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = \sqrt{128^2 + 26^2} = 131 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = 131 \text{ МПа} \leq 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ МПа}$$

$$\tau_{np} = 131 \text{ МПа} \leq 166,5 \cdot 1 = 166,5 \text{ МПа}$$

Приймаємо зварні шви 5 аналогічно швах 1:

$$\tau_N = N_n / A$$

$$\tau_N = 779,3 / 67,76 = 115,3 \text{ МПа}$$

$$\sigma_M = M / W$$

$$M = N_n \cdot y$$

$$M = 779,3 \cdot 0,0491 = 38,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\sigma_M = 38,3 / 493,2 = 77,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{np} = \sqrt{115,3^2 + 77,6^2} = 139 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умови:

$$\sigma_{np} \leq R_{wf} \beta_f \gamma_{wf} \gamma_c$$

$$\sigma_{np} \leq R_{wz} \beta_z \gamma_{wz} \gamma_c$$

$$\sigma_{np} = 139 \text{ МПа} \leq 200 \cdot 0,7 = 140 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{np} = 139 \text{ МПа} \leq 166,5 \cdot 1 = 166,5 \text{ МПа}$$

Приймаємо катети зварних швів 6:  $k_f = 12\text{мм}$

Знаходимо необхідну довжину швів з умов:

$$l_w \geq \frac{N_H}{2\beta_f k_f R_{wf} \gamma_{wf} \gamma_c}$$

$$l_w \geq \frac{N_H}{2\beta_z k_f R_{wz} \gamma_{wz} \gamma_c}$$

$$l_w \geq \frac{779,3}{2 \cdot 0,7 \cdot 1,2 \cdot 200} = 23,2\text{см}$$

$$l_w \geq \frac{779,3}{2 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 166,5} = 19,5\text{см}$$

Приймаємо довжину зварних швів:  $l_w = 24\text{см}$ .

## РОЗДІЛ 3

### НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ

#### 3.1 Актуальність та задачі дослідження

Під час експлуатації громадських будівель та споруд не виключено виникнення форс-мажорних ситуацій, що можуть впливати на напружено-деформівний стан конструкцій, таких як пожежі. Значні температурні поля призводять до перерозподілу напружень в елементах та зміні їх роботи в конструкції. Особливо чутливими до цього є металоконструкції, оскільки конструкційні сталі володіють високим коефіцієнтом лінійного видовження та об'ємного розширення [11].

Переважно при проектуванні не виконують додаткового розрахунку на вплив температурних полів при пожежі, покладаючись на системи пожежогасіння та прийняті з досвіду конструктивні рішення. Такий підхід може призвести до неврахованих екстремальних поєднань зусиль чи навантажень та невірно підібраних перерізів елементів. А це, в свою чергу, може призвести до порушення роботи елементів конструкцій чи втрати ними тримкої здатності, що складає небезпеку для людей, матеріальних цінностей та конструкції в цілому.

Разом з тим, врахування нестационарних теплових процесів при розрахунку металевих конструкцій включає ряд складних задач, які в сучасних умовах вирішуються переважно шляхом скінченноелементного моделювання [11].

Зважаючи на вищенаведені факти, вважаємо дослідження напруженого стану та оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу проектного торговельно-офісного центру актуальною задачею досліджень даної роботи.

Метою досліджень обрано оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу проектного торговельно-офісного центру при пожежі.

Для досягнення цієї мети в кваліфікаційній роботі сформульовано такі завдання:

- розробити скінченно-елементну модель для розрахунку температурних впливів на металоконструкції торговельно-офісного центру та напружень, що виникають при цьому;

- виконати оцінку вогнестійкості елементів конструкції та визначити потребу в додаткових конструктивних заходах її підвищення.

Об'єкт досліджень – металевий каркас запроектованого торговельно-офісного центру.

Предметом досліджень є вогнестійкість елементів металевого каркасу.

Методи дослідження: описовий, чисельного моделювання, метод скінченних елементів.

### **3.2 Методика дослідження**

Оцінка вогнестійкості елементів несучого каркасу будівлі виконується згідно норм [12] та включає в себе перевірку за критеріями втрати несучої здатності (R), теплоізолювальної здатності (I) та цілісності (E). При цьому різні структурні елементи каркасу перевіряються за певним набором даних критеріїв. Так, для колон виконується перевірка тільки по критерію R, а для перекриттів, які в нашому випадку включають також металеві балки та прогони, – за трьома критеріями REI. Чисельні значення даних критеріїв виражають час в хвилинах, на протязі якого при розвитку пожежі критерії виконуються.

В дослідженні розглядали фрагмент конструкції одноповерхової торговельної частини запроектованого центру. Крок колон  $12 \times 6$  м, крок прогонів 3 м, висота поверху 5,4 м. Статичні навантаження на елементи приймали згідно даних, зібраних у розділі 2, з урахуванням власної ваги.

Оскільки розрахунок напружено-деформівного стану конструкцій при нестационарному тепловому процесі представляє собою доволі складну задачу, її вирішення розділяли на два етапи за прикладом роботи [13].

На першому з них моделювали процес розвитку пожежі в приміщенні торговельного залу та визначали температурні поля і їх зміну в часі. Для цього

використовували програмне забезпечення PyroSim-2015. Скінченноелементна модель представлена на рис. 3.1, а).

Для визначення розподілу температур в елементах металокопструкцій задавалися давачі температури, розміщені по середині прольоту прогону та балки, а також внизу та вгорі колони. Граничні умови на межі модельованого об'єму – відкрита поверхня з вільним притоком повітря.

Джерело займання розміром  $2 \times 2$  м розміщували по центру фрагменту, який розглядався. Його параметри відповідали стандартній пожежі згідно [1] (займання меблів, паперу, тканини) з питомим виділенням енергії в розмірі  $13,1 \text{ МДж/кг O}_2$ .

На другому етапі дослідження визначені теплові навантаження прикладалися як окреме завантаження на елементи фрагменту копструкції та проводився її статичний розрахунок. Для цього використовували ПК МІРАЖ версії 2015.

Для коректного врахування роботи каркасу в моделі враховувався фрагмент копструкції, що включає 3 кроки колон в обох напрямках (рис. 3.1, б). При цьому використовувалося розбиття на скінченні елементи розмірам  $0,5$  м, значення теплового навантаження прикладалося на кожен елемент окремо.

Розрахунок виконано за розрахунковими сполученнями навантажень. За його результатами перевіряли граничні стани для металокопструкцій.

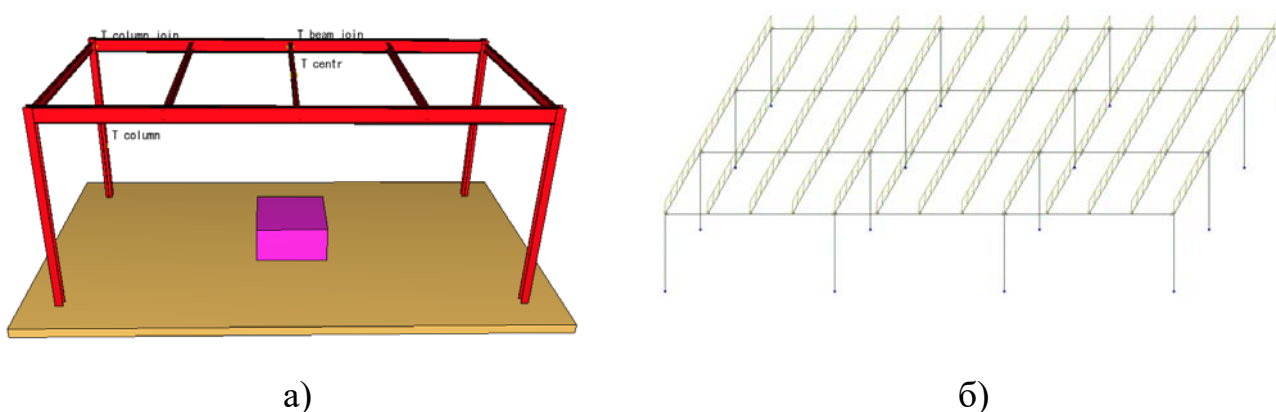


Рисунок 3.1 – Скінченноелементні моделі для досліджень:

а) – модель розвитку пожежі; б) – модель для розрахунку на теплові навантаження

### 3.3 Результати дослідження

Внаслідок розрахунку моделі першого етапу досліджень отримано розподіл температурних полів у довільних площинах в об'ємі приміщення (рис. 3.2).

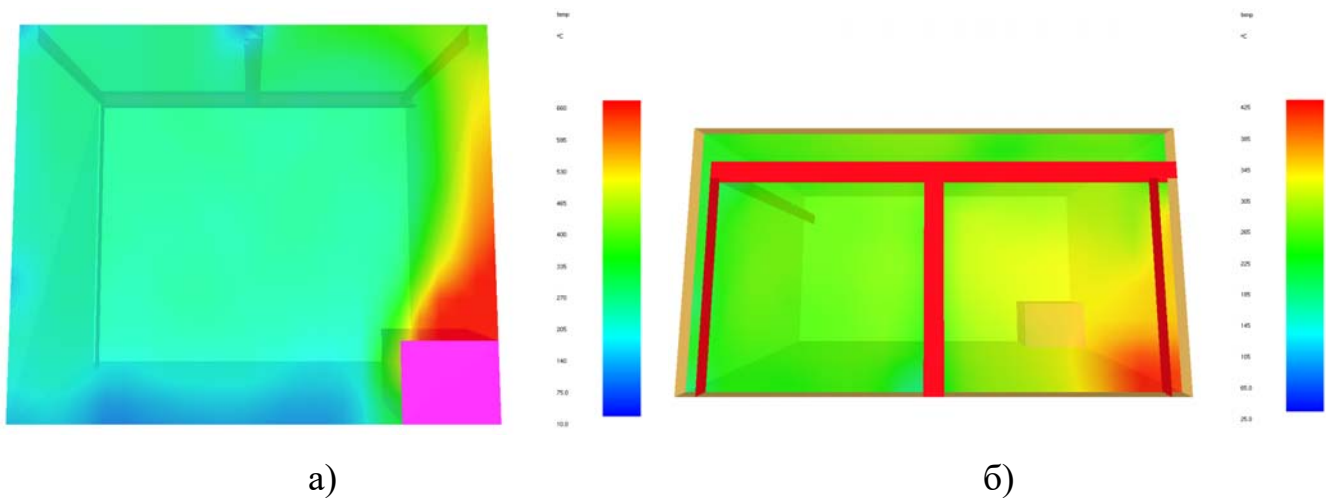


Рисунок 3.2 – Розподіл температур в  $\frac{1}{4}$  об'єму фрагменту:

а) – в площині XOZ; б) – в площині XOY ( $Z = 5,2 \text{ m}$ )

Постійне виділення енергії в результаті горіння призводить до нагріву незахищених елементів металевого каркасу, що відбувається в основному за рахунок конвективного теплопереносу. За рахунок значної теплоємності та високої теплопровідності конструкційної сталі, температура в елементах конструкції підвищується значно повільніше за температуру повітря, спостерігається свого роду «відставання». Проте вже менше ніж за 5 хв прогони над джерелом займання мають температуру  $150^\circ\text{C}$ , далі швидкість нагріву знижується і до закінчення часу горіння (приблизно 20 хв) сягає більше  $250^\circ\text{C}$  (рис. 3.3).

Подібна картина спостерігається також по середині балок та знизу колон, але за рахунок більшої віддаленості від джерела займання температури тут дещо нижчі.



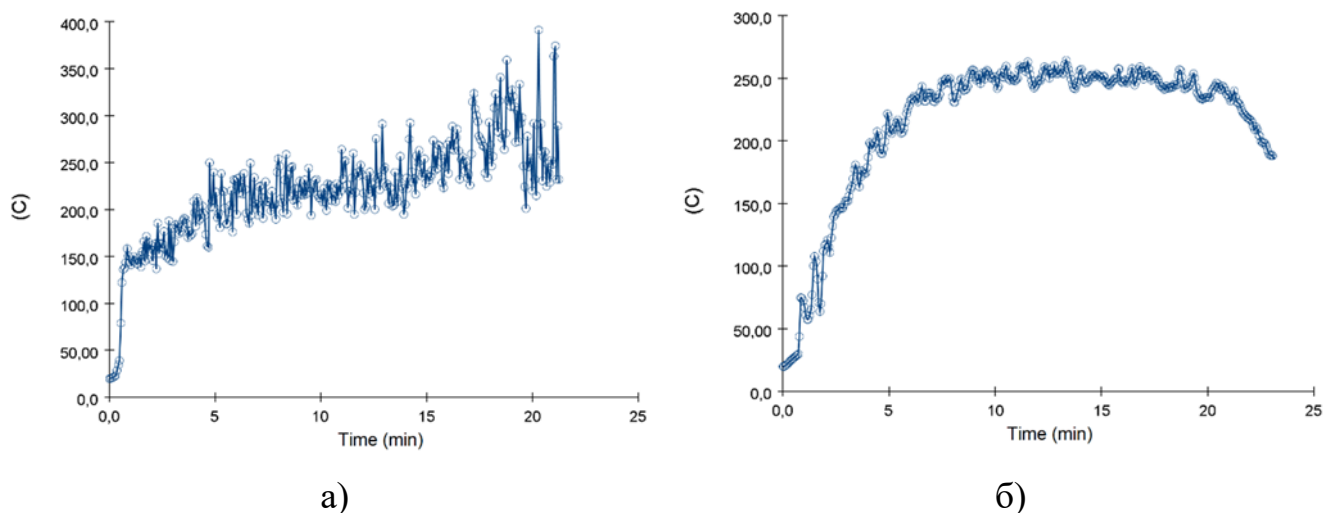


Рисунок 3.3 – Зміна температури елементів металокопструкцій під час пожежі: а) – середина прогону; б) – низ колони.

Для розрахунку 2-го етапу досліджень брали температуру елементів через 15 хв від початку пожежі, що відповідає нормативному значенню вогнестійкості елементів перекриття [12]. Результати визначення зусиль в елементах від дії температурного навантаження приведено на рис. 3.4. Мозаїки вичерпання несучої здатності за граничними станами для металевих копструкцій з урахуванням розрахункових сполучень навантажень – на рис. 3.5.

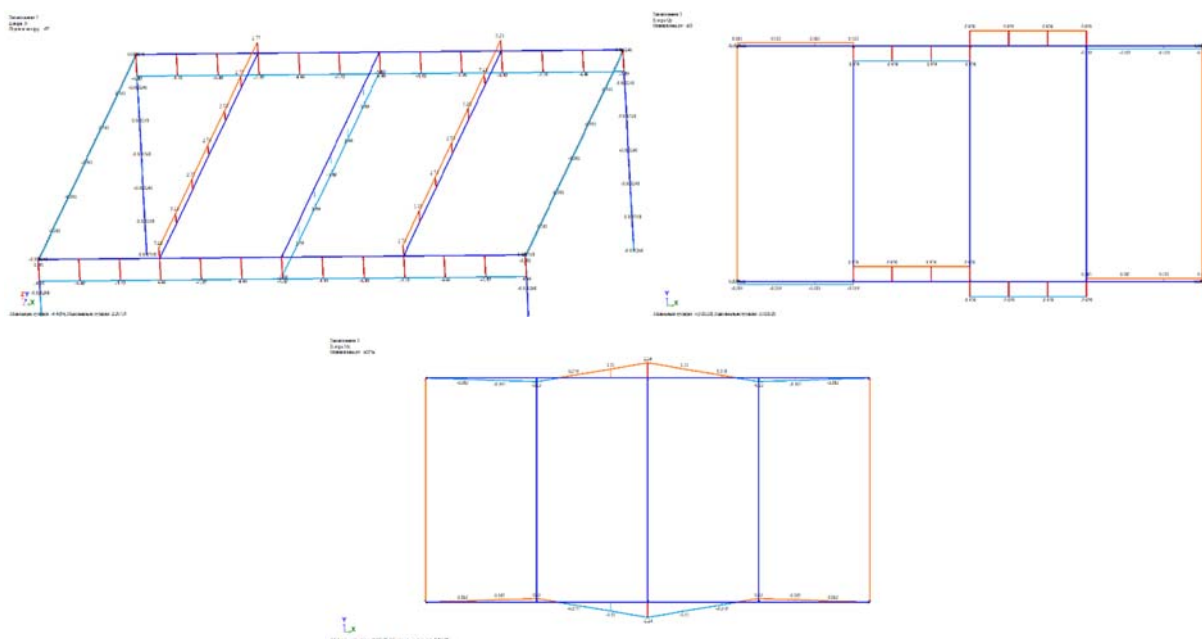


Рисунок 3.4 – Зусилля в елементах від дії температурного навантаження

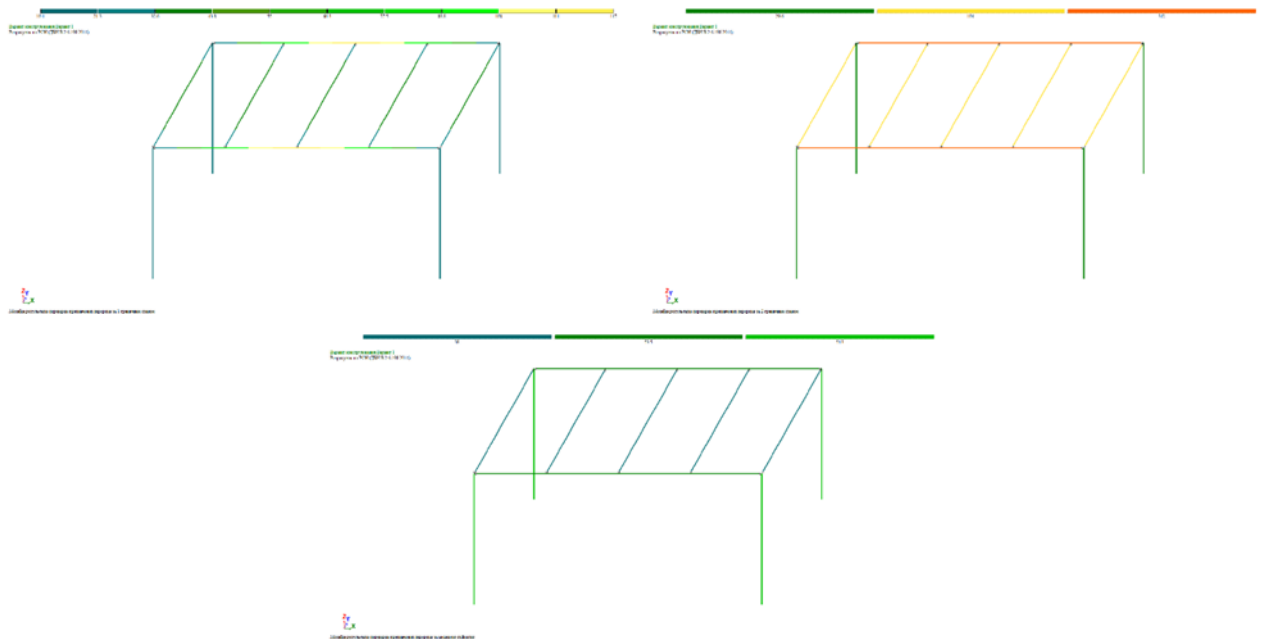


Рисунок 3.5 – Мозаїки вичерпання несучої здатності за граничними станами

З аналізу напруженого стану конструкцій можемо стверджувати, що основним силовим фактором, що додатково діє на елементи каркасу при пожежі, є згинаючий момент  $M_z$  в елементах балок, котрий виникає за рахунок теплового розширення прогонів.

Як можемо бачити з перевірки першого граничного стану, це призводить до вичерпання міцності балок в середині прольоту. За рахунок теплового видовження також зростають деформації схеми, що призводить до швидкого вичерпання деформативності балок та прогонів за другим граничним станом. Перевірка на місцеву стійкість виконується для всіх елементів каркасу.

### 3.4 Висновки до науково-дослідного розділу

В даній кваліфікаційній роботі виконано оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру при пожежі шляхом двоетапного скінченноелементного моделювання.

Наукова новизна роботи – розроблено методику скінченноелементного моделювання для розрахунку температурних впливів на металоконструкції торгівельно-офісного центру та оцінки їх вогнестійкості.

Практична цінність результатів: показано вичерпання тримкої здатності балок покриття менше, ніж через 15 хв від моменту загоряння. Це не відповідає вимогам [12] для громадських будівель (REI45), а значить в проекті вимагаються додаткові заходи підвищення вогнестійкості [14]. В якості таких заходів приймаємо облицювання металоконструкцій одним шаром звичайного гіпсокартону і одним шаром гіпсокартону з підвищеною опірністю відкритого полум'я.

## РОЗДІЛ 4

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

#### 4.1 Правила поведінки монтажників сталевих конструкцій з охорони праці

При виконанні робіт із монтажу сталевих конструкцій, монтажники згідно своєї кваліфікації зобов'язані виконувати вимоги безпеки з охорони праці для працівників будівництва, промисловості будівельних матеріалів і житлово-комунального господарства, а також вимоги інструкцій заводів-виготовлювачів по експлуатації технологічного оснащення, інструменту й засобів захисту, які застосовуються у процесі роботи [15].

Перед початком роботи монтажники зобов'язані:

- пред'явити керівнику посвідчення про перевірку знань безпечних методів робіт і пройти інструктаж на робочому місці з урахуванням специфіки виконуваних робіт;

- надягти каску, спецодяг, спецвзуття встановленого зразка;

- одержати завдання на виконання роботи в бригадира або керівника.

Після одержання завдання монтажники зобов'язані:

- підготувати необхідні засоби індивідуального захисту;

- перевірити робоче місце й підходи до нього згідно вимогам безпеки;

- підібрати технологічне оснащення й інструмент, необхідні при виконанні роботи, перевірити їх на відповідність вимогам безпеки;

- оглянути елементи будівельних конструкцій, призначені для монтажу, і переконатися у відсутності в них дефектів.

Монтажники не повинні приступати до виконання роботи при:

- несправностях технологічного оснащення, засобів захисту працюючих, зазначених в інструкціях заводів-виготовлювачів, при яких не допускається їхнє застосування;

- несвоєчасному проведенні чергових іспитів технологічного оснащення, інструментів і пристосувань;

- недостатній освітленості робочих місць і підходів до них.

Під час роботи до монтажників ставляться наступні вимоги:

1). Для проходу на робоче місце монтажники повинні використовувати обладнані системи доступу (сходи, трапи, містки). Перебування монтажників на елементах будівельних конструкцій, утримуваних краном, не допускається.

2). Навісні монтажні площадки, сходи й інші пристосування, необхідні для роботи монтажників на висоті, варто встановлювати й закріплювати на монтувальних конструкціях до їхнього підйому.

3). При відсутності огороження робочих місць на висоті монтажники зобов'язані застосовувати запобіжні пояси в комплекті зі страховочним пристроєм. При цьому монтажники повинні виконувати вимоги "Типової інструкції з охорони праці для працівників, що виконують верхолазні роботи".

4). Очищення підлягаючих монтажу елементів будівельних конструкцій від бруду й пилу варто здійснювати до їхнього підйому. При стропуванні будівельних конструкцій монтажники зобов'язані виконувати вимоги "Типової інструкції з охорони праці для стропувальників".

5). Перед установкою конструкції у проектне положення монтажники зобов'язані:

- оглянути місце установки конструкції і перевірити наявність розбивочних і геометричних осей на опорній поверхні;

- приготувати необхідне оснащення для її проектного чи тимчасового закріплення;

- перевірити відсутність людей внизу безпосередньо під місцем монтажу конструкції. Забороняється перебування людей під монтажними елементами до установки їх у проектне положення й остаточного закріплення.

6). Після установки конструкції у проектне положення необхідно зробити її закріплення (постійне чи тимчасове) відповідно до вимог проекту. Тимчасове дозволяється знімати тільки після остаточного закріплення відповідно до вимог проекту.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1). У випадках виявлення несправності вантажопідйомного крана, рейкового шляху, вантажопідйомних пристроїв або технологічного оснащення монтажники зобов'язані дати машиністу крана команду "Стій" і повідомити про це керівника робіт.

2). При виявленні хиткого положення монтажних конструкцій, технологічного оснащення або засобів захисту, монтажники повинні повідомити про це керівника робіт або бригадира.

3). При зміні погодних умов (збільшенні швидкості вітру до 15 м/с і більше, при снігопаді, грозі або тумані), що погіршують видимість, роботи необхідно призупинити і повідомити керівника.

Вимоги безпеки по закінченні роботи:

- скласти у відведене для збереження місце технологічне оснащення і засоби захисту працюючих;

- очистити від відходів будівельних матеріалів і монтажних конструкцій робоче місце і привести його в порядок;

- повідомити керівнику, бригадиру про всі несправності, що виникли в процесі роботи.

#### **4.2 Розрахунок кондиціонування для офісних приміщень на 600 місць**

Виходячи з кількості приміщень, передбачають одно- або багатозональні системи кондиціонування повітря, а потім проводять оцінку можливості їх застосування з рециркуляцією відпрацьованого повітря, яка дозволяє зменшити витрату тепла і холоду.

За гігієнічним показником і рівномірністю розподілу параметрів у робочій зоні для більшості приміщень, що кондиціонуються, найбільш прийнятною є подача припливного повітря з нахилом в робочу зону на рівні 1,4...1,6 м, та з видаленням загальнообмінною витяжкою в верхньої зони [16].

1. Визначаємо допустимий перепад температур  $\Delta t_{\text{доп}} = 2 \text{ } ^\circ \text{C}$ .

2. Визначаємо температуру припливного повітря

$$t_{\text{п}} = t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{доп}}$$

$$t_{п\text{ тепл}} = 22 - 2 = 20 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$$t_{п\text{ хол}} = 20 - 2 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

3. Визначасмо температуру повітря в приміщенні.

$$t_{в} = t_{п} + g_{\text{grad}} t (H - h),$$

Гradient температури по висоті приміщення визначають залежно від питомих надлишків явного тепла в приміщенні  $q_{я}$ , Вт

$$q_{я} = \Sigma Q / V_{\text{пом}} = (\Sigma Q_{п-} - Q_{п} + Q_{я}) / V_{\text{пом}}$$

$$q_{я\text{ тепл}} = (40290,8 - 22800 + 22230) / 1820,7 = 21,8 \text{ Вт}$$

$$g_{\text{grad}} t = 1,2;$$

$$q_{я\text{ хол}} = (41945,2 - 34200 + 25650) / 1820,7 = 18,3 \text{ Вт}$$

$$g_{\text{grad}} t = 0,3.$$

$$t_{в\text{ тепл}} = 22 + 1,2 (4,2 - 1,8) = 24,88 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{в\text{ хол}} = 20 + 0,3 (4,2 - 1,8) = 20,72 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

4. Визначасмо робочу різниця температур

$$\Delta t_{р} = t_{у} - t_{п}$$

$$\Delta t_{р\text{ тепл}} = 24,88 - 20 = 4,88 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{р\text{ хол}} = 20,72 - 18 = 2,72 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

### **4.3 Вимоги до забезпечення пожежної безпеки торгівельно-офісного центру**

Згідно з положеннями чинного законодавства, яке регулює сферу пожежної безпеки, в будівлях громадського призначення повинні дотримуватися наступні вимоги пожежної безпеки, що пред'являються з боку контрольних органів:

- забезпечення функціонування сучасної системи оповіщення про виникнення вогнища загоряння;
- забезпечення постійної наявності засобів боротьби з вогнем (вогнегасники, стаціонарні пожежні шланги). Ці засоби повинні знаходитися у доступному

місці, прохід якого нічим не загороджений. Всі співробітники організації повинні бути проінформовані про розташування цих засобів;

- розробка планів евакуації для кожного поверху будівлі і розміщення цих планів в зоні видимості. Для забезпечення пожежної безпеки підсобних приміщень необхідно проводити розрахунок категорії небезпеки згідно з Правилами улаштування електроустановок;
- розміщення вказівних знаків до місць виходу і евакуації при виникненні пожежі, забезпечення видимості цих покажчиків у разі задимленості за рахунок використання підсвічування;
- наявність системи голосового оповіщення всіх приміщень організації про пожежонебезпечні ситуації;
- забезпечення безперешкодного доступу до шляхів евакуації;
- забезпечення безперебійного функціонування вентиляційної системи;
- ведення обліку засобів боротьби з вогнем в цілях забезпечення їх наявності і справного стану;
- ознайомлення працівників з порядком дій при виникненні пожежі, а також для його недопущення, ведення відповідного журналу про проведення інструктажу з наявністю підписів працівників, що підтверджують їх ознайомлення з інструкцією;
- призначення працівника, відповідального за протипожежну безпеку організації в цілому, а також у кожному структурному підрозділі.

В цілях відповідності торгових залів, підсобних і складських приміщень вимогам ДСНС України для кожного приміщення необхідно проводити розрахунок наступних показників:

- категорія вибухонебезпеки і пожежної небезпеки;
- технічні характеристики, що дозволяють встановлювати і використовувати сигналізації і системи автоматичного гасіння пожежі;
- гранична стійкість використаних при будівництві і обробці матеріалів до дії вогню;



- розрахунок розташування та оснащення необхідними засобами боротьби з пожежею, а також шляхів евакуації.

### **Норми поведінки при масових скупченнях людей під час функціонування торгівельно-розважального комплексу.**

Кожен тип НС може викликати масові скупчення людей, які призводять до тисняви, результатом якої є страх, паніка та масовий травматизм. Доцільно знати, як чинити, якщо масове скупчення людей, скажімо, охопить паніка. Адже шанси зберегти самовладання у критичній ситуації більші в тих, хто дотримується правил самозбереження.

Психологія натовпу зовсім інша, ніж психологія індивідуума. Виникає так званий феномен колективного несвідомого. Навіть незначний прояв паніки здатний нівелювати внутрішній самоконтроль. Однак, багато залежить від кожної людини. При неадекватній поведінці може стати джерелом виникнення хаосу. У звичних обставинах багато хто, здійснюючи той чи інший вчинок, зважає на оцінку оточення. А ось у масових скупченнях страх перед громадським осудом зникає, працює інстинкт самозбереження. У такій ситуації зазвичай розмивається свідоме мислення. Дії охоплених потужною тривогою мас узагалі не передбачувані.

Отже, варто нагадати про норми поведінки у масовому скупченні людей. Рекомендовані правила поведінки у надзвичайних умовах:

1. Одне із головних правил — не йдіть “проти течії”. Краще рухатися в одному напрямку і темпі з усіма.
2. Варто уникати центру скупчення людей і небезпечного сусідства з вітринами, огорожами, стовпами, стінами, вузькими проходами.
3. Подбайте про зручний одяг.
4. Бажано, щоб руки були вільними.
5. Якщо відчуваєте тиск ззаду, стисніть руки у ліктях і притуліть їх до корпусу.

6. Якщо впали — захистіть голову руками і спробуйте підвестися, але не з колін. Обпершись однією ногою об землю, різко випростайтеся у напрямку руху натовпу. До речі, уважно дивіться перед собою. Якщо хтось не втримався на ногах, допоможіть йому піднятися.

7. Намагайтеся будь-що не опинитися в тупику, у разі тисняви відступати з цієї позиції важче.

8. У разі наявності в повітрі хімічних речовин можна захиститися так: закрити рот і ніс хустинкою, змоченою у будь-якій рідині. Якщо уражено очі, треба швидко і часто моргати, щоб сльози вимили хімічну речовину.

9. Підчас руху натовпу не хапайтеся ні за що руками. Є ризик травмуватися.

При можливості можна оцінити обставини і вжити правильних заходів. Для цього психологи радять використовувати прийоми аутотренінгу й експрес-релаксації:

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі магістра виконано проектування торгівельно-офісного центру в м. Харків. Запроектована будівля поділяється на 2 основні частини за функціональним призначенням – офісну та торгівельну. За рахунок різного розташування і вирішення цих частин створюються різні об'ємно-просторові структури центру.

Виконано техніко-економічне порівняння двох варіантів вирішення каркасу будівлі – монолітного залізобетонного та металевого. Оптимальним виявився металевий каркас, для якого в середовищі програмного комплексу МІРАЖ 2015 виконано проектний розрахунок основних елементів.

В науково-дослідному розділі виконано оцінку вогнестійкості елементів металевого каркасу торгівельно-офісного центру при пожежі шляхом двоетапного скінченноелементного моделювання.

Наукова новизна роботи – розроблено методикау скінченноелементного моделювання для розрахунку температурних впливів на металоконструкції торгівельно-офісного центру та оцінки їх вогнестійкості.

Практична цінність результатів полягає в тому, що для конкретної конструкції показано вичерпання тримкої здатності балок покриття менше, ніж через 15 хв від моменту загоряння. Це не відповідає вимогам стандартів для громадських будівель, тому в проекті розроблено додаткові заходи підвищення вогнестійкості. В якості таких заходів приймаємо облицювання металоконструкцій одним шаром звичайного гіпсокартону і одним шаром гіпсокартону з підвищеною опірністю відкритого полум'я.

## БІБЛІОГРАФІЯ

1. Будівельна кліматологія : ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010.– [Чинний від 2011-11-01]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 123 с. – (Національний стандарт України).
2. Планування і забудова міських і сільських поселень: ДБН 360-92\*\*. — [Чинний від 2014-01-01]. — К. : Держбуд України, 2002. — 135 с. — (Національний стандарт України).
3. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови : ДСТУ Б В.2.7-119:2011. — [Чинний від 2012-10-01]. — К. : Мінрегіон України, 2012. — 55 с. — (Національний стандарт України).
4. Гетун Г.В. Архітектура будівель та споруд. Книга 1: Основи проектування : підручник / Г. В. Гетун. – К. : Кондор, 2012. – 380 с.
5. Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення : ДБН В.2.2-9:2018. — [Чинний від 2019-06-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2011. — 71 с. — (Національний стандарт України).
6. Клименко Ф.Є. Металеві конструкції / Ф.Є. Клименко, В.М. Барабаш, Л.І. Стороженко. — Львів: Світ, 2002 р. — 312 с.
7. Опалення, вентиляція та кондиціонування : ДБН В.2.5-67:2013. — [Чинний від 2014-01-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2013. — 141 с. — (Національний стандарт України).
8. Будівельні конструкції / Під ред. Є. Клименко. — К : Центр навчальної літератури, 2019. — 426 с.
9. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування : ДБН В.1.2-2:2006. — [Чинний від 2007-10-01]. — К. : Мінбуд України, 2006. — 75 с. — (Національний стандарт України).
10. Сталеві конструкції. Норми проектування : ДБН В.2.6-198:2014. — [Чинний від 2015-01-01]. — К. : Мінрегіон України, 2014. — 199 с. — (Національний стандарт України).

11. Ozyurt E., Wang Y. Effects of truss behaviour on critical temperatures of welded steel tubular truss members exposed to uniform fire // *Engineering Structures*. – Vol. 88. – 2015. – P. 225–240.

12. Пожежна безпека об'єктів будівництва : ДБН В.1.1-7:2016. — [Чинний від 2017-06-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2017. — 40 с. — (Національний стандарт України).

13. Морозов, В.В. Оцінка вогнестійкості сталевих ферм під час пожежі / В.В. Морозов, К. Казаді, А.П. Сорочак // *Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів (Тернопіль, 27-28 листопада 2019)*. – Т. 1. – С. 121.

14. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд: Пожежна безпека : ДБН В.1.2-7-2008. — [Чинний від 2008-10-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2008. — 31 с. — (Національний стандарт України).

15. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009. — [Чинний від 2012-04-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2012. — 116 с. — (Національний стандарт України).

16. Голінько, В.І. Основи охорони праці : підручник / В.І. Голінько. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

17. Методичний посібник для виконання кваліфікаційної роботи магістра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”// Ковальчук Я.О., Крамар Г.М., Мещерякова О.М. – Тернопіль: ТНТУ, 2020. – 56 с.

## **ДОДАТКИ**

## ДОДАТОК А

## Техніко-економічне порівняння варіантів каркасу будівлі

Таблиця А.1 – Техніко-економічне порівняння варіантів каркасу будівлі за укрупненими показниками

№ п.п	Найменування робіт	Од. вим.	Вартість за одиницю грн.	К-сть	Загальна вартість, грн.	Трудо-місткість люд-год
1	2	3	4	5	6	7
<b>I варіант каркасу (залізобетонний)</b>						
1	2	3	4	5	6	7
1.	Монтаж колон 1-го поверху	м <sup>3</sup>	5400	110	594000	1758
2.	Монтаж колон наступних поверхів	м <sup>3</sup>	5400	66	356400	1200
3.	Монтаж плити 1-го поверху	м <sup>3</sup>	6000	72	432000	1560
4.	Монтаж плит готелю	м <sup>3</sup>	6000	24	3061,8	800
Всього:					1526400	5318
<b>II варіант каркасу (металевий)</b>						
1	2	3	4	5	6	7
1.	Монтаж колон 1-го поверху	т	1042,59	110	95918,28	1456
2.	Монтаж колон наступних поверхів	т	1042,59	66	52129,5	800
3.	Монтаж ригелів	т	1500,59	137	168066,08	3763
4.	Монтаж прогонів	т	1006,59	706	700600,3	3113
Всього:					1016714	9132