

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

(повне найменування кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

**ОФІСНА П'ЯТИПОВЕРХОВА БУДІВЛЯ  
у м. ЛУЦЬК ПО ВУЛИЦІ НАБЕРЕЖНІЙ**

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи БЦМ-21

**ДИНЬКО Владислав Сергійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:

к.т.н., доцент

**САМЧУК Володимир Петрович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу

допущено до захисту

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

к.т.н., доцент

Гарант освітньої програми:

**КИСЛЮК Дмитро Ярославович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

ДИНЬКУ Владиславу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Офісна п'ятиповерхова будівля у м. Луцьк по вулиці Набережній

Керівник роботи Володимир САМЧУК, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від " 05 " лютого 2025 року №68/01-02  
та змінами до цього наказу №439/01-02 від 23 жовтня 2025 року.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи 01 грудня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи район будівництва, ситуаційна схема ділянки, інженерно-геологічні умови будівельного майданчика, схеми планів, фасадів та розрізів будівлі

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення); техніко-економічні показники проекту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проектування таких несучих конструкцій будівлі: монолітної залізобетонної плити перекриття, монолітної залізобетонної стіни, монолітних залізобетонних пілонів

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проектування бюджетплану об'єкта, розробка технологічної карти на встановлення панорамного віконного блоку типового поверху розміром 6250x3000 мм

Складання локального кошторису на загальнобудівельні роботи. Заходи з охорони праці.

Наукова частина.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина виконується на стадії робочого проекту, включає: плани, фасади, розрізи, схеми елементів покриття, перекриття, покрівлі та фундаментів будівлі.

Розрахунково-конструктивна частина виконується на стадії робочого проекту, викреслюють основні несучі конструкції запроєктованої будівлі, розраховані у розділі 2.

Розділ "Технологія та організація будівництва" виконується на стадії робочого проекту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта.

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

| Розділ                                   | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--|---|----------------|------------------|
|  |   | завдання видав | завдання прийняв |
| 1. Архітектурно-будівельна частина       | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент               | 05.02.2025     | 14.10.2025       |
| 2. Розрахунково-конструктивна частина    | УЖЕГОВА О.А., к.т.н., доцент              | 05.02.2025     | 25.10.2025       |
| 3. Технологія та організація будівництва | ЧАПЮК О.С., к.т.н., доцент                | 05.02.2025     | 25.10.2025       |
| 4. Економічна частина                    | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент               | 05.02.2025     | 29.11.2025       |
| 5. Охорона праці                         | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент               | 05.02.2025     | 29.11.2025       |
| 6. Наукова частина                       | САМЧУК В.П., к.т.н., доцент               | 05.02.2025     | 29.11.2025       |

7. Дата видачі завдання "05" лютого 2025 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи  | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|--|-------------------------------|----------|
| 1     | Збір вихідних даних за темою роботи.<br>Виконання архітектурно-будівельної частини                           | 14.10.2025                    |          |
| 2     | Виконання розрахунково-конструктивного розділу.<br>Виконання розділу з технології та організації будівництва | 25.10.2025                    |          |
| 3     | Складання кошторису. Розробка розділу з охорони праці.<br>Виконання наукової частини                         | 29.11.2025                    |          |
| 4     | Подання виконаної кваліфікаційної роботи на інструментальну перевірку щодо академічного плагіату             | 04.12.2025                    |          |
| 5     | Подання виконаної роботи з відгуком керівника на підпис завідувачу кафедри, направлення на рецензію          | 12.12.2025                    |          |
| 6     | Подання виконаної роботи на підпис декану та відповідальному секретарю екзаменаційної комісії                | 12.12.2025                    |          |
| 7     | Захист кваліфікаційної роботи  | 18.12.2025, 20.12.2025        |          |

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

(підпис)

Владислав ДИНЬКО \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Володимир САМЧУК \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

## SUMMARY

The diploma thesis is based on the design of a five-story office building in the city of Lutsk. During the implementation of the diploma project, technical, architectural and construction, calculation and design, and research parts were developed, as well as sections on construction economics and labor protection.

The introduction aims to assess the relevance of multi-story office buildings in our time.

The first section examined the main architectural and structural solutions for the office building, building physics, and engineering networks, including sewage, hot and cold water, and electrical networks.

The second section contains calculations and justification for the choice of building structures, a detailed analysis of the calculation of pylons, floor slabs, and reinforced concrete monolithic walls.

The third section contains calculations of the scope of construction work and calculations for the subsequent selection of a construction crane. In addition, it includes calculations of construction vehicle requirements, the development of a general construction plan, and calculations and compilation of a construction schedule.

The fourth section includes the calculation of the local estimate for the construction project.

The fifth chapter examines the rationale for occupational safety, ensuring safe working conditions during the work process, personal protective equipment, and hazardous areas on a construction site during construction work.

The sixth chapter presents scientific research on the assessment of the fire resistance characteristics of reinforced concrete structures and their behavior under high temperatures.

## АНОТАЦІЇ

Виконана дипломна робота ґрунтується на проектуванні п'яти поверхової офісної будівлі у місті Луцьк по вулиці Набережній. Під час виконання дипломного проєкту було розроблено технічну, архітектурно-будівельну, розрахунково-конструктивну і науково дослідницьку частини, а також розроблені розділи з економіки будівництва та охорона праці.

Вступ націлений на оцінку актуальності багатопверхових офісних будівель у наш час.

При виконанні першого розділу було розглянуто основні архітектурно-конструктивні рішення офісної споруди, будівельна фізика та інженерні мережі з підведенням каналізації, гарячої, холодної води та електричних мереж.

Другий розділ містить розрахунок і обґрунтування вибору будівельних конструкцій, детальний аналіз розрахунку пілонів, плит перекриття, залізобетонних монолітних стін.

Третій розділ містить розрахунок обсягів будівельних робіт, розрахунок, з подальшим вибором, монтажного крану на будівництво. Окрім цього він включає в себе обрахунок потреб в будівельних транспортних засобах, розробку генерального плану будівництва, розрахунок та складання календарного плану будівельного процесу.

Четвертий розділ включає в себе розрахунок локального кошторису будівельного об'єкту.

В п'ятому розділі розглянуто обґрунтування актуальності охорони праці, забезпечення безпечних умов праці під час робочого процесу, засоби індивідуального захисту та небезпечні зони на будівельному майданчику під час виконання будівельних робіт.

У шостому розділі проведена науково дослідницька робота з оцінки вогнестійких характеристик залізобетонних конструкцій та їх поведінки під час дії високих температур.

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| РОЗДІЛ 1 .....   | 8  |
| Архітектурно-будівельна частина .....                                    | 8  |
| 1.1 Об'ємно-планувальне рішення .....                                    | 8  |
| 1.3 Інженерні мережі .....   | 10 |
| 1.4 Будівельна фізика .....  | 10 |
| 1.5 Техніко-економічні показники .....                                   | 12 |
| РОЗДІЛ 2 .....   | 13 |
| Розрахунково-конструктивна частина .....                                 | 13 |
| 2.1 Обґрунтування вибору конструкцій .....                               | 13 |
| 2.2 Збір навантажень .....   | 14 |
| 2.3 Розрахунок будівлі .....   | 17 |
| 2.4 Розрахунок плити перекриття Пм-1 .....                               | 25 |
| 2.5 Розрахунок залізобетонної монолітної стіни .....                     | 26 |
| 2.6 Розрахунок залізобетонних монолітних пілонів П-1-30-20, П-2-30-5 ... | 27 |
| РОЗДІЛ 3 .....   | 30 |
| Технологія та організація будівництва .....                              | 30 |
| 3.1 Визначення об'ємів робіт .....                                       | 30 |
| 3.2 Вибір монтажного крана .....   | 42 |
| 3.3 Визначення необхідності у транспортних засобах .....                 | 43 |
| 3.4 Складання календарного плану .....                                   | 43 |
| 3.5 Проектування бюджету об'єкта .....                                   | 44 |
| 3.5.1 Визначення потреби в інвентарних будинках .....                    | 44 |
| 3.5.2 Розрахунок площі складських приміщень і майданчиків .....          | 45 |
| 3.5.3 Розрахунок водопостачання будівельного майданчика .....            | 47 |
| 3.5.4 Розрахунок електропостачання будівельного майданчика .....         | 48 |
| 3.6 Технологічна карта .....   | 50 |
| Економіка будівництва .....  | 54 |
| РОЗДІЛ 5 .....   | 55 |
| Охорона праці .....  | 55 |
| РОЗДІЛ 6 .....   | 56 |

|                                   |           |
|-----------------------------------|-----------|
| Науково дослідницька частина..... | 56        |
| <b>ВИСНОВКИ.....</b>              | <b>61</b> |
| Література .....                  | 75        |
| Додатки.....                      | 77        |
| Додаток А .....                   | 78        |
| Додаток Б.....                    | 84        |

## ВСТУП

Хоча внаслідок COVID-19 та початок повномасштабної російської агресії проти України значна кількість працівників перейшла на дистанційну модель роботи, актуальність в офісних будівлях залишається високою.

Сучасні офісні будівлі забезпечують централізоване середовище для командної взаємодії, надають комфортні та функціональні простори, які не лише покращують умови робочого процесу, але й збільшують продуктивність робітників так компанії загалом.

Будівництво нових офісних будівель впливає на розбудову міської інфраструктури, що може включати в себе: розвиток транспортних шляхів, створення нових паркувальних місць, благоустрій прилеглих територій. Подібний ефект можна прослідкувати з колишнім готелем “Світязь”, в якому провели реконструкцію всієї будівлі і облагородили прилеглі території, внаслідок чого місто Луцьк стало ще кращим.

Залучаючи інвестиції, офісні будівлі впливають на економічний розвиток країни. Українські та іноземні компанії продовжують розширюватися або відкривати свої дочірні підприємства, що позитивно впливає на економічні процеси в країні внаслідок надходження податків до держбюджету.

Тому офісні будівлі все ще займають важливу роль у міській забудові і ще не скоро втратять

### Вихідні дані проекту

Опираючись на інженерно-геологічні характеристики, розу вітрів, район будівництва та з урахуванням нормативної літератури [1], що описує кліматичні умови місця розташування споруди, була спроектована п'ятиповерхова офісна будівля, яка відповідає поставленому завданню дипломного проекту.

Місто Луцьк Волинської області являє собою географічний пункт будівництва.

Волинська область згідно архітектурно-будівельного кліматичного районування є I (північного-західним) кліматичним районом України.

Місто Луцьк відповідно до карти районування територій України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву можна віднести до IV снігового району, що має не останнє значення при проектуванні конструктивних рішень. Зважаючи на ту ж карту районування територій України м. Луцьк за характеристичними знаменнями вітрового тиску можна віднести до IV вітрового району.

Середня температура повітря за січень становить від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-8^{\circ}\text{C}$ . За липень середня температура становить від  $18^{\circ}\text{C}$  до  $20^{\circ}\text{C}$ . Абсолютним мінімумом є температура від  $-37^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ , абсолютний максимум температури становить від  $37^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ . Річна кількість опадів - від 550 до 700мм. Відносна вологість у липні рівна від 63% до 75%. У січні середня швидкість вітру становить від 3 до 4 м/с. Глибиною промерзання ґрунту є 0.9м. Сейсмічна активність становить не більше ніж 6 балів. Взимку переважний напрям вітру - північно-західний, та західний - влітку [2].

Таблиця 1.1. Повторюваність напрямку вітру у Січні та Липні

| м. Луцьк | Повторюваність напрямку вітру, % |       |      |       |      |       |      |       |
|----------|----------------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|
|          | Пн                               | Пн-Сх | Сх   | Пд-Сх | Пд   | Пд-Зх | Зх   | Пн-Зх |
| Січень   | 4,6                              | 3,5   | 10,3 | 13,1  | 15,4 | 16,4  | 26,1 | 10,6  |
| Липень   | 12,6                             | 7,9   | 8,3  | 9,0   | 8,7  | 9,6   | 24,1 | 19,8  |

## РОЗДІЛ 1

### Архітектурно-будівельна частина

#### 1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Запроектована п'ятиповерхова офісна будівля в осях А-Ж та 1-10 становлять - 19,8м та 26,5м відповідно. Площа забудови споруди - 459,36м<sup>2</sup>. На першому поверсі розташовано декілька офісних кабінетів, хол, сходовою частина, торговий центр та жіночий і чоловічий санвузли. З другого по п'ятий поверхи розташовуються виключно офісні кабінети, санвузли із сходовою кліткою та коридор. Висота поверху становить три метри. Сходовою клітка знаходиться в ліфтовому холі розмір якого становить - 6300x5900мм. Запроектована ширина дверей та маршрути евакуації відповідають встановленим нормативним документам України.

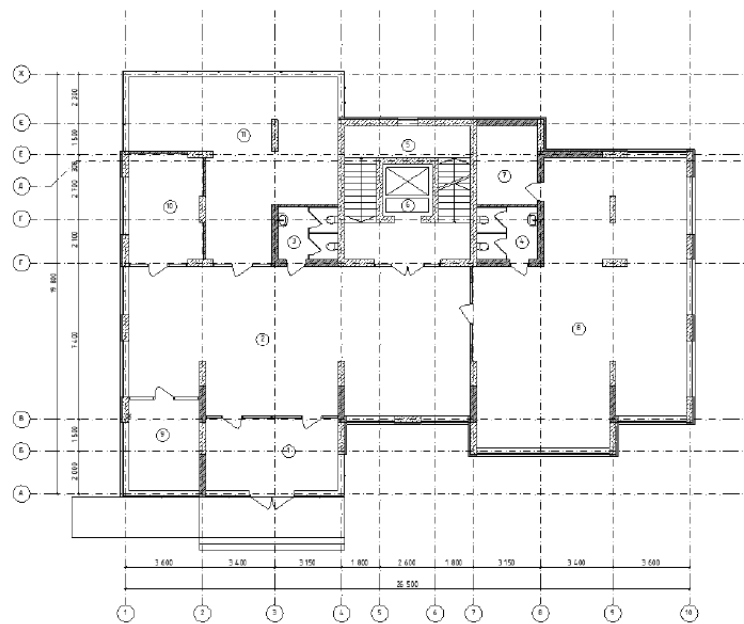


Рис.1 - Розміщення будівлі в осях А-Ж та 1-10.

#### 1.2 Архітектурно-конструктивні рішення

За конструктивну схему проектованої офісної будівлі було прийняте рішення вибрати монолітний залізобетонний каркас через його поширеність, міцність, надійність та довговічність. Залізобетонні монолітні конструкції по типу пілонів, плит перекриття за сходовою кліткою з шахтою ліфта забезпечують надійну та стійку просторову жорсткість проектованого об'єкту.

Газобетонні блоки товщиною 300мм були використані для влаштування зовнішніх стін через їх переваги до яких можна віднести: високу енергоефективність, довговічність та простоту обробки. Зовнішні стіни були утеплені шаром теплоізоляції товщиною в 100мм.

Запроектвані перегородки виконані із газобетонних блоків марки D500 та товщиною 100мм.

Частиною монолітної несучої конструкції споруди є пілони, які виконані із важкого бетону класу C20/25 та армовані повздовжніми стержнями арматурної сталі класу A400C в перерізах 1500x300 та 1200x300.

Запроектвані монолітні залізобетонні плити перекриття товщиною 200мм з використанням арматурної сталі класу A400C та бетону класу C16/20.

Фундамент - пальовий із армованим залізобетонним ростверком. Бетон класу C20/25, з використанням арматурної сталі класу A400C.

Сходова клітки виконана із монолітного залізобетону.

Споруда має плоский дах з ухилом, який не перевищує 8° з водовідведенням яке здійснюється в наслідок стікання дощових вод у водостічні воронки.

Металопластикові вікна та двері виготовляються за індивідуальним замовленням.



Рис. 2 – Вигляд проектованої будівлі.

### 1.3 Інженерні мережі

Підведення каналізації, гарячої та холодної води у проєктовану п'ятиповерхову офісну будівлю у м. Луцьк здійснюється від міської централізованої мережі каналізації та водопостачання. Передбачена система водовідведення з використанням систем очистки води.

По всій площі споруди є можливість монтажу теплої підлоги, система опалення підключена до централізованої системи опалення міста Луцьк.

Підведення електричних мереж здійснюється шляхом підключення до вже існуючих міських зовнішніх електромереж. Передбачається постачання електроенергії з використанням вогне- та водотривкої кабельної лінії електропередачі.

По всій площі споруди наявна загальна система освітлення, яка нормується згідно до вимог [3]. Напруга низьковольтної мережі повинна становити  $\sim 380/220\text{В}$ . Потужність зовнішнього електроосвітлення становить - 3.2 кВт, розрахункова потужність - 3.2 кВт. Коефіцієнт потужності становить  $Y=0.8$ .

Шляхом обміну повітря між внутрішнім та зовнішнім середовищем відбувається природна вентиляція. Можливе встановлення рекуператорів для рекупераційної системи вентиляції.

### 1.4 Будівельна фізика

В цьому розділі був виконаний теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни п'ятиповерхової офісної споруди у місті Луцьк.

Для виконання розрахунку було прийнято стіну з газобетонних блоків поштукатурену ззовні цементним розчином.

Табл. 1.2. Вихідні дані

| Номер шару | Товщина шару | Теплотехнічні характеристики для умов експлуатації |   |
|------------|--------------|--|---|
|            |              | $\gamma_0, \text{кг/м}^3$                          | $\lambda, \text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ |
| 1          | 0,3          | 500  | 0,23  |
| 2          | 0,1          | 35   | 0,046   |
| 3          | 0,02         | 1800   | 0,93  |

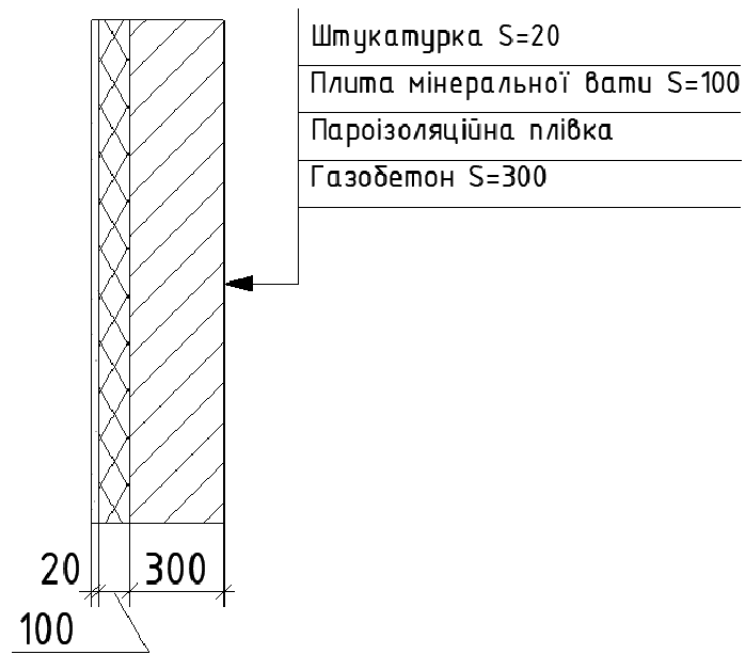


Рис.3 - Конструктив зовнішньої стіни.

Розрахунок термічного опору шарів:

$$R_1 = \frac{0,3}{0,23} = 1,304 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} - \text{газобетонний блок.}$$

$$R_2 = \frac{0,1}{0,046} = 2,173 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} - \text{утеплювач.}$$

$$R_3 = \frac{0,02}{0,93} = 0,22 \text{ м}^2 \text{ К/Вт} - \text{облицювання штукатуркою.}$$

Сумарний технічний опір непрозорої огорожувальної конструкції:

$$R_q = 0,015 + 1,0 + 2,173 + 0,022 + 0,044 = 3,4124 \text{ м}^2 \text{ К/Вт.}$$

Після розрахунку повинна виконуватись умова  $R_q \geq R_{qmin} = 3,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

При перевірці умови можна побачити, що вона виконується, звідси можна зробити висновок, що конструкція задовольняє норми проектування України.

### Теплотехнічний розрахунок перекриття

Мінімальне допустиме значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для суміщених покриттів відповідає -  $R_{q,min} = 6,02 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ .

Розрахунок термічних опор окремих шарів для перекриття:

$$R_1 = \frac{\delta_1}{\lambda_1} = \frac{0,02}{0,17} = 0,117 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{руберойд;}$$

$$R_2 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,02}{0,3} = 0,066 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{наливна суміш;}$$

$$R_3 = \frac{\delta_4}{\lambda_4} = \frac{0,01}{0,17} = 0,058 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{гідроізоляція;}$$

$$R_4 = \frac{\delta_5}{\lambda_5} = \frac{0,2}{0,035} = 5,71 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{утеплювач};$$

$$R_5 = \frac{\delta_2}{\lambda_2} = \frac{0,02}{0,93} = 0,215 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{вирівнююча стяжка};$$

$$R_6 = \frac{\delta_6}{\lambda_6} = \frac{0,2}{2,04} = 0,098 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} - \text{монолітна з/б плита покриття}.$$

Визначення термічного опору непрозорої термічно однорідної огорожувальної конструкції:

$$R_q = \frac{1}{\alpha_6} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_3} + 0,117 + 0,066 + 0,058 + 5,71 + 0,215 + 0,022 + 0,098 = 6,42 \text{ (м}^2 \cdot \text{К/Вт)},$$

де  $\alpha_6 = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \text{ }^\circ\text{С}$ ,  $\alpha_3 = 23 \text{ Вт/м}^2$ .

$$R_q \geq R_{q,min} = 6,02 \text{ м}^2\text{К/Вт}.$$

Перевірка виконання умови:

$$R_q = 6,42 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт} \geq R_{q,min} - \text{забезпечено виконання умови розрахунку},$$

продовжуємо обчислення.

### 1.5 Техніко-економічні показники

В таблиці 1.2 наведені техніко-економічні показники п'яти поверхової офісної споруди у місті Луцьк.

Таблиця 1.2. Техніко-економічні показники

| № | Найменування      | Одиниці виміру | Площа   |
|---|-------------------|----------------|---------|
| 1 | Будівельний об'єм | м <sup>2</sup> | 9187,2  |
| 2 | Площа ділянки     | м <sup>2</sup> | 1400    |
| 3 | Площа забудови    | м <sup>2</sup> | 459,36  |
| 4 | Загальна площа    | м <sup>2</sup> | 2409,42 |
| 5 | Корисна площа     | м <sup>2</sup> | 1724    |
| 6 | Висотність        | м              | 20      |
| 7 | Поверховість      | -              | 5       |

## РОЗДІЛ 2

### Розрахунково-конструктивна частина

#### 2.1 Обґрунтування вибору конструкцій

Враховуючи переваги з/б конструкцій вибір конструктивної системи каркасу впав саме на монолітний залізобетон. До складу залізобетонного монолітного каркасу входять:

- Пілони з перерізом 1500x300 мм та 1200x300 мм, виготовлені з бетону класу С20/25 та армовані робочою арматурною сталлю класу А400С Ø8-32;
- Сходові клітки з ліфтовою шахтою;

Завдяки такій конструктивній схемі споруда має такі переваги: висока надійність, довговічність та міцність, дешевизна, вогнетривкість, можливість формування будь-яких форм із бетону.

В якості плит перекриття використовуються монолітні з/б конструкції товщиною 200 мм, які заливаються по всьому периметру будівлі. При монтажі плит використовують бетон класу С16/20, з подальшим армуванням із використанням робочої арматурної сталі класу Ø10-16. Такий тип перекриття був підібраний по тій ж причині, що і конструктивна система споруди.

Для обчислення розрахунково-конструктивної частини був використаний програмний комплекс «САПФІР 3D» для побудови моделі споруди та задання кліматичних умов регіону, сейсмічної активності, та інш. Наступним етапом був експорт моделі в «ЛІРА-САПР», що являється частиною цього програмного комплексу, та з наступним виводом будівельних креслень в автоматизовану систему проектування AutoCAD.

Програмний комплекс «ЛІРА-САПР» широко використовується фахівцями у сфері будівництва для проектування та розрахунку конструкцій завдяки широкому спектру можливостей, до яких належать: моделювання, розрахунок, динамічний та статичний аналіз, конструювання, формування креслень та документації, застосування методів скінчених елементів, моделювання нелінійності та проектування конструкцій, завдяки чому фахівець проєктант може виконувати розрахунки будівель чи споруд.

## 2.2 Збір навантажень

До навантажень які діють на конструктив споруди можна віднести: вітрове та снігове, власна вага конструкцій та вага покриття включно вагою покриття, постійне та квазіпостійне.

Таблиця 2.1. Збір навантаження на покриття першого поверху

| №                      | Найменування навантаження  | Нормативне експлуатаційне навантаження $k l a$ | Коефіцієнт $\gamma_{fm}$ | Розрахункове граничне навантаження $k l a$ |
|------------------------|--|--|--------------------------|--|
| Постійне навантаження: |  |  |                          |  |
| 1                      | Кварц вініл $\delta=5$ мм,<br>$\rho_m=2100$ кг/м <sup>3</sup>            | 0,1  | 1,3                      | 0,13                                       |
| 2                      | Наливна суміш ,<br>$\delta=5$ мм,<br>$\rho_m= 1800$ кг/м <sup>3</sup>    | 0,09   | 1.2                      | 0,108                                      |
| 3                      | Вирівнююча стяжка $\delta= 20$ мм,<br>$\rho_m=1800$ кг/м <sup>3</sup>    | 0,360  | 1,3                      | 0,468                                      |
| 4                      | Теплоізоляція,<br>$\delta=60$ мм,<br>$\rho_m= 800$ кг/м <sup>3</sup>     | 0,48   | 1,2                      | 0,576                                      |
| 5                      | Залізобетонна плита, $\delta=200$ мм,<br>$\rho_m=2500$ кг/м <sup>3</sup> | 5  | 1,1                      | 5,5  |
|                        | Всього:  | 6,03   |                          | 6,782                                      |
| Змінне навантаження    |  | 4  | 1,2                      | 4,8  |
| Постійне навантаження  |  | 10,03  |                          | 11,582                                     |

Опираючись на діючі норми проєктування [2] та відповідно до таблиці 6.2 ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження та впливи», можна зазначити, що для торгового залу змінне навантаження має становити не менше ніж 400 кгс/м<sup>2</sup> (4,0 кПа). Квазіпостійні навантаження відповідно до актуального ДБН становлять не менше ніж 170 кгс/м<sup>2</sup> (1,7 кПа).

Таблиця 2.2. Збір навантаження на перекриття другого поверху

| №                      | Найменування навантаження  | Нормативне експлуатаційне навантаження кПа | Коефіцієнт $\gamma_{fn}$ | Розрахункове граничне навантаження кПа |
|------------------------|--|--|--------------------------|--|
| Постійне навантаження: |  |  |                          |  |
| 1                      | Кварц вініл $\delta=5$ мм,<br>$\rho_m=2100$ кг/м <sup>3</sup>            | 0,1  | 1,3                      | 0,13                                   |
| 2                      | Наливна суміш ,<br>$\delta=5$ мм,<br>$\rho_m= 1800$ кг/м <sup>3</sup>    | 0,09                                       | 1,2                      | 0,108                                  |
| 3                      | Вирівнююча стяжка, $\delta=20$ мм,<br>$\rho_m=1800$ кг/м <sup>3</sup>    | 0,360                                      | 1,3                      | 0,468                                  |
| 4                      | Акустична вата,<br>$\delta=50$ мм,<br>$\rho_m= 120$ кг/м <sup>3</sup>    | 0,06                                       | 1,1                      | 0,066                                  |
| 5                      | Залізобетонна плита, $\delta=200$ мм,<br>$\rho_m=2500$ кг/м <sup>3</sup> | 5  | 1,1                      | 5,5                                    |
|                        | Всього:  | 5,61                                       |                          | 6,272                                  |
| Змінне навантаження    |  | 2  | 1,2                      | 2,4                                    |
| Постійне навантаження  |  | 7,61                                       |                          | 8,672                                  |

Опираючись на діючі норми проєктування [2] і відповідно до таблиці 6.2 ДБН В.1.2-2:2006 “Навантаження та впливи” можна побачити, що для комерційних приміщень змінне навантаження становить  $200$  кгс/м<sup>2</sup> (2 кПа). Відповідно до тієї ж таблиці значення квазіпостійного навантаження  $85$  кгс/м<sup>2</sup> (0,85 кПа).

Таблиця 2.3. Збір навантаження на перекриття даху

| №                      | Найменування навантаження  | Нормативне експлуатаційне навантаження кПа | Коефіцієнт $\gamma_{fm}$ | Розрахункове граничне навантаження кПа |
|------------------------|--|--|--------------------------|--|
| Постійне навантаження: |  |  |                          |  |
| 1                      | Євроруберойд,<br>$\delta=20\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=900\text{кг/м}^3$       | 0,18                                       | 1,3                      | 0,234                                  |
| 2                      | Наливна суміш,<br>$\delta=20\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=1800\text{кг/м}^3$     | 0,353                                      | 1,2                      | 0,424                                  |
| 3                      | Теплоізоляція,<br>$\delta=50\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=800\text{кг/м}^3$      | 0,313                                      | 1,3                      | 0,406                                  |
| 4                      | Гідроізоляція, $\delta=10\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=1000\text{кг/м}^3$        | 0,098                                      | 1,2                      | 0,117                                  |
| 5                      | Вирівнююча стяжка, $\delta=20\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=1800\text{кг/м}^3$    | 0,353                                      | 1,3                      | 0,424                                  |
| 6                      | Залізобетонна плита, $\delta=200\text{мм}$ ,<br>$\rho_m=2500\text{кг/м}^3$ | 5  | 1,1                      | 5,5                                    |
|                        | Всього:  | 6,298                                      |                          | 7,105                                  |
| Снігове навантаження   |  | 1,240                                      | 1,2                      | 1,488                                  |
| Постійне навантаження  |  | 7,538                                      |                          | 8,593                                  |

Відповідно до діючих норм проектування [2] снігове навантаження для міста Луцьк становить - 1240 кПа.

Згідно діючих норм проектування [2] вітрове навантаження становить - 480 кПа.

### 2.3 Розрахунок будівлі

Першим етапом розрахунку офісної будівлі у місті Луцьк є побудова просторової 3D моделі споруди за допомогою програмного комплексу «САПФІР 3D».



Рисунок 2.1 - Просторова модель офісної будівлі

Програмний комплекс «САПФІР 3D» запрограмований таким чином, що при побудові просторової моделі споруди автоматично формується й аналітична модель. Після прикладання навантаження до моделі перетворюємо її на конструктивну і експортуємо в «ЛІРА-САПР», що є невід'ємною частиною програмного комплексу.

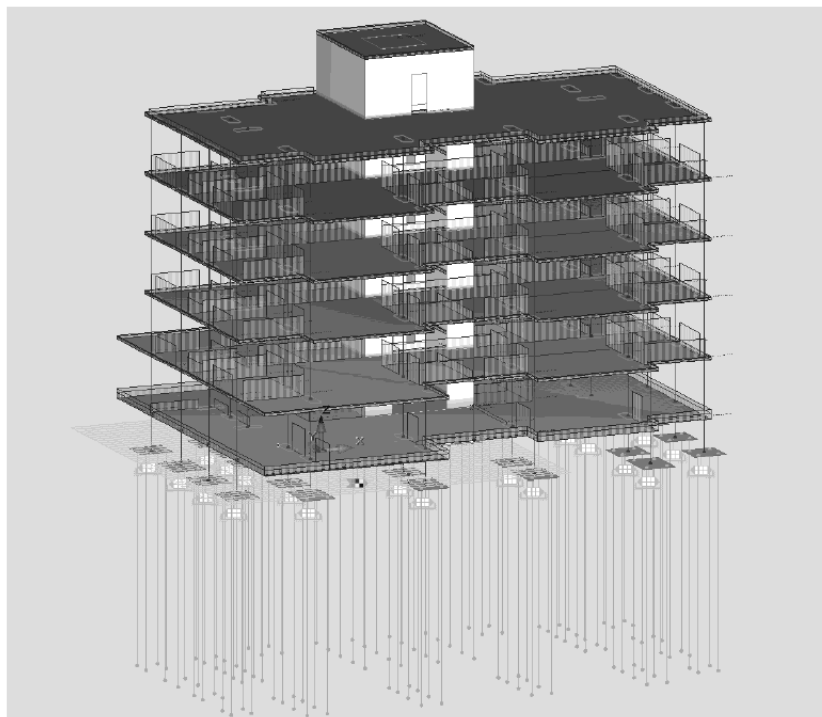


Рисунок 2.2 - Вигляд аналітичної моделі будівлі

Наступним етапом проводимо «упаковку схеми» за допомогою однойменної функції, щоб уникнути непередбачуваних проблем з вузлами. Провіряємо дані в таблицях РСЗ та РСН. Обов'язково перевіряємо жорсткості елементів, прикладені навантаження та в'язі.

Розрахувавши конструктивну частину споруди проводимо аналіз деформацій, напружень та зусиль в елементах.

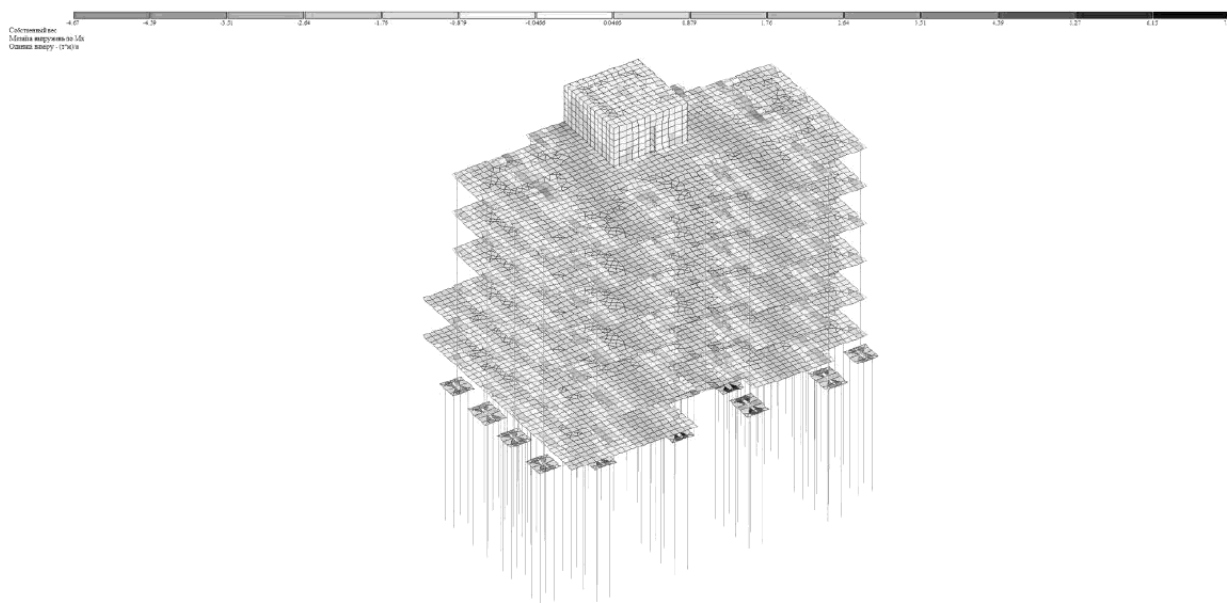


Рисунок 2.3 - Мозаїка напружень будівлі по  $M_x$

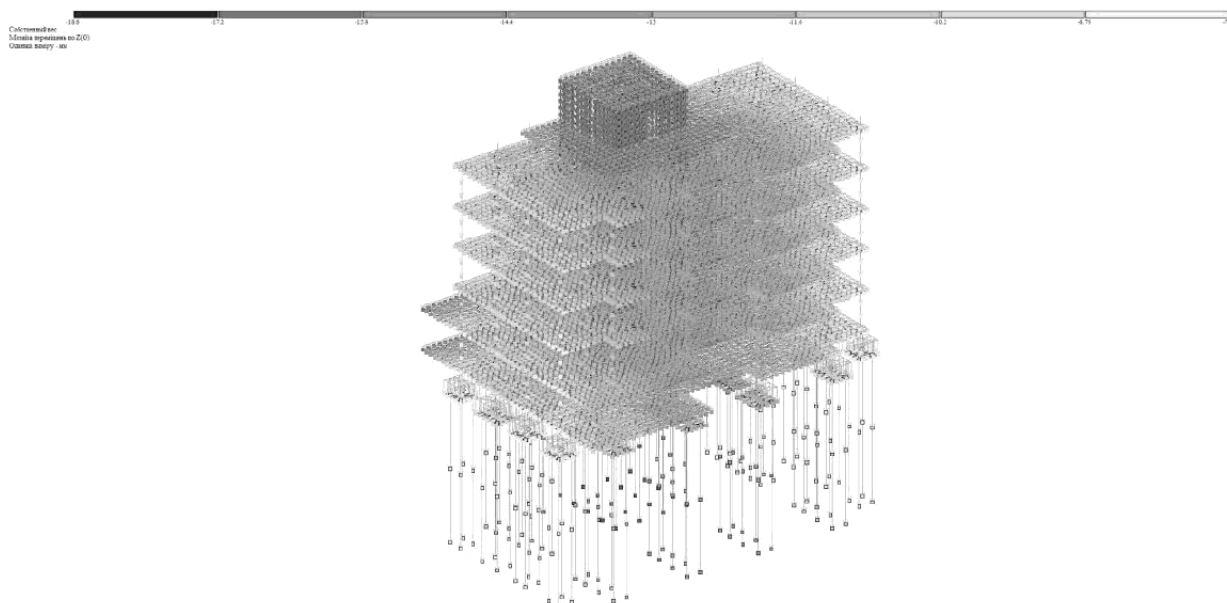
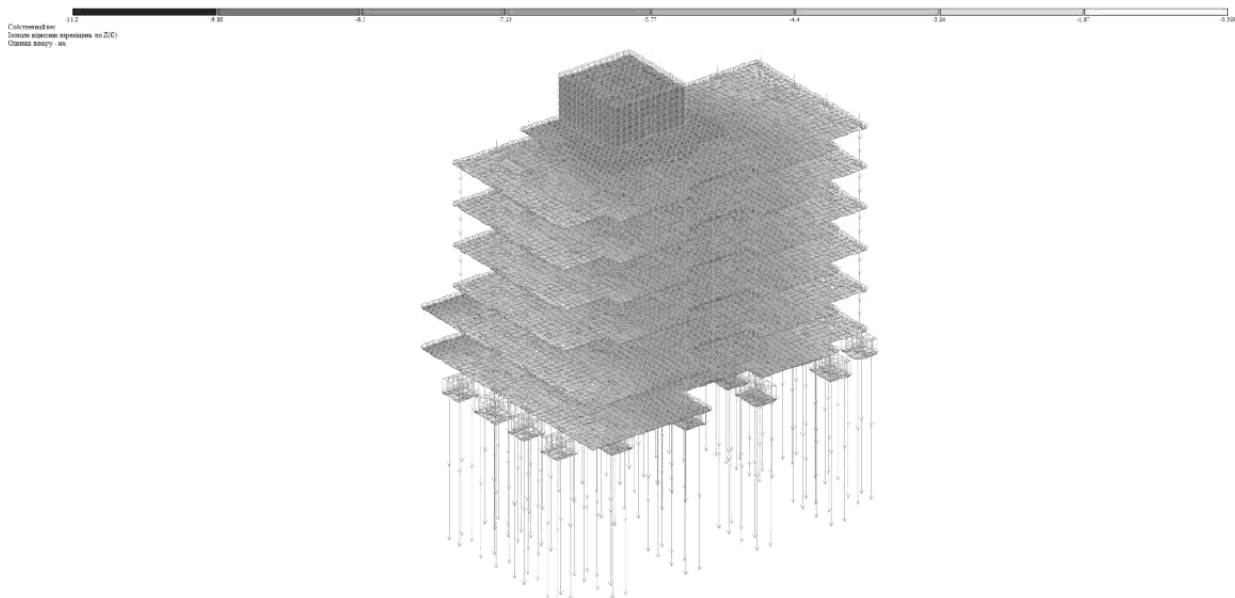


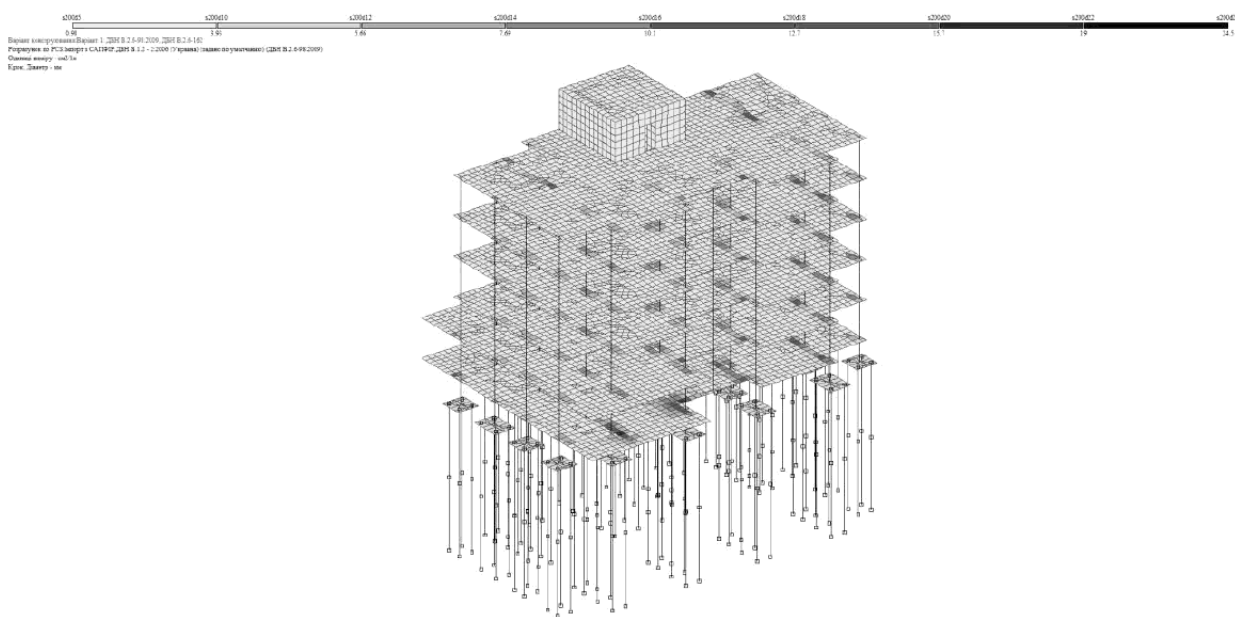
Рисунок 2.4 - Мозаїка переміщень будівлі по  $Z$



$Y \begin{matrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} X$

Рисунок 2.5 - Ізополя переміщень будівлі по Z

Армування відбувається за допомогою вкладки «залізобетон», яка має можливість розрахунку і підбору арматурної сталі в пластинах із подальшим експортом в «САПФІР-3D» з проведенням уніфікації елементів та побудовою робочих креслень.



$Y \begin{matrix} \uparrow \\ \downarrow \\ \rightarrow \\ \leftarrow \end{matrix} X$

Повний перелік параметрів на даній осі X, бачити можна у вкладці «Візуалізація»

Рисунок 2.6 - Верхня арматура в пластинах по осі X

Програмний комплекс має широкий спектр можливостей для формування робочої документації як за допомогою стандартних таблиць, так і інтерактивних, у яких можна налаштувати необхідні дані для виведення у таблицю.

Переформатовавши модель в конструктивну призначаємо потрібні матеріали і жорсткості до моделі та починаємо виконувати розрахунок необхідних для проєкту нам конструкцій.

Наступним кроком проводимо розрахунок плити перекриття першого поверху - Пм-1, пілонів та з/б стін. Всі розрахунки проводжу з урахуванням граничних станів першої та другої групи.

Таблиця 2.1. Фрагмент розрахунку конструкцій будівлі (РСЗ - пластини)

| № елем | № стовпця | Група РСЗ | Критерій | Зусилля (напруження) |           |            |        |        |         |          |          | №№ завант   |             |
|--------|-----------|-----------|----------|----------------------|-----------|------------|--------|--------|---------|----------|----------|-------------|-------------|
|        |           |           |          | Nx (т/м2)            | Ny (т/м2) | Txy (т/м2) | Mx (т) | My (т) | Mxy (т) | Qx (т/м) | Qy (т/м) |             |             |
| 1169   | 3         | C1        | 3        | 0,779                | -1,662    | 0,103      | 0,026  | -0,585 | -0,049  | 6,013    | 7,620    | 1 5 6       |             |
| 1169   | 3         | C1        | 6        | 0,641                | -1,237    | 0,122      | 0,297  | -1,170 | -0,033  | 14,109   | 17,184   | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1171   | 1         | A1        | 1        | 0,155                | 0,186     | 0,783      | 9,909  | 1,697  | -0,925  | -        | 67,612   | 12,189      | 1 3         |
| 1171   | 1         | A1        | 9        | 0,500                | 0,138     | 0,719      | 7,517  | 1,273  | -0,688  | -        | 51,471   | 9,166       | 1 4         |
| 1171   | 2         | A1        | 16       | 0,102                | 0,106     | 0,450      | 13,409 | 2,309  | -1,258  | -        | 91,380   | 16,576      | 1 2 3 4     |
| 1171   | 2         | B1        | 1        | -0,015               | 0,139     | 0,537      | 13,482 | 2,332  | -1,266  | -        | 91,217   | 16,854      | 1 2 3 4 5   |
| 1171   | 3         | C1        | 1        | -0,601               | 0,292     | 0,938      | 11,057 | 1,969  | -1,049  | -        | 71,151   | 14,827      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1172   | 1         | A1        | 1        | -0,034               | -0,169    | -0,010     | 0,606  | -1,281 | -0,001  | -0,099   | 64,958   | 1 3         |             |
| 1172   | 2         | A1        | 4        | -0,019               | -0,096    | -0,022     | 0,814  | -1,739 | -0,002  | -0,141   | 87,524   | 1 2 3 4     |             |
| 1172   | 2         | B1        | 1        | -0,023               | -0,117    | -0,069     | 0,808  | -1,741 | -0,007  | -0,255   | 87,099   | 1 2 3 4 5   |             |
| 1172   | 2         | B1        | 12       | -0,034               | -0,172    | -0,085     | 0,712  | -1,535 | -0,007  | -0,251   | 76,698   | 1 2 3 5     |             |
| 1172   | 3         | C1        | 1        | -0,042               | -0,210    | -0,305     | 0,603  | -1,396 | -0,031  | -0,856   | 66,263   | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1172   | 3         | C1        | 12       | -0,051               | -0,257    | -0,319     | 0,521  | -1,223 | -0,032  | -0,853   | 57,504   | 1 2 3 5 6   |             |
| 1174   | 1         | A1        | 1        | 0,013                | 0,002     | 1,537      | 11,667 | 2,185  | -0,835  | -        | 67,248   | 36,501      | 1 3         |
| 1174   | 1         | A1        | 9        | 0,399                | 0,080     | 1,348      | 8,864  | 1,651  | -0,626  | -        | 51,790   | 27,806      | 1 4         |
| 1174   | 2         | A1        | 16       | 0,020                | 0,004     | 0,886      | 15,780 | 2,959  | -1,133  | -        | 90,620   | 49,328      | 1 2 3 4     |
| 1174   | 2         | B1        | 1        | -0,125               | -0,025    | 1,087      | 15,847 | 2,978  | -1,137  | -        | 90,138   | 49,254      | 1 2 3 4 5   |
| 1174   | 3         | C1        | 1        | -0,841               | -0,168    | 2,011      | 12,893 | 2,460  | -0,926  | -        | 68,321   | 38,486      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1175   | 1         | A1        | 1        | -0,345               | 0,903     | 0,001      | 0,310  | -1,237 | -0,052  | -        | 14,838   | 19,958      | 1 3         |
| 1175   | 2         | A1        | 6        | -0,196               | 0,516     | 0,002      | 0,433  | -1,664 | -0,073  | -        | 20,074   | 26,917      | 1 2 3 4     |
| 1175   | 1         | A1        | 10       | -0,378               | 1,072     | 0,024      | 0,167  | -0,741 | -0,026  | -        | 8,764    | 11,801      | 1           |
| 1175   | 2         | B1        | 1        | -0,265               | 0,647     | -0,012     | 0,454  | -1,660 | -0,067  | -        | 20,228   | 27,151      | 1 2 3 4 5   |

|      |   |    |    |        |        |        |        |        |        |        |        |        |             |             |
|------|---|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| 1175 | 2 | B1 | 10 | -0,447 | 1,204  | 0,011  | 0,188  | -0,737 | -0,019 | -8,918 | -      | 12,034 | 15          |             |
| 1175 | 3 | C1 | 1  | -0,585 | 1,253  | -0,076 | 0,469  | -1,293 | -0,017 | -      | 16,819 | -      | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1175 | 3 | C1 | 10 | -0,730 | 1,677  | -0,063 | 0,282  | -0,644 | 0,016  | -8,862 | -      | 12,238 | 15 6        |             |
| 1176 | 1 | A1 | 1  | -1,104 | 0,847  | 0,750  | 9,268  | 1,379  | 1,942  | 9,068  | -      | 34,665 | 13          |             |
| 1176 | 2 | A1 | 9  | -0,643 | 0,493  | 0,419  | 12,486 | 1,847  | 2,613  | 12,417 | -      | 46,678 | 1 2 3 4     |             |
| 1176 | 2 | B1 | 1  | -0,831 | 0,616  | 0,478  | 12,502 | 1,843  | 2,608  | 12,788 | -      | 46,842 | 1 2 3 4 5   |             |
| 1176 | 2 | B1 | 10 | -1,212 | 0,891  | 0,708  | 11,025 | 1,624  | 2,298  | 11,325 | -      | 41,326 | 1 2 3 5     |             |
| 1176 | 3 | C1 | 1  | -1,710 | 1,185  | 0,743  | 9,945  | 1,423  | 2,025  | 12,240 | -      | 37,822 | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1176 | 3 | C1 | 10 | -2,031 | 1,417  | 0,937  | 8,700  | 1,239  | 1,764  | 11,008 | -      | 33,177 | 1 2 3 5 6   |             |
| 1177 | 1 | A1 | 1  | -0,033 | -0,007 | 1,537  | 11,551 | 2,117  | 0,745  | -      | 67,950 | 35,235 | 13          |             |
| 1177 | 2 | A1 | 9  | -0,072 | -0,014 | 0,886  | 15,599 | 2,853  | 0,993  | -      | 91,714 | 47,347 | 1 2 3 4     |             |
| 1177 | 1 | A1 | 11 | 0,386  | 0,077  | 1,348  | 8,819  | 1,624  | 0,590  | -      | 52,077 | 27,307 | 14          |             |
| 1177 | 2 | B1 | 1  | -0,296 | -0,059 | 1,087  | 15,648 | 2,861  | 0,984  | -      | 91,339 | 47,072 | 1 2 3 4 5   |             |
| 1177 | 3 | C1 | 1  | -1,421 | -0,284 | 2,011  | 12,620 | 2,299  | 0,717  | -      | 69,946 | 35,521 | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1179 | 2 | A1 | 2  | 0,309  | -0,227 | -0,078 | -1,699 | -3,420 | -0,991 | 25,895 | -      | -8,006 | 1 2 3 4     |             |
| 1179 | 1 | A1 | 3  | 0,540  | -0,399 | -0,138 | -1,265 | -2,543 | -0,733 | 19,315 | -      | -5,936 | 13          |             |
| 1179 | 1 | A1 | 9  | 0,592  | -0,450 | -0,160 | -0,761 | -1,528 | -0,431 | 11,664 | -      | -3,546 | 1           |             |
| 1179 | 2 | B1 | 3  | 0,418  | -0,299 | -0,099 | -1,704 | -3,432 | -0,995 | 26,001 | -      | -8,040 | 1 2 3 4 5   |             |
| 1179 | 2 | B1 | 9  | 0,700  | -0,522 | -0,182 | -0,766 | -1,540 | -0,435 | 11,769 | -      | -3,580 | 15          |             |
| 1179 | 3 | C1 | 2  | 0,868  | -0,593 | -0,187 | -1,378 | -2,772 | -0,809 | 21,159 | -      | -6,511 | 1 2 3 4 6   |             |
| 1179 | 3 | C1 | 3  | 0,928  | -0,633 | -0,199 | -1,381 | -2,779 | -0,811 | 21,217 | -      | -6,530 | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1179 | 3 | C1 | 9  | 1,152  | -0,808 | -0,263 | -0,721 | -1,447 | -0,417 | 11,206 | -      | -3,391 | 15 6        |             |
| 1180 | 1 | A1 | 1  | -0,174 | -0,184 | 0,784  | 9,799  | 1,651  | 0,802  | -      | 64,629 | -      | 12,700      | 13          |
| 1180 | 1 | A1 | 9  | 0,237  | -0,189 | 0,657  | 7,473  | 1,251  | 0,640  | -      | 50,257 | -      | -9,345      | 14          |
| 1180 | 2 | A1 | 16 | -0,151 | -0,102 | 0,454  | 13,237 | 2,239  | 1,065  | -      | 86,734 | -      | 17,388      | 1 2 3 4     |
| 1180 | 2 | B1 | 1  | -0,379 | -0,111 | 0,570  | 13,293 | 2,257  | 1,053  | -      | 86,114 | -      | 17,758      | 1 2 3 4 5   |
| 1180 | 3 | C1 | 1  | -1,518 | -0,156 | 1,108  | 10,799 | 1,876  | 0,756  | -      | 64,295 | -      | 16,119      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1182 | 1 | A1 | 1  | 0,342  | -0,900 | 0,003  | 0,416  | -1,170 | -0,011 | -      | 15,017 | -      | 18,765      | 13          |
| 1182 | 2 | A1 | 7  | 0,188  | -0,510 | 0,006  | 0,599  | -1,558 | -0,026 | -      | 20,362 | -      | 25,063      | 1 2 3 4     |
| 1182 | 1 | A1 | 9  | 0,469  | -1,134 | -0,024 | 0,187  | -0,731 | 0,015  | -      | 8,782  | -      | 11,540      | 1           |
| 1182 | 2 | B1 | 1  | 0,195  | -0,598 | 0,025  | 0,638  | -1,543 | -0,044 | -      | 20,552 | -      | 25,118      | 1 2 3 4 5   |

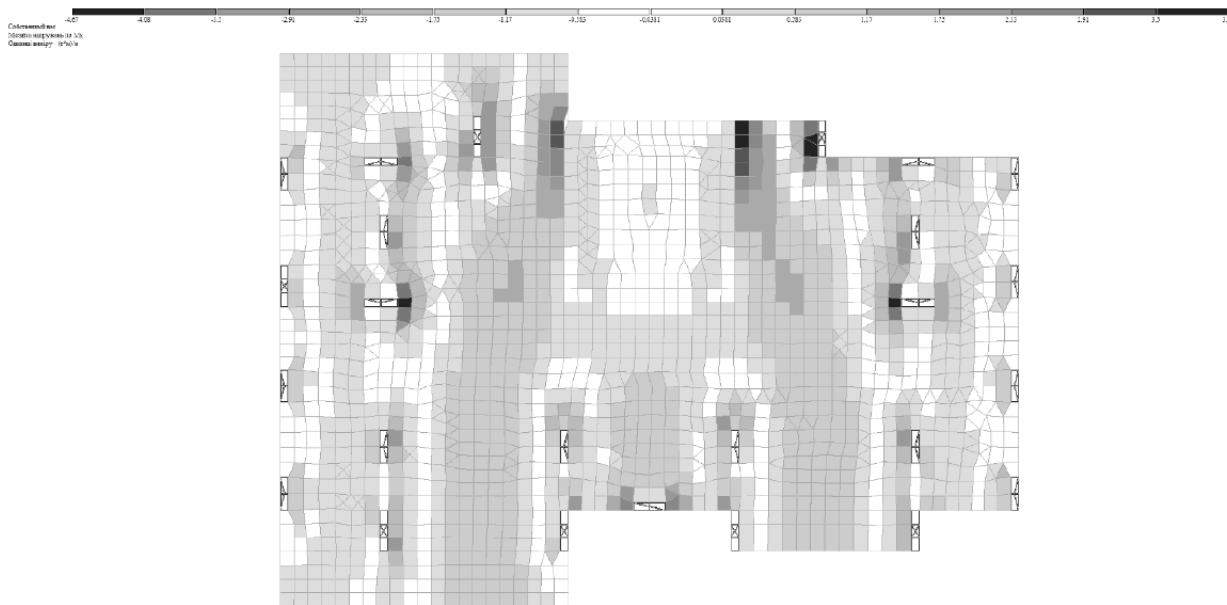
|      |   |    |    |        |        |        |        |        |        |        |        |             |             |
|------|---|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------------|
| 1182 | 2 | B1 | 9  | 0,476  | -1,223 | -0,005 | 0,226  | -0,715 | -0,002 | -8,972 | 11,594 | 15          |             |
| 1182 | 3 | C1 | 1  | 0,276  | -1,000 | 0,123  | 0,723  | -1,128 | -0,137 | -      | 17,298 | 20,144      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1182 | 3 | C1 | 9  | 0,480  | -1,466 | 0,104  | 0,434  | -0,544 | -0,109 | -9,154 | 10,619 | 15 6        |             |
| 1183 | 1 | A1 | 2  | -0,535 | 0,396  | -0,137 | -1,214 | -2,538 | 0,699  | 18,804 | 6,115  | 13          |             |
| 1183 | 2 | A1 | 3  | -0,296 | 0,219  | -0,076 | -1,619 | -3,411 | 0,938  | 25,091 | 8,282  | 1 2 3 4     |             |
| 1183 | 1 | A1 | 10 | -0,728 | 0,530  | -0,180 | -0,750 | -1,528 | 0,425  | 11,570 | 3,590  | 1           |             |
| 1183 | 2 | B1 | 2  | -0,312 | 0,237  | -0,084 | -1,616 | -3,421 | 0,937  | 25,112 | 8,341  | 1 2 3 4 5   |             |
| 1183 | 2 | B1 | 10 | -0,744 | 0,548  | -0,188 | -0,748 | -1,538 | 0,424  | 11,591 | 3,649  | 15          |             |
| 1183 | 3 | C1 | 2  | -0,431 | 0,330  | -0,123 | -1,260 | -2,764 | 0,731  | 19,994 | 6,926  | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1183 | 3 | C1 | 10 | -0,745 | 0,557  | -0,200 | -0,648 | -1,439 | 0,369  | 10,474 | 3,626  | 15 6        |             |
| 1184 | 1 | A1 | 2  | 1,019  | -0,762 | 0,265  | -1,104 | -2,280 | 0,653  | -      | 18,026 | -4,635      | 13          |
| 1184 | 2 | A1 | 6  | 1,170  | -0,880 | 0,308  | -1,492 | -3,070 | 0,891  | -      | 24,269 | -6,238      | 1 2 3 4     |
| 1184 | 2 | B1 | 2  | 1,173  | -0,893 | 0,317  | -1,493 | -3,054 | 0,890  | -      | 24,202 | -6,177      | 1 2 3 4 5   |
| 1184 | 2 | B1 | 9  | 1,235  | -0,930 | 0,326  | -1,316 | -2,690 | 0,782  | -      | 21,347 | -5,433      | 1 2 3 5     |
| 1184 | 3 | C1 | 2  | 0,961  | -0,794 | 0,308  | -1,198 | -2,338 | 0,704  | -      | 18,903 | -4,544      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1184 | 3 | C1 | 9  | 1,013  | -0,825 | 0,316  | -1,049 | -2,031 | 0,613  | -      | 16,498 | -3,918      | 1 2 3 5 6   |
| 1186 | 2 | A1 | 1  | -0,793 | 2,144  | 0,055  | 0,121  | -1,739 | 0,178  | 16,575 | -      | 26,159      | 1 2 3 4     |
| 1186 | 1 | A1 | 2  | -0,689 | 1,843  | 0,053  | 0,096  | -1,280 | 0,119  | 12,279 | -      | 19,260      | 13          |
| 1186 | 2 | A1 | 4  | -0,833 | 2,191  | 0,073  | 0,110  | -1,528 | 0,152  | 14,603 | -      | 23,061      | 1 2 3       |
| 1186 | 2 | B1 | 2  | -0,796 | 2,229  | 0,035  | 0,077  | -1,755 | 0,197  | 16,333 | -      | 25,988      | 1 2 3 4 5   |
| 1186 | 2 | B1 | 10 | -0,836 | 2,276  | 0,054  | 0,066  | -1,543 | 0,171  | 14,361 | -      | 22,889      | 1 2 3 5     |
| 1186 | 3 | C1 | 2  | -0,662 | 2,302  | -0,092 | -0,204 | -1,490 | 0,270  | 11,531 | -      | 19,639      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1186 | 3 | C1 | 3  | -0,396 | 1,617  | -0,119 | -0,242 | -0,795 | 0,180  | 5,026  | -      | -9,104      | 15 6        |
| 1186 | 3 | C1 | 10 | -0,696 | 2,342  | -0,076 | -0,213 | -1,312 | 0,248  | 9,871  | -      | 17,030      | 1 2 3 5 6   |
| 1187 | 2 | A1 | 1  | 0,805  | 0,493  | -2,040 | 13,071 | 2,273  | 1,283  | 93,493 | 12,284 | 1 2 3 4     |             |
| 1187 | 1 | A1 | 5  | 0,629  | 0,426  | -1,740 | 9,634  | 1,666  | 0,926  | 68,578 | 9,137  | 13          |             |
| 1187 | 2 | A1 | 10 | 0,624  | 0,510  | -2,043 | 11,497 | 1,998  | 1,124  | 81,999 | 10,865 | 1 2 3       |             |
| 1187 | 2 | B1 | 5  | 1,086  | 0,506  | -2,172 | 12,984 | 2,246  | 1,292  | 94,121 | 11,791 | 1 2 3 4 5   |             |
| 1187 | 2 | B1 | 11 | 0,906  | 0,522  | -2,176 | 11,410 | 1,972  | 1,133  | 82,627 | 10,372 | 1 2 3 5     |             |
| 1187 | 3 | C1 | 5  | 2,588  | 0,483  | -2,543 | 9,790  | 1,621  | 1,078  | 78,548 | 6,394  | 1 2 3 4 5 6 |             |
| 1187 | 3 | C1 | 6  | 2,446  | 0,322  | -1,915 | 4,580  | 0,697  | 0,530  | 40,884 | 1,597  | 15 6        |             |

|      |   |    |    |       |        |        |        |        |        |        |        |             |
|------|---|----|----|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| 1187 | 3 | C1 | 11 | 2,436 | 0,497  | -2,547 | 8,465  | 1,390  | 0,944  | 68,869 | 5,199  | 1 2 3 5 6   |
| 1189 | 2 | A1 | 1  | 0,476 | 0,095  | -3,799 | 15,453 | 2,963  | 1,159  | 87,427 | -      | 1 2 3 4     |
| 1189 | 1 | A1 | 5  | 0,343 | 0,069  | -3,256 | 11,394 | 2,176  | 0,841  | 64,801 | -      | 1 3         |
| 1189 | 2 | A1 | 10 | 0,280 | 0,056  | -3,840 | 13,589 | 2,605  | 1,016  | 76,726 | -      | 1 2 3       |
| 1189 | 2 | B1 | 5  | 0,756 | 0,151  | -4,006 | 15,373 | 2,947  | 1,167  | 87,881 | -      | 1 2 3 4 5   |
| 1189 | 3 | C1 | 1  | 2,156 | 0,431  | -4,349 | 11,777 | 2,255  | 0,966  | 72,430 | -      | 1 2 3 4 6   |
| 1189 | 3 | C1 | 5  | 2,312 | 0,462  | -4,464 | 11,732 | 2,247  | 0,970  | 72,682 | -      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1190 | 2 | A1 | 1  | 2,731 | -2,098 | -1,826 | 12,670 | 2,162  | 2,702  | -8,248 | 50,929 | 1 2 3 4     |
| 1190 | 1 | A1 | 6  | 2,322 | -1,797 | -1,570 | 9,310  | 1,561  | 1,982  | -6,243 | 37,301 | 1 3         |
| 1190 | 2 | B1 | 6  | 2,940 | -2,221 | -1,888 | 12,626 | 2,156  | 2,703  | -7,801 | 50,599 | 1 2 3 4 5   |
| 1190 | 2 | B1 | 8  | 2,920 | -2,237 | -1,935 | 11,092 | 1,891  | 2,373  | -6,896 | 44,454 | 1 2 3 5     |
| 1190 | 3 | C1 | 1  | 3,507 | -2,463 | -1,857 | 9,788  | 1,672  | 2,150  | -3,779 | 38,351 | 1 2 3 4 6   |
| 1190 | 3 | C1 | 6  | 3,623 | -2,531 | -1,892 | 9,764  | 1,669  | 2,150  | -3,530 | 38,167 | 1 2 3 4 5 6 |
| 1190 | 3 | C1 | 8  | 3,605 | -2,545 | -1,931 | 8,472  | 1,446  | 1,873  | -2,768 | 32,993 | 1 2 3 5 6   |
| 1191 | 2 | A1 | 1  | 0,605 | 0,121  | -3,685 | 15,203 | 2,750  | -0,920 | 90,045 | 45,615 | 1 2 3 4     |
| 1191 | 1 | A1 | 5  | 0,416 | 0,083  | -3,158 | 11,258 | 2,047  | -0,700 | 66,429 | 34,018 | 1 3         |
| 1191 | 2 | A1 | 10 | 0,388 | 0,078  | -3,725 | 13,376 | 2,422  | -0,811 | 78,985 | 40,085 | 1 2 3       |
| 1191 | 2 | B1 | 5  | 0,893 | 0,179  | -3,885 | 15,112 | 2,727  | -0,918 | 90,573 | 45,740 | 1 2 3 4 5   |
| 1191 | 2 | B1 | 12 | 0,676 | 0,135  | -3,925 | 13,285 | 2,399  | -0,809 | 79,514 | 40,211 | 1 2 3 5     |
| 1191 | 3 | C1 | 5  | 2,445 | 0,489  | -4,329 | 11,469 | 2,035  | -0,723 | 75,206 | 37,224 | 1 2 3 4 5 6 |
| 1191 | 3 | C1 | 12 | 2,263 | 0,453  | -4,363 | 9,931  | 1,759  | -0,631 | 65,893 | 32,568 | 1 2 3 5 6   |
| 1193 | 1 | A1 | 1  | 0,071 | 0,357  | 0,060  | 0,641  | -1,045 | 0,011  | -0,103 | -      | 1 3         |
| 1193 | 1 | A1 | 10 | 0,043 | 0,215  | 0,117  | 0,485  | -0,860 | 0,012  | -0,170 | -      | 1 4         |
| 1193 | 2 | B1 | 1  | 0,088 | 0,441  | 0,123  | 0,881  | -1,380 | 0,021  | -0,300 | -      | 1 2 3 4 5   |
| 1193 | 2 | B1 | 10 | 0,048 | 0,238  | 0,162  | 0,485  | -0,852 | 0,018  | -0,315 | -      | 1 4 5       |
| 1193 | 3 | C1 | 1  | 0,098 | 0,491  | 0,382  | 0,733  | -1,099 | 0,052  | -1,124 | -      | 1 2 3 4 5 6 |
| 1193 | 3 | C1 | 10 | 0,071 | 0,356  | 0,408  | 0,469  | -0,748 | 0,050  | -1,134 | -      | 1 4 5 6     |
| 1194 | 2 | A1 | 1  | 0,224 | -0,488 | -1,833 | 12,894 | 2,178  | -0,975 | 82,786 | -      | 1 2 3 4     |
| 1194 | 1 | A1 | 9  | 0,096 | -0,411 | -1,577 | 9,549  | 1,609  | -0,749 | 61,882 | -      | 1 3         |
| 1194 | 2 | A1 | 10 | 0,017 | -0,479 | -1,869 | 11,348 | 1,916  | -0,861 | 72,759 | -      | 1 2 3       |
| 1194 | 2 | B1 | 9  | 0,476 | -0,532 | -1,913 | 12,797 | 2,148  | -0,970 | 83,079 | -      | 1 2 3 4 5   |

|      |   |    |    |        |        |        |        |        |        |         |         |             |
|------|---|----|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|-------------|
| 1194 | 3 | C1 | 6  | 1,880  | -0,538 | -1,440 | 4,538  | 0,668  | -0,422 | 36,922  | -3,671  | 1 5 6       |
| 1194 | 3 | C1 | 9  | 1,889  | -0,687 | -2,019 | 9,592  | 1,529  | -0,751 | 68,045  | -10,909 | 1 2 3 4 5 6 |
| 1196 | 1 | A1 | 2  | -1,221 | 0,885  | 0,300  | -1,214 | -2,534 | -0,711 | -18,312 | 6,273   | 1 3         |
| 1196 | 2 | A1 | 3  | -1,454 | 1,052  | 0,355  | -1,613 | -3,408 | -0,950 | -24,370 | 8,529   | 1 2 3 4     |
| 1196 | 2 | B1 | 2  | -1,597 | 1,146  | 0,383  | -1,608 | -3,392 | -0,945 | -24,243 | 8,473   | 1 2 3 4 5   |
| 1196 | 3 | C1 | 2  | -2,145 | 1,490  | 0,480  | -1,253 | -2,602 | -0,728 | -18,619 | 6,390   | 1 2 3 4 5 6 |
| 1197 | 1 | A1 | 1  | 2,219  | -1,755 | 1,624  | 9,488  | 1,636  | -2,011 | 8,194   | 36,532  | 1 3         |
| 1197 | 1 | A1 | 11 | 1,232  | -1,038 | 1,050  | 7,322  | 1,212  | -1,539 | 6,918   | 28,069  | 1 4         |
| 1197 | 2 | B1 | 1  | 2,666  | -2,160 | 2,053  | 13,124 | 2,312  | -2,778 | 11,463  | 50,948  | 1 2 3 4 5   |
| 1197 | 2 | B1 | 8  | 2,734  | -2,184 | 2,041  | 11,501 | 2,022  | -2,436 | 10,000  | 44,606  | 1 2 3 5     |
| 1197 | 2 | B1 | 11 | 1,320  | -1,143 | 1,191  | 7,430  | 1,240  | -1,554 | 7,324   | 28,694  | 1 4 5       |
| 1197 | 3 | C1 | 1  | 2,646  | -2,354 | 2,503  | 11,580 | 2,089  | -2,404 | 12,031  | 46,186  | 1 2 3 4 5 6 |
| 1197 | 3 | C1 | 8  | 2,703  | -2,373 | 2,494  | 10,213 | 1,845  | -2,116 | 10,799  | 40,845  | 1 2 3 5 6   |
| 1197 | 3 | C1 | 10 | 1,748  | -1,676 | 1,929  | 7,784  | 1,375  | -1,588 | 9,272   | 31,350  | 1 4 5 6     |
| 1198 | 2 | A1 | 1  | -2,512 | 1,983  | -1,930 | 12,080 | 1,691  | -2,520 | -12,678 | 45,275  | 1 2 3 4     |
| 1198 | 1 | A1 | 5  | -2,173 | 1,705  | -1,635 | 8,990  | 1,285  | -1,880 | -9,185  | 33,809  | 1 3         |
| 1198 | 1 | A1 | 12 | -1,206 | 1,012  | -1,055 | 7,013  | 1,050  | -1,481 | -6,481  | 26,476  | 1 4         |
| 1198 | 2 | B1 | 5  | -2,589 | 2,080  | -2,074 | 12,008 | 1,667  | -2,513 | -12,318 | 44,776  | 1 2 3 4 5   |
| 1198 | 2 | B1 | 10 | -2,666 | 2,112  | -2,059 | 10,561 | 1,469  | -2,210 | -10,831 | 39,411  | 1 2 3 5     |
| 1198 | 2 | B1 | 12 | -1,287 | 1,111  | -1,198 | 6,864  | 1,016  | -1,458 | -6,043  | 25,695  | 1 4 5       |
| 1198 | 3 | C1 | 5  | -2,547 | 2,256  | -2,529 | 9,124  | 1,186  | -1,956 | -7,576  | 32,677  | 1 2 3 4 5 6 |
| 1198 | 3 | C1 | 9  | -1,679 | 1,610  | -1,945 | 5,695  | 0,752  | -1,253 | -3,393  | 19,956  | 1 4 5 6     |
| 1198 | 3 | C1 | 10 | -2,612 | 2,283  | -2,517 | 7,906  | 1,019  | -1,701 | -6,324  | 28,159  | 1 2 3 5 6   |
| 1199 | 2 | A1 | 1  | 0,934  | -2,244 | 0,052  | 0,638  | -1,469 | 0,052  | 20,097  | 23,835  | 1 2 3 4     |
| 1199 | 1 | A1 | 6  | 0,783  | -1,909 | 0,036  | 0,434  | -1,110 | 0,023  | 14,786  | 17,983  | 1 3         |
| 1199 | 2 | B1 | 6  | 1,028  | -2,396 | 0,078  | 0,605  | -1,477 | 0,040  | 19,874  | 23,570  | 1 2 3 4 5   |
| 1199 | 3 | C1 | 2  | 1,106  | -2,144 | 0,204  | -0,058 | -0,697 | -0,098 | 6,363   | 8,484   | 1 5 6       |
| 1199 | 3 | C1 | 6  | 1,387  | -2,838 | 0,214  | 0,270  | -1,228 | -0,045 | 14,441  | 17,256  | 1 2 3 4 5 6 |
| 1201 | 1 | A1 | 1  | -0,014 | 0,412  | 1,609  | 9,794  | 1,689  | -0,963 | -67,504 | 12,045  | 1 3         |
| 1201 | 2 | A1 | 9  | 0,098  | 0,479  | 1,911  | 11,636 | 2,013  | -1,168 | -80,694 | 14,178  | 1 2 3       |
| 1201 | 2 | B1 | 1  | -0,320 | 0,530  | 1,964  | 13,540 | 2,363  | -1,349 | -92,529 | 16,917  | 1 2 3 4 5   |

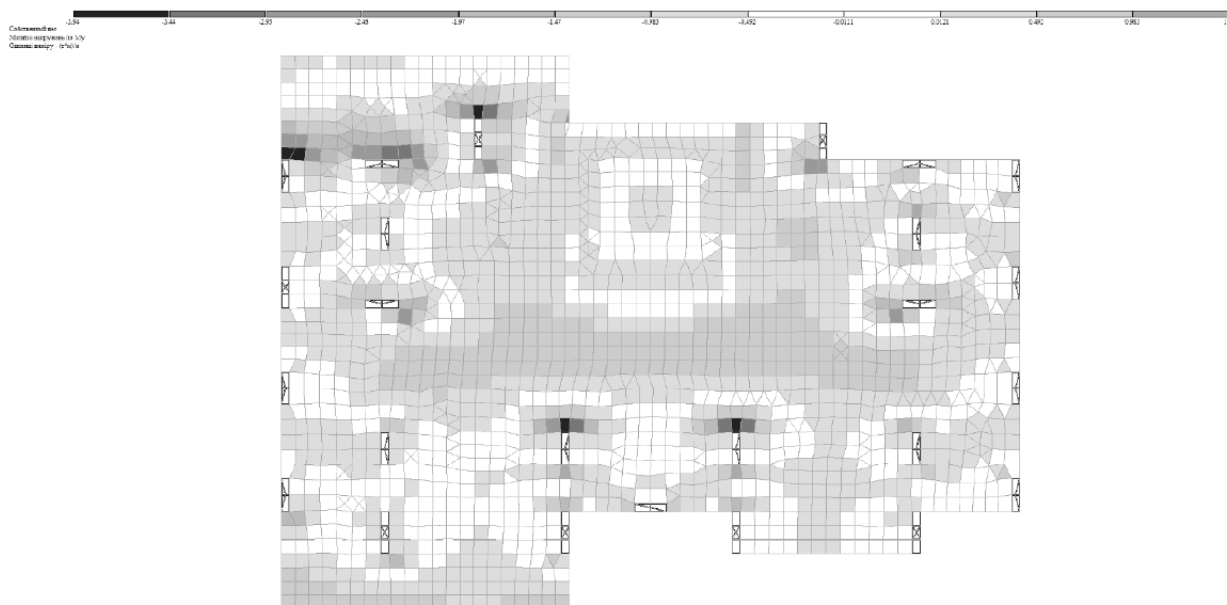
## 2.4 Розрахунок плити перекриття Пм-1

Попередньо запроєктовані залізобетонні монолітні плити товщиною 200 мм з використанням бетону класу С20/24. При підборі армування плити було прийняте рішення використовувати робочу арматурну сталь  $\varnothing 12-20$  класу А400С та технологічною арматурою  $\varnothing 10$ . Нижче наведені результати розрахунку плити.



Y  
Lx

Рисунок 2.7 - Мозаїка напружень залізобетонної монолітної плити Пм-1 по Мх



Y  
Ly

Рисунок 2.8 - Мозаїка напружень залізобетонної монолітної плити Пм-1 по My

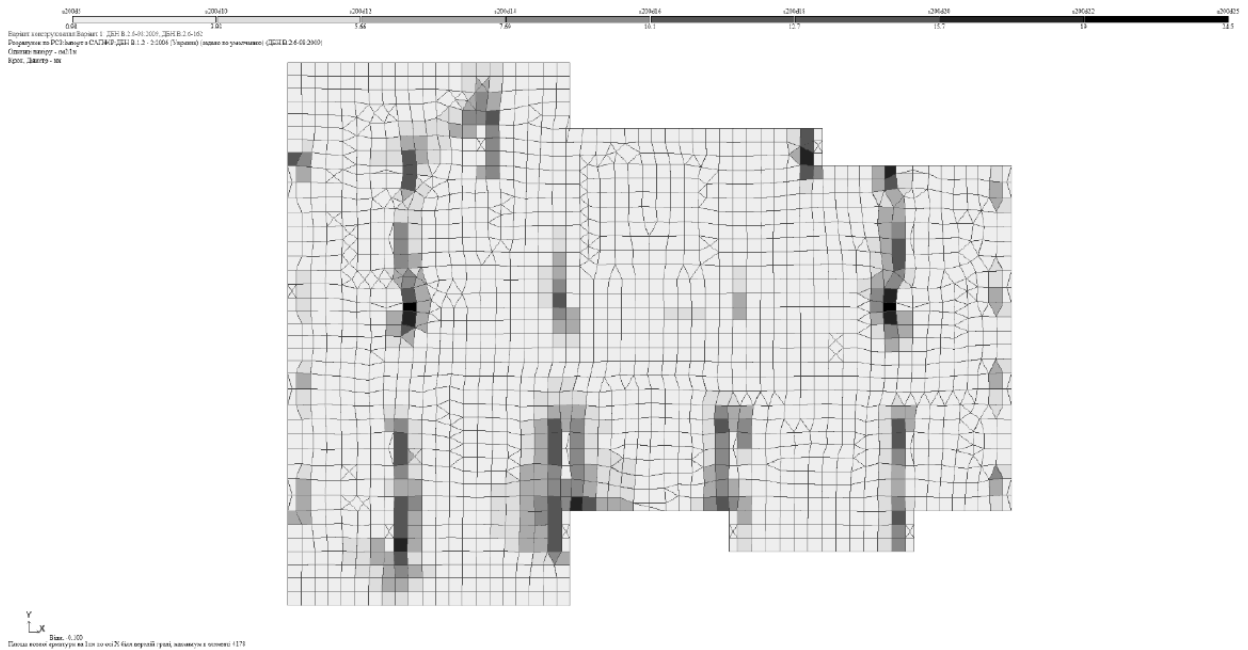


Рисунок 2.9 - Верхня арматура в Пм-1 по осі X

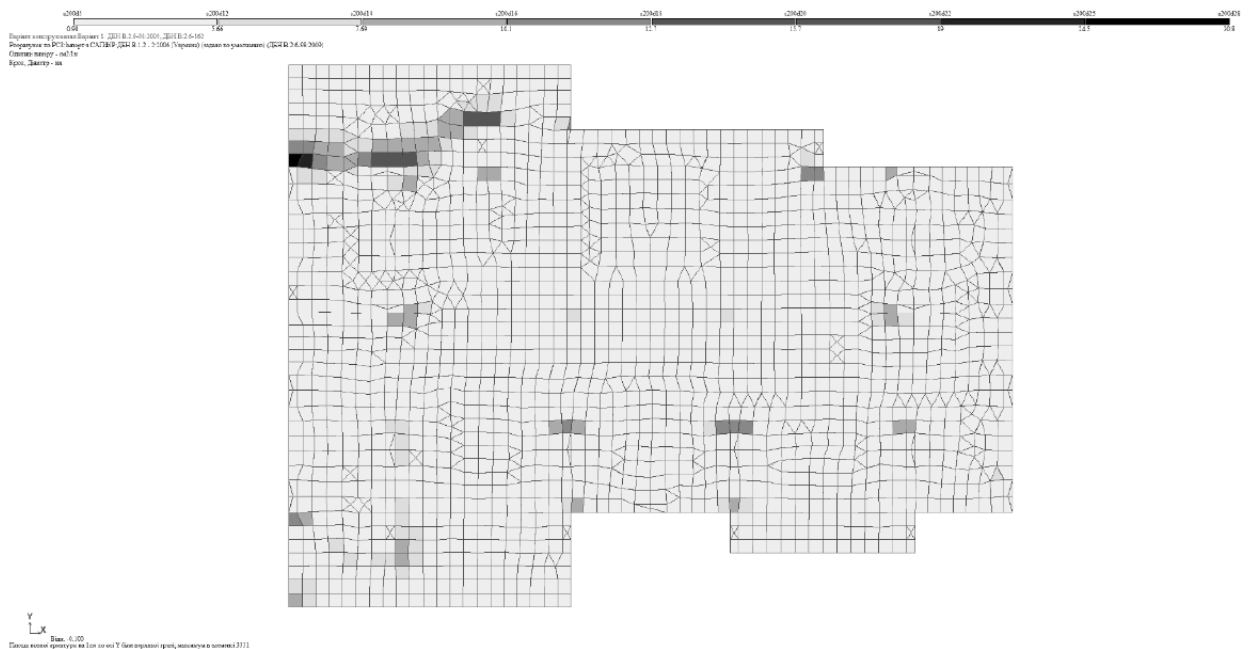


Рисунок 2.9 - Верхня арматура в Пм-1 по осі Y

## 2.5 Розрахунок залізобетонної монолітної стіни

Під час виконання розрахунку армування діафрагми Змс-1 було визначено необхідну площу перерізу арматурної сталі та розроблено комплекс креслень відповідно до вимог чинних норм проектування, зокрема ДСТУ 3760:2019.

За результатами розрахунків для залізобетонної стіни підібрано робочу арматуру діаметром  $\varnothing 8$  та  $\varnothing 12$  класу А400С у поєднанні з бетоном класу С20/25.

На підставі отриманих даних армування сформовано робочі креслення діафрагми Змс-1, які наведені на аркуші №5.

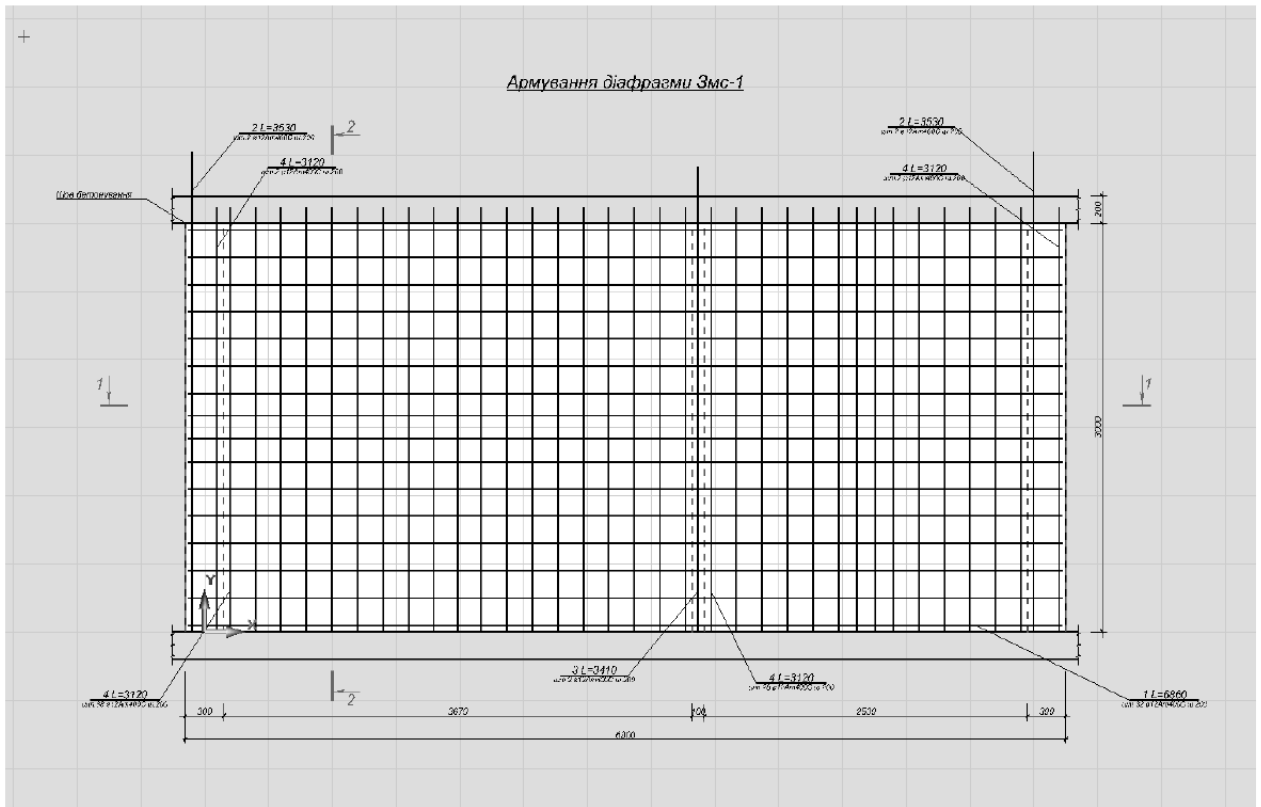


Рисунок 2.10 - Армування діафрагми Змс-1

## 2.6 Розрахунок залізобетонних монолітних пілонів П-1-30-20, П-2-30-5

Наступним етапом є розрахунок залізобетонних пілонів будівлі. Всього в будівлі наявно 149 пілонів, з них 42 мають розмір 1500x300, та 107 з розміром 1200x300. Для розрахунку були вибрані пілони П-1-30-20 та П-2-30-5 з бетону класу С20/25.

За даними розрахунку в програмному комплексі «САПФІР 3D» для пілону П-1-30-20 було підібрано робочу поздовжню арматуру Ø8, Ø12, Ø16 класу А400С.

За результатами розрахунку пілону П-2-30-5 була підібрана робоча арматурна сталь класу А400С Ø8, Ø12, Ø18.

Таблиця 2.2 Фрагмент армування пілонів розміром 1500x300

| Переріз   | Симетрія | Подовжня арматура, см <sup>2</sup> |     |     |     |     |     |     |     |   | Поперечна, см <sup>2</sup> |      |
|---|----------|------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---|----------------------------|------|
|   |          | AU1                                | AU2 | AU3 | AU4 | AS1 | AS2 | AS3 | AS4 | % | ASW1                       | ASW2 |
|   |          |                                    |     |     |     |     |     |     |     |   |                            |      |
| Пілон 20; Прямокутник; В=30.00; Н=150.00 см; L=3.00 м   |          |                                    |     |     |     |     |     |     |     |   |                            |      |
| Бетон С20/25; Арматура: подовжня А400С; поперечна А240С |          |                                    |     |     |     |     |     |     |     |   |                            |      |

|   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|
| 1   | C | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 1,41 | 1,41 |  |
|   |   | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |      |      |  |
|   | * | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |      | 1,35 | 1,35 |  |
| 2   | C |      |      |      |      | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,01 | 1,41 | 1,41 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,01 |      |      |  |
|   | * | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 |      | 1,35 | 1,35 |  |
| 3   | C | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,03 | 1,41 | 1,41 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,01 |      |      |  |
| Пілон 32; Прямокутник; В=30.00; Н=150.00 см; L=3.00 м   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Бетон С20/25; Арматура: подовжня А400С; поперечна А240С |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 1   | C | 1,8  | 1,8  | 1,8  | 1,8  | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,17 | 2,24 | 2,24 |  |
|   |   | 1,8  | 1,8  | 1,8  | 1,8  | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,17 |      |      |  |
|   | * | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |      | 2,18 | 2,18 |  |
| 2   | C |      |      |      |      | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,01 | 2,24 | 2,24 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,01 |      |      |  |
|   | * | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |      | 2,18 | 2,18 |  |
| 3   | C | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,05 | 2,24 | 2,24 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,01 |      |      |  |
|   | * | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,11 | 0,11 | 0,11 | 0,11 |      | 2,18 | 2,18 |  |
| Пілон 33; Прямокутник; В=30.00; Н=150.00 см; L=3.00 м   |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| Бетон С20/25; Арматура: подовжня А400С; поперечна А240С |   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |
| 1   | C | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,9  | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,08 | 0,49 | 0,49 |  |
|   |   | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,68 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,06 |      |      |  |
|   | * | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |      | 0,43 | 0,43 |  |
| 2   | C |      |      |      |      | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0    | 0,49 | 0,49 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0    |      |      |  |
|   | * | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |      | 0,43 | 0,43 |  |
| 3   | C | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,49 | 0,49 |  |
|   |   |      |      |      |      | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0    |      |      |  |
|   | * | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |      | 0,43 | 0,43 |  |

Таблиця 2.3. Фрагмент армування пілонів розміром 1200х300

| Переріз   | Симетрія | Подовжня арматура, см <sup>2</sup> |      |      |      |      |      |      |      |      | Поперечна, см <sup>2</sup> |      |
|---|----------|------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|----------------------------|------|
|   |          | AU1                                | AU2  | AU3  | AU4  | AS1  | AS2  | AS3  | AS4  | %    | ASW1                       | ASW2 |
| Пілон 17; Прямокутник; В=30.00; Н=1200 см; L=3.00 м     |          |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |                            |      |
| Бетон С20/25; Арматура: подовжня А400С; поперечна А240С |          |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |                            |      |
| 1   | С        | 2,34                               | 2,34 | 2,34 | 2,34 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,26 | 0,18                       | 0,18 |
|   |          | 1,26                               | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,14 |                            |      |
|   | *        | 0,01                               | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      | 0,13                       | 0,13 |
| 2   | С        | 1,26                               | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,14 | 0,18                       | 0,18 |
|   |          | 0,54                               | 0,54 | 0,54 | 0,54 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,06 |                            |      |
|   | *        | 0,01                               | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      | 0,13                       | 0,13 |
| 3   | С        | 1,26                               | 1,26 | 1,26 | 1,26 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,14 | 0,17                       | 0,17 |
|   |          | 0,36                               | 0,36 | 0,36 | 0,36 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |                            |      |
|   | *        | 0,01                               | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 |      | 0,12                       | 0,12 |
| Пілон 18; Прямокутник; В=30.00; Н=1200 см; L=3.00 м     |          |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |                            |      |
| Бетон С20/25; Арматура: подовжня А400С; поперечна А240С |          |                                    |      |      |      |      |      |      |      |      |                            |      |
| 1   | С        | 0,18                               | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,02 | 0,21                       | 0,21 |
|   |          |                                    |      |      |      | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0    |                            |      |
|   | *        | 0,02                               | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      | 0,15                       | 0,15 |
| 2   | С        |                                    |      |      |      | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0    | 0,21                       | 0,21 |
|   |          |                                    |      |      |      | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0    |                            |      |
|   | *        | 0,02                               | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      | 0,15                       | 0,15 |
| 3   | С        |                                    |      |      |      | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0    | 0,21                       | 0,21 |
|   |          |                                    |      |      |      | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0    |                            |      |
|   | *        | 0,02                               | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |      | 0,15                       | 0,15 |

## РОЗДІЛ 3

### Технологія та організація будівництва

#### 3.1 Визначення об'ємів робіт

При плануванні майбутнього будівництва одним із етапів є розрахунок номенклатури та будівельно-монтажних об'ємів робіт. Обсяг виконаних робіт наведений у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Обрахунок обсягів будівельних робіт.

| №  | Назва робіт   | Одиниці виміру      | К-сть. |
|--|---|---------------------|--------|
| Підготовчі роботи (5%)                       |   |                     |        |
| Земляні роботи                               |   |                     |        |
| 1  | Планування території.                                   | 1000 м <sup>2</sup> | 2,13   |
| 2  | Зрізка рослинного шару скрепером.                       | 1000 м <sup>2</sup> | 0,315  |
| 3  | Розробка котловану екскаватором.                        | 1000 м <sup>3</sup> | 3,025  |
| 4  | Розробка котловану вручну.                              | 1000 м <sup>3</sup> | 0,2177 |
| 5  | Зворотна засипка.                                       | 1000 м <sup>3</sup> | 0,771  |
| Влаштування монолітного фундаменту           |   |                     |        |
| 6  | Влаштування щебневої основи ґрунту.                     | м <sup>3</sup>      | 68     |
| 7  | Влаштування опалубки ростверку.                         | 100м <sup>3</sup>   | 4,22   |
| 8  | Армування ростверку.                                    | т                   | 10,21  |
| 9  | Укладання бетонної суміші для ростверку.                | 100м <sup>3</sup>   | 4,22   |
| 10   | Демонтаж опалубки ростверку.                            | 100м <sup>3</sup>   | 4,22   |
| Влаштування плити перекриття першого поверху |   |                     |        |
| 11   | Влаштування опалубки плити перекриття першого поверху.  | 100м <sup>3</sup>   | 0,877  |
| 12   | Армування плити перекриття першого поверху.             | т                   | 10,3   |
| 13   | Укладання бетонної суміші плити перекриття 1го поверху. | 100м <sup>3</sup>   | 0,877  |

|  |   |                   |        |
|--|---|-------------------|--------|
| 14                                     | Демонтаж опалубки плити перекриття першого поверху.     | 100м <sup>3</sup> | 0,877  |
| 15                                     | Влаштування гідроізоляції                               | 100м <sup>2</sup> | 3,66   |
| Влаштування монолітних стін та пілонів |   |                   |        |
| 16                                     | Влаштування опалубки монолітних стін 1-5 поверхів.      | 100м <sup>3</sup> | 1,8432 |
| 17                                     | Армування монолітних стін 1-5 поверхів.                 | т                 | 13,068 |
| 18                                     | Укладання бетонної суміші монолітних стін 1-5 поверхів. | 100м <sup>3</sup> | 1,8432 |
| 19                                     | Демонтаж опалубки монолітних стін 1-5 поверхів.         | 100м <sup>3</sup> | 1,8432 |
| 20                                     | Влаштування опалубки пілонів.                           | 100м <sup>3</sup> | 1,73   |
| 21                                     | Армування пілонів.                                      | т                 | 13,02  |
| 22                                     | Укладання бетонної суміші пілонів.                      | 100м <sup>3</sup> | 1,73   |
| 23                                     | Демонтаж опалубки пілонів.                              | 100м <sup>3</sup> | 1,73   |
| Влаштування монолітного перекриття     |   |                   |        |
| 24                                     | Влаштування опалубки перекриття 2-5 поверхів.           | 100м <sup>3</sup> | 3,916  |
| 25                                     | Армування плити перекриття 2-5 поверхів.                | т                 | 40,64  |
| 26                                     | Укладання бетонної суміші в конструкцію перекриття.     | 100м <sup>3</sup> | 3,916  |
| 27                                     | Демонтаж опалубки перекриття 2-5 поверхів.              | 100м <sup>3</sup> | 3,916  |
| Кладка стін та перегородок             |   |                   |        |
| 28                                     | Мурування стін з газоблоку.                             | м <sup>3</sup>    | 391,02 |
| 29                                     | Влаштування перегородок.                                | м <sup>3</sup>    | 25,27  |
| Влаштування покрівлі                   |   |                   |        |
| 30                                     | Влаштування стяжки.                                     | 100м <sup>2</sup> | 3,2    |
| 31                                     | Влаштування рулонної покрівлі.                          | 100м <sup>2</sup> | 3,2    |
| Інші роботи                            |   |                   |        |
| 32                                     | Утеплення перекриття 1-5 поверхів.                      | 100м <sup>3</sup> | 1,203  |

|                   |                                     |                       |       |
|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|-------|
| 33                | Утеплення фасадів.                  | 100м <sup>2</sup>     | 9,27  |
| 34                | Заповнення віконних прорізів.       | 100м <sup>2</sup>     | 4,01  |
| 35                | Заповнення дверних прорізів.        | 100м <sup>2</sup>     | 3,57  |
| 36                | Влаштування цементно піщаної-стяжки | 100м <sup>2</sup>     | 20,1  |
| 37                | Влаштування підлог.                 | 100м <sup>2</sup>     | 20,1  |
| Спеціальні роботи |                                     |                       |       |
| 38                | Штукатурка стін.                    | 100м <sup>2</sup>     | 4,76  |
| 39                | Штукатурка стель.                   | 100м <sup>2</sup>     | 17,24 |
| 40                | Фарбування стін.                    | 100м <sup>2</sup>     | 19,73 |
| 41                | Фарбування стель.                   | 100<br>м <sup>2</sup> | 17,24 |
| 42                | Благоустрій території.              | %                     | 5     |
| 43                | Невраховані роботи.                 | %                     | 15    |
| 44                | Опалення і вентиляція.              | %                     | 10    |
| 45                | Електромотажні роботи.              | %                     | 3     |
| 46                | Газифікація                         | %                     | 4     |
| 47                | Сантехнічні роботи.                 | %                     | 5     |
| 48                | Здача об'єкту.                      | %                     | 1     |

Таблиця 3.2. Розрахунок трудовитрат та заробітної плати на будівлю

| Номер процесу                | Параграф | Назва процесу        | Одиниці виміру     | Обсяг робіт | Норма часу           |                      | Склад ланок       |                       |   |
|------------------------------|----------|----------------------|--------------------|-------------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------------|---|
|                              |          |                      |                    |             | На одиницю виміру    | На весь обсяг        | Професія і розряд | К-сть                 |   |
|                              |          |                      |                    |             | люд-год.<br>маш-год. | люд-год.<br>маш-год. |                   |                       |   |
| <b>I. Підготовчий період</b> |          |                      |                    |             |                      |                      |                   |                       |   |
| 1                            | -        | Підготовчі роботи    | %                  | 5           |                      | 1850,1               | Різноробочий      | 10                    |   |
| <b>II. Земляні роботи</b>    |          |                      |                    |             |                      |                      |                   |                       |   |
| 2                            | КБ1-30-2 | Планування території | 1000м <sup>2</sup> | 2,13        |                      | 0,514                |                   | Машиніст 6-го розряду | 1 |
| 3                            | КБ1-15-2 | Розробка котловану   | 1000м <sup>3</sup> | 3,025       |                      | 4,56<br>34,48        | 13,79<br>104,3    | Машиніст 6-го розряду | 1 |

|   |  |                    |        |                |                   |  |        |
|---|--|--------------------|--------|----------------|-------------------|--|--------|
| 4                                       | Розробка котловану в<br>ручну                | 1000м <sup>3</sup> | 0,2177 | 261,8<br>-     | 56,99<br>-        | Землекоп<br>розр. 2<br>розр. 1                 | 1<br>1 |
| 5                                       | Зворотня засипка                             | 1000м <sup>3</sup> | 0,771  | 14,37<br>85,52 | 11,07<br>65,93    | Машиніст 6-<br>го розряду                      | 1      |
| III. Влаштування монолітного фундаменту |  |                    |        |                |                   |  |        |
| 6                                       | Влаштування щебневої<br>основи ґрунту.       | м <sup>3</sup>     | 68     | 2,4<br>0,5     | 163,2<br>34       | Машиніст.<br>розр. 5<br>Різнороб.<br>розр.1    | 1<br>1 |
| 7                                       | Збирання і розбирання<br>опалубки ростверку. | 100м <sup>3</sup>  | 4,22   | 276,53<br>3,6  | 1166,95<br>15,192 | Тесляр<br>розр. 4<br>розр. 2                   | 1<br>1 |
| 8                                       | Армування ростверку.                         | т                  | 10,21  | 18,14<br>0,62  | 185,20<br>6,33    | Армувальник<br>розр. 5<br>розр. 2              | 1<br>1 |
| 9                                       | Укладання бетонної<br>суміші ростверку.      | 100м <sup>3</sup>  | 4,22   | 110,6<br>20,65 | 466,732<br>87,143 | Машиніст<br>розр. 1<br>Бетонувальн.<br>розр. 2 | 1<br>1 |

IV. Надземна частина

|    |              |  |                   |        |                 |                  |  |        |
|----|--------------|--|-------------------|--------|-----------------|------------------|--|--------|
| 10 | Т_Е/16-50-44 | Збирання і розбирання опалубки плити перекриття першого поверху. | 100м <sup>3</sup> | 0,877  | 219,35<br>10,08 | 192,36<br>8,84   | Тесляр<br>розр. 4<br>розр. 2                   | 2<br>2 |
| 11 | Т_Е/16-62-40 | Армування плити перекриття першого поверху.                      | т                 | 10,3   | 21,42<br>0,839  | 220,626<br>8,64  | Армувальник<br>розр. 5<br>розр. 2              | 2<br>2 |
| 12 | КБ37-3-2     | Укладання бетонної суміші плити перекриття першого поверху.      | 100м <sup>3</sup> | 0,877  | 110,6<br>20,65  | 96,996<br>18,11  | Машиніст<br>розр. 1<br>Бетонувальн.<br>розр. 2 | 1<br>1 |
| 13 | Т_Е/16-50-44 | Збирання і розбирання опалубки монолітних стін 1-5 поверхів.     | 100м <sup>3</sup> | 1,8432 | 518,17<br>15,86 | 955,09<br>29,23  | Тесляр<br>розр. 4<br>розр. 2                   | 2<br>2 |
| 14 | Т_Е/16-62-65 | Армування монолітних стін 1-5 поверхів.                          | т                 | 13,068 | 28,38<br>1,01   | 388,23<br>13,81  | Армувальник<br>розр. 5<br>розр. 2              | 2<br>2 |
| 15 | Т_Е/16-66-22 | Укладання бетонної суміші монолітних стін 1-5 поверхів.          | 100м <sup>3</sup> | 1,8432 | 173<br>93       | 318,87<br>171,41 | Машиніст<br>розр. 1<br>Бетонувальн.<br>розр. 2 | 1<br>1 |

|    |             |   |                   |       |                 |                  |   |             |
|----|-------------|---|-------------------|-------|-----------------|------------------|---|-------------|
| 16 | T_E16-50-25 | Збирання і розбирання опалубки пілонів.                 | 100м <sup>3</sup> | 1,73  | 608,72<br>16,17 | 1053,08<br>27,97 | Тесляр<br>розр. 4<br>розр. 2                              | 1<br>1      |
| 17 | T_E16-62-24 | Армування пілонів.                                      | т                 | 13,02 | 16,68<br>0,823  | 217,17<br>10,71  | Армувальник<br>розр. 5<br>розр. 2                         | 2<br>2      |
| 18 | T_E16-66-7  | Укладання бетонної суміші пілонів.                      | 100м <sup>3</sup> | 1,73  | 298<br>164,92   | 515,54<br>285,31 | Машиніст<br>розр. 1<br>Бетонувальн.<br>розр. 4<br>розр. 2 | 1<br>1<br>2 |
| 19 | T_E16-50-44 | Збирання і розбирання опалубки перекриття 2-5 поверхів. | 100м <sup>3</sup> | 3,916 | 219,35<br>10,08 | 858,974<br>39,47 | Тесляр<br>розр. 4<br>розр. 2                              | 1<br>1      |
| 20 | T_E16-62-40 | Армування плити перекриття 2-5 поверхів.                | т                 | 40,64 | 21,42<br>0,839  | 870,50<br>34,096 | Армувальник<br>розр. 4<br>розр. 2                         | 2<br>2      |
| 21 | KB37-3-2    | Укладання бетонної суміші в конструкцію перекриття.     | 100м <sup>3</sup> | 3,916 | 110,6<br>20,65  | 443,10<br>80,86  | Машиніст<br>розр. 1<br>Бетонувальн.<br>розр. 4<br>розрб 2 | 1<br>1<br>1 |

|                      |                              |                   |        |                  |                   |  |        |
|----------------------|------------------------------|-------------------|--------|------------------|-------------------|--|--------|
| 22                   | Мурування стін з газоблоку.  | 100м <sup>3</sup> | 3,9102 | 778,3<br>75,55   | 3043,3<br>294,125 | Муляр<br>розр. 4<br>розр. 2            | 2<br>2 |
| 23                   | Влаштування перегородок.     | 100м <sup>3</sup> | 0,2527 | 1618,4<br>131,61 | 408,96<br>33,25   | Муляр<br>розр. 4<br>розр. 2            | 2<br>2 |
| 24                   | Улаштування площадок сходів. | 100шт             | 0,1    | 504,78<br>223,07 | 50,47<br>22,307   | Монтажник<br>розр. 3<br>розр. 2        | 1<br>1 |
| 25                   | Улаштування маршів сходів.   | 100шт             | 0,04   | 432,15<br>124,53 | 17,28<br>4,98     | Монтажник<br>розр. 3<br>розр. 2        | 1<br>1 |
| V.Покрівельні роботи |                              |                   |        |                  |                   |  |        |
| 26                   | Влаштування стяжки.          | 100м <sup>2</sup> | 3,2    | 38,39<br>6,46    | 122,848<br>20,67  | Бетонувальн.<br>розр. 3<br>розр. 2     | 1<br>1 |
| 27                   | Гідроізоляція покрівлі.      | 100м <sup>2</sup> | 3,91   | 31,7<br>0,07     | 123,94<br>0,273   | Покрівельни<br>к<br>розр. 4<br>розр. 2 | 1<br>1 |

|                 |               |                                |                   |       |                 |                   |   |             |
|-----------------|---------------|--------------------------------|-------------------|-------|-----------------|-------------------|---|-------------|
| 28              | ХБ4-9-1       | Утеплення покрівлі.            | 100м <sup>2</sup> | 1,955 | 290<br>-        | 566,95<br>-       | Покрівельни<br>к<br>розр. 4<br>розр. 2                  | 1<br>1      |
| 29              | КБ12-2-1      | Влаштування рулонної покрівлі. | 100м <sup>2</sup> | 3,2   | 30,1<br>2,36    | 96,32<br>7,55     | Покрівельни<br>к<br>розр. 4<br>розр. 2                  | 1<br>1      |
| VI. Інші роботи |               |                                |                   |       |                 |                   |   |             |
| 30              | С111-654-89-2 | Звукоізоляція плит перекриття. | 100м <sup>2</sup> | 15,66 | 101,95<br>43,99 | 1597,14<br>689,14 | Монтажник<br>розр. 4<br>розр. 2                         | 1<br>1      |
| 31              | ХБ4-9-1       | Утеплення перекриття.          | 100м <sup>3</sup> | 2,62  | 290<br>-        | 759,8<br>-        | Монтажник<br>розр. 4<br>розр. 2                         | 1<br>1      |
| 32              | КБ10-20-3     | Заповнення віконних прорізів.  | 100м <sup>2</sup> | 4,01  | 113,35<br>5,39  | 454,53<br>21,61   | Крановщик<br>розр. 5<br>Монтажник<br>розр. 4<br>розр. 2 | 1<br>1<br>1 |

|    |            |   |                   |       |                |                   |   |             |
|----|------------|---|-------------------|-------|----------------|-------------------|---|-------------|
| 33 | КБ10-28-1  | Заповнення дверних прорізів.            | 100м <sup>2</sup> | 3,57  | 98,11<br>14,8  | 350,25<br>52,83   | Крановщик<br>розр. 5<br>Монтажник<br>розр. 4<br>розр. 2 | 1<br>1<br>1 |
| 34 | КБ12-22-1  | Влаштування цементно піщаної стяжки     | 100м <sup>2</sup> | 20,1  | 38,39<br>6,46  | 771,63<br>129,846 | Бетонувальн.<br>розр. 3<br>розр. 2                      | 1<br>1      |
| 35 | КБ11-28-2  | Влаштування підлог.                     | 100м <sup>2</sup> | 20,1  | 160,39<br>1,24 | 3223,83<br>24,92  | Облицювал.<br>розр. 4<br>розр. 3                        | 3<br>3      |
| 36 | КР11-26-3  | Поліпшене штукатурення внутрішніх стін. | 100м <sup>2</sup> | 19,73 | 152,79<br>1,01 | 3014,54<br>-      | Штукатур.<br>5 розр.<br>4 розр                          | 1<br>1      |
| 37 | КБ15-45-4  | Штукатурка стель.                       | 100м <sup>2</sup> | 17,24 | 76,33<br>1,71  | 1315,92<br>29,48  | Штукатур.<br>5 розр.<br>4 розр                          | 1<br>1      |
| 38 | КБ15-183-1 | Штукатурка зовнішніх стін.              | 100м <sup>2</sup> | 10,27 | 319,26<br>-    | 3278,8<br>-       | Штукатур.<br>5 розр.<br>4 розр                          | 1<br>1      |

|                       |            |                     |                       |       |                |                       |                                 |        |
|-----------------------|------------|---------------------|-----------------------|-------|----------------|-----------------------|---------------------------------|--------|
| 39                    | КБ15-78-1  | Утеплення фасадів.  | 100м <sup>2</sup>     | 10,27 | 417,86<br>-    | 4291,42<br>-          | Монтажник<br>розр. 4<br>розр. 2 | 1<br>1 |
| 40                    | КБ15-183-1 | Штукатурка фасадів. | 100м <sup>2</sup>     | 10,27 | 319,26<br>-    | 3278,8<br>-           | Штукатур.<br>5 розр.<br>4 розр  | 1<br>1 |
| 41                    | КБ15-163-8 | Фарбування фасаду   | 100м <sup>2</sup>     | 10,27 | 30,87<br>0,01  | 193,28<br>3,49        | Маляр<br>розр. 5                | 1      |
| 42                    | КБ15-163-8 | Фарбування стін.    | 100м <sup>2</sup>     | 19,73 | 30,87<br>0,01  | 609,065<br>0,197      | Маляр<br>розр. 5                | 1      |
| 43                    | КБ15-163-9 | Фарбування стель.   | 100<br>м <sup>2</sup> | 17,24 | 32,88<br>0,011 | 566,85<br>1,896       | Маляр<br>розр. 5                | 1      |
| Загальні трудозатрати |            |                     |                       |       |                | 37002,021<br>2246,617 |                                 |        |

| VII. Спеціальні роботи |   |                         |   |    |   |         |              |    |  |
|------------------------|---|-------------------------|---|----|---|---------|--------------|----|--|
| 44                     | - | Благоустрій території.  | % | 5  | - | 1850,1  | Різноробочий | 15 |  |
| 45                     | - | Невраховані роботи.     | % | 15 | - | 5550,30 | Різноробочий | 15 |  |
| 46                     | - | Опалення і вентиляція.  | % | 10 | - | 3700,2  | Різноробочий | 15 |  |
| 47                     | - | Електромонтажні роботи. | % | 3  | - | 1110,06 | Різноробочий | 5  |  |
| 48                     | - | Газифікація             | % | 4  | - | 1480,08 | Різноробочий | 10 |  |
| 49                     | - | Сантехнічні роботи.     | % | 5  | - | 1850,1  | Різноробочий | 10 |  |
| 50                     | - | Здача об'єкту.          | % | 1  | - | 370,02  | Різноробочий | 5  |  |

### 3.2 Вибір монтажного крана

Монтажні крани та інші монтажні механізми, незалежно від поверховості будинку, є невід'ємною складовою будь-якого будівництва, тому вкрай важливо для безпечного та ефективного переміщення будівельних матеріалів та конструкцій правильно здійснити підбір будівельних машин.

Підбір ведучого монтажного крана ґрунтується на об'ємі робіт, габаритів запроєктованої будівлі, положенні в просторі елементів, рельєфу будівельного майданчика, маси і розташування елементів на об'єкті, та інших особливостях.

Параметри крана залежать від його: вантажопідйомності, довжини стрілки, вильота гаку, та висоти підйому гаку.

Для даної будівлі був підібраний баштовий кран.

Розраховуємо вантажопідйомність баштового крану:

$$G = G_m \times K_c = 2,6 \times 1,12 = 2,9 \text{ т,}$$

Де  $G_m$  - маса елемента, т;

$K_c$  - коефіцієнт 1,08...1,12.

Висота підйому баштового гаку визначається по формулі:

$$H = h_0 + h_3 + h_c,$$

де  $h_0$  - це перевищення опори елемента, який монтується над рівнем стоянки баштового монтажного крану;  $h_3$  - запас по висоті ( $\geq 0,5$  м);

$h_e$  - висота елемента в монтажному положенні;

$h_c$  - висота стропувальних пристроїв від верху елемента, який монтується до низу крюка баштового крана.

$$H = 20 + 1 + 3 + 1,5 = 25,5 \text{ м}$$

Виліт стріли крана розраховується за формулою:

$$L = \frac{a}{2} + b + c,$$

де  $a$  - це ширина кранового шляху;  $b$  - відстань від кранового шляху до найбільш виступаючої частини буді;  $c$  - відстань від центра ваги елемента, який монтується до виступаючої частини споруди з боку крана.

$$L = \frac{2}{2} + 6,6 + 13,5 = 20,1 \text{ м.}$$

Отже, згідно даних розрахунку підбираємо баштовий кран моделі Liebherr 35K, виліт стріли якого становить - 33,3 м, висота підйому гака - 30 м, та вантажопідйомність - 3 т.

### **3.3 Визначення необхідності у транспортних засобах**

Транспортні засоби на буд майданчику займають не менш важливу нішу у будівельному процесі. До транспортних засобів будівельного майданчику можна віднести автобетононасоси, тягачі, причепи, автомобілі та інші види техніки.

Визначені транспортні засоби забезпечують своєчасну доставку на будівельний об'єкт всі необхідних матеріалів, до яких можна віднести: бетонні суміші, мінеральні плити утеплення, дверні та віконні блоки, пісок, щебінь, арматурна сталь, газобетонні блоки та інші.

Визначення необхідності у транспортних засобах здійснюється з урахуванням кількох ключових факторів: дальність перевезення, вантажопідйомність, габарити та маса вантажу. Окрім цього, не менш важливо враховувати стан маршрутних шляхів.

Правильно підібрані транспортні засоби оптимізують логістику на будівництві, скорочують час на доставку матеріалів та підвищують загальну продуктивність робіт.

Автобетоннозмішувач PUTZMEISTER P 7 забезпечить продуктивне перевезення бетону на будівельний майданчик без втрат в міцності бетону.

SANY SY59 RZ5-200 F з вертикальною висотою подачі 48,6 м забезпечує ефективно укладання бетонної суміші в залізобетонні конструкції будівлі.

Tadano TM-ZE360 забезпечить ефективно розгортання та підвіз газобетонних блоків на буд майданчик.

Scania S 770 забезпечить відвезення арматурної сталі на майданчик.

IVECO Daily 50C використовується з ціллю транспортування плит утеплення, оздоблювальних та побіжних матеріалів.

### **3.4 Складання календарного плану**

Обчисливши об'єми та трудовитрати робіт потрібно визначити норми часу виконання будівельних робіт, таких як: людино-дні та людино-зміни.

Отримані дані дозволять скласти календарний план робіт, призначенням якого є ефективний трудовий розподіл робітників, що в свою чергу забезпечить продуктивний процес будівництва

Отже, за отриманими результатами термін будівельних процесів для п'яти поверхової офісної будівлі у місті Луцьк становить - 366 днів. Середня к-сть робітників становить - 15 чоловік. Максимальна к-сть робітників - 28.

### 3.5 Проектування будженплану об'єкта

#### 3.5.1 Визначення потреби в інвентарних будинках

Потреба в інвентарних будинках виконується за максимальною кількістю робітників на виробництві.

- $N_{роб} = 85\% = 24$  чол;
- $N_{ІТР} = 8\% = 3$  чол;
- $N_{служб} = 5\% = 2$  чол;
- $N_{МОП} = 2\% = 1$  чол;

Чисельність працюючих розраховується по формулі:

$$N_{заг} = (N_{роб} + N_{ІТР} + N_{служб} + N_{МОП}) \times k$$

К-сть працюючих розраховується за формулою:

$$N_{заг} = (28 + 3 + 2 + 1) \times 1.05 = 37 \text{ чол}$$

Таблиця 3.3. Розрахунок площі тимчасових будівель і споруд

| № | Номенклатура інвентарних споруд   | Одиниці виміру | Нормативний показник | Розрахунок кількості працюючих | Площа, м <sup>2</sup> |
|---|-----------------------------------|----------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| 1 | Контора                           | м <sup>2</sup> | 4,0                  | 6                              | 24                    |
| 2 | Гардеробні                        | м <sup>2</sup> | 0,6                  | 24                             | 14,4                  |
| 3 | Умивальня                         | м <sup>2</sup> | 0,06                 | 24                             | 1,44                  |
| 4 | Приміщення для прийому їжі        | м <sup>2</sup> | 0,25                 | 24                             | 6                     |
| 5 | Приміщення для обігріву працюючих | м <sup>2</sup> | 0,5                  | 24                             | 12                    |
| 6 | Медичний пункт                    | м <sup>2</sup> | 0,05                 | 24                             | 1,2                   |
| 7 | Душова з переддушовою             | м <sup>2</sup> | 0,82                 | 24                             | 19,68                 |
| 8 | Сушильня                          | м <sup>2</sup> | 0,2                  | 24                             | 4,8                   |
| 9 | Туалет                            | м <sup>2</sup> | 0,14                 | 24                             | 3,36                  |

Таблиця 3.4. Експлікація тимчасових споруд

| № | Найменування інвентарних будинків     | Розрахункова площа м <sup>2</sup> | Розміри в плані м, | К-сть будинків | Прийнята площа м <sup>2</sup> | Конструктивна характеристика | Використаний типовий проект |
|---|---------------------------------------|-----------------------------------|--------------------|----------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|
| 1 | Контора                               | 24                                | 6x4                | 1              | 24                            | Зб./розб.                    | 420-06-03                   |
| 2 | Гардеробні                            | 14,4                              | 4x3,8              | 1              | 15,2                          | Пересувний                   | 420-01-8                    |
| 3 | Приміщення для прийому їжі, умивальня | 15,84                             | 4x4                | 1              | 16                            | Контейнерний                 | 420-04-16                   |
| 4 | Приміщення для обігріву               | 12                                | 4x3                | 1              | 12                            | Контейнерний                 | 420-04-10                   |
| 5 | Медичний пункт                        | 1,2                               | 2x2                | 1              | 4                             | Контейнерний                 | 420-04-38                   |
| 6 | Душова з перед душовою                | 19,68                             | 5x4                | 1              | 20                            | Контейнерний                 | 420-01                      |
| 7 | Сушильня                              | 4,8                               | 2,5x2              | 1              | 5                             | Контейнерний                 | 420-04-10                   |
| 8 | Туалет                                | 3,36                              | 2x2                | 4              | 4                             | Збірний з дерева             | -                           |

### 3.5.2 Розрахунок площі складських приміщень і майданчиків

Розрахунок площ складів виконується за чисельністю матеріалів:

$$Q_{\text{зап}} = Q_{\text{заг}}/T \times a \times n \times k$$

де  $Q_{\text{зап}}$  - складський запас матеріалів,  $Q_{\text{заг}}$  - загальна кількість потрібних для будівництва матеріалів,  $T$  - тривалість будівництва,  $a = 1,1$  - коефіцієнт нерівності постачання матеріалів на склади,  $k = 1,3$  - коефіцієнт нерівномірності витрат матеріалів.

Корисна площа складу  $F$  без проходів знаходиться за формулою:

$$F = Q_{\text{зап}}/q$$

де  $q$  - кількість матеріалів, що вкладається на 1 м<sup>2</sup> складу.

Загальна площа складу:  $S = F/\beta$

де  $\beta$  - коефіцієнт на проходи.

Таблиця 3.4. Розрахунок площі складів

| Конструкції, виробн. матеріали | Одиниці виміру | 2010   | 25,18 | 79,82 | 10 | Коефіцієнт нерівномірності | Коефіцієнт нерівномірності $k$ | Запас на складі $Q_{зм}$ | Норма зберігання на 1 м <sup>2</sup> площі $q$ | Корисна площа складу $F$ , м <sup>2</sup> | Коефіцієнт використання площі складу $\beta$ | Повна площа складу $S$ , м <sup>2</sup> | 12x13 | закритий |
|--------------------------------|----------------|--------|-------|-------|----|----------------------------|--------------------------------|--------------------------|--|---|--|---|-------|----------|
| Газобетонні блоки              | м <sup>3</sup> | 419,29 | 61,39 | 6,82  | 2  | 1,1                        | 1,3                            | 19,5                     | 2,4  | 8,1                                       | 0,6  | 16,2                                    | 4x4   | відкр.   |
| Вікна                          | м <sup>2</sup> | 410    | 7,1   | 58,74 | 2  | 1,1                        | 1,3                            | 167,99                   | 5  | 33,6                                      | 0,5  | 67,2                                    | 7x10  | закрит.  |
| Двері                          | м <sup>2</sup> | 357    | 5,47  | 65,26 | 2  | 1,1                        | 1,3                            | 186,64                   | 5  | 37,32                                     | 0,5  | 74,64                                   | 7x11  | закрит.  |
| Мінераловатні плити            | м <sup>2</sup> | 1027   | 44,7  | 22,97 | 2  | 1,1                        | 1,3                            | 65,69                    | 5  | 13,13                                     | 0,7  | 26,26                                   | 6x5   | закрит.  |
| Арматурна сталь                | т              | 87,23  | 77,7  | 1,12  | 5  | 1,1                        | 1,3                            | 9,85                     | 3,5  | 2,81                                      | 0,6  | 5,62                                    | 2x3   | відкр.   |
| Покриття підлоги               | м <sup>2</sup> | 2010   | 25,18 | 79,82 | 10 | 1,1                        | 1,3                            | 1141,52                  | 15,0   | 76,1                                      | 0,5  | 152,2                                   | 12x13 | закритий |

### 3.5.3 Розрахунок водопостачання будівельного майданчика

Забезпечення безперебійного водопостачання на будівельному майданчику є ключовою умовою для ефективного виконання будівельно-монтажних робіт. Водні ресурси необхідні як для реалізації основних технологічних процесів, так і для задоволення санітарно-гігієнічних потреб працівників [4].

Обчислення господарських витрат на воду за годину, м<sup>3</sup> на будівельному майданчику:

$$Q_{\text{госп}} = \frac{N \times D \times K_1}{n \times 1000} = \frac{28 \times 60 \times 2,7}{8 \times 1000} = 0,56 \text{ м}^3,$$

де:  $N$  - найбільша к-сть працівників за зміну, чол.;

$D$  - питомі витрати на воду одного робітника за зміну, л;

$K_1$  - коефіцієнт нерівномірності постачання води за годину,  $K_1 = 2,7$ ;

$n$  - кількість годин у зміні;

Розрахунок виробничих витрат води за годину, м<sup>3</sup>:

$$Q_{\text{вироб}} = \frac{\rho_{\text{пр}} \times D \times K_2}{n \times 1000} = \frac{25,66 \times 400 \times 1,6}{8 \times 1000} = 2,04 \text{ м}^3.$$

де:  $n$  - к-сть годин у зміні,  $K_2=1,6$ ,  $D=400$ ,  $\rho_{\text{пр}}$  - обсяг робіт, що виконується за зміну.

Кількість витрат води за годин у для охолодження двигунів внутрішнього згорання обчислюється за формулою:

$$Q_{\text{дв.}} = \frac{1,2 \times W_t \times N}{1000} = \frac{1,2 \times 0,025 \times 100}{1000} = 0,003 \text{ м}^3.$$

Розрахунок витрат води на господарські та виробничі потреби виконується за формулою:

$$\Sigma Q = Q_{\text{госп}} + Q_{\text{вир}} + Q_{\text{дв.}} = 0,56 + 2,04 + 0,003 = 2,6 \text{ м}^3.$$

Розрахунок секундних витрат води, л/с, виконується за формулою:

$$q_{\text{роз}} = \frac{\Sigma Q \times 1000}{3600} + q_{\text{пож}} = \frac{2,6 \times 1000}{3600} + 10 = 10,72 \text{ л/с}$$

Визначення діаметру водопровідної лінії виконується за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \times q_{\text{розп}} \times 1000}{\pi \times V}} = \sqrt{\frac{4 \times 10,72 \times 1000}{3,14 \times 1,5}} = 95,42 \text{ мм},$$

де  $V$  - швидкість руху води, 1,5 м/с.ц

За отриманими даними розрахунку діаметр труби приймаємо  $\varnothing$  100 мм.

### 3.5.4 Розрахунок електропостачання будівельного майданчика

Розрахунок загальної потреби в електропостачанні будівельного майданчика з урахуванням втрат і одночасної роботи всіх споживачів знаходить знаходиться по формулі:

$$P_{\text{заг}} = 1,1 \times \left( \frac{K_1 \times \sum P_c}{\cos f} + K_2 \times \sum P_m + K_3 \times \sum P_{\text{оп}} + K_4 \times \sum P_{\text{ов}} \right),$$

де:  $\cos f = 0,75$  - коефіцієнт потужності;

$K_1, K_2, K_3, K_4$  - коефіцієнт попиту;

$K_1 = 0,4; K_2 = 1,0; K_3 = 0,9; K_4 = 1,0;$

$\sum P_c$  - витрати електроенергії для живлення електродвигунів;

$\sum P_T$  - потужність на технологічні потреби;

$\sum P_{\text{оп}}$  - витрати електроенергії на освітлення майданчика;

$\sum P_{\text{ов}}$  - витрати електроенергії на освітлення приміщень.

$$P_{\text{заг}} = 1,1 \left( \frac{0,4 \times 21}{0,75} + 1 \times 18,04 + 0,9 \times 5,99 + 1 \times 6,53 \right) = 47,03$$

Таблиця 3.5. Розрахунок електропостачання

| №                     | Найменування споживачів                      | Од. виміру         | Обсяг або кількість | Потужність на одиницю, кВт | Загальні витрати ел.енергії |
|-----------------------|--|--------------------|---------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Силова електростанція |  |                    |                     |                            | 39,04                       |
| 1                     | Liebherr 35K                                 | шт.                | 1                   | 21                         | 21                          |
| 2                     | Зварювальний апарат Fronius TransSteel 2700C | шт.                | 2                   | 9,02                       | 18,04                       |
| Внутрішнє освітлення  |  |                    |                     |                            | 5,99                        |
| 3                     | Контора і побутові приміщення.               | м <sup>2</sup>     | 75,6                | 0,015                      | 1,134                       |
| 4                     | Душові                                       | м <sup>2</sup>     | 19,68               | 0,003                      | 0,059                       |
| 5                     | Закриті склади                               | м <sup>2</sup>     | 320,03              | 0,015                      | 4,8                         |
| Зовнішнє освітлення   |  |                    |                     |                            | 6,53                        |
| 6                     | Відкриті склади                              | м <sup>2</sup>     | 21,82               | 0,05                       | 1,09                        |
| 7                     | Територія майданчика                         | 100 м <sup>2</sup> | 88                  | 0,005                      | 0,44                        |
| 8                     | Освітлення робочого місця прожектором        | шт.                | 5                   | 1                          | 5                           |

Отже, опираючись на виконані розрахунки, приймаємо трансформаторну станію потужністю 100 кВт, а саме - КТПм 100.

Розрахунок кількості прожекторів розташованих на будівельному майданчику виконується по формулі:

$$n = \frac{pES}{P_{л}} = \frac{0,25 \times 2 \times 2232}{500} = 8 \text{ шт.}$$

де:  $E$  - освітленість, лк;

$S$  - площа, яку потрібно освітити;

$P_{л}$  - потужність лампи прожектора.

$p$  - питома потужність.

Отже, відповідно до розрахунку необхідна к-сть прожекторів - 2 шт.

### 3.5.4 Техніко-економічні показники будівельного генерального плану

Визначені економічні показники будівельного генерального плану винесені у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6. Техніко-економічні показники будівельного плану.

| № | Номенклатура інвентарних споруд                | Одиниці виміру | Площа, м <sup>2</sup> |
|---|--|----------------|-----------------------|
| 1 | Площа будівельного майданчика, $F_m$           | м <sup>2</sup> | 4520,88               |
| 2 | Площа забудови тимчасовими спорудами, $F_{тс}$ | м <sup>2</sup> | 86,88                 |
| 3 | Склади, $F_c$                                  | м <sup>2</sup> | 320,03<br>21,82       |
|   | Закриті  |                |                       |
|   | Відкриті                                       |                |                       |
| 4 | Довжина автошляхів:                            | пог.м          | -                     |
|   | Постійних                                      |                |                       |
|   | Тимчасових                                     |                |                       |
| 5 | Довжина електромереж:                          | пог.м          | -                     |
|   | Постійних                                      |                |                       |
|   | Тимчасових                                     |                |                       |
| 6 | Довжина водопроводу:                           | пог.м          | -                     |
|   | Постійних                                      |                |                       |
|   | Тимчасових                                     |                |                       |
| 7 | Довжина огороження                             | пог.м          | 269,8                 |

### 3.6 Технологічна карта

При виконанні дипломного проекту на тему п'яти поверхова офісна будівля у місті Луцьк була розроблена технологічна карта на встановлення панорамного віконного блоку типового поверху розміром 6250x3000 мм.



Рисунок 3.1 - Вигляд панорамного вікна типового поверху

Технологічна карта містить детальні вузли нижнього, верхнього та бічного примикань віконної рами «VEKA Euroline». Примикання були запроєктовані відповідно до діючих норм та стандартів будівництва з урахуванням технічної документації виробника щодо технології монтажу металопластикових вікон.

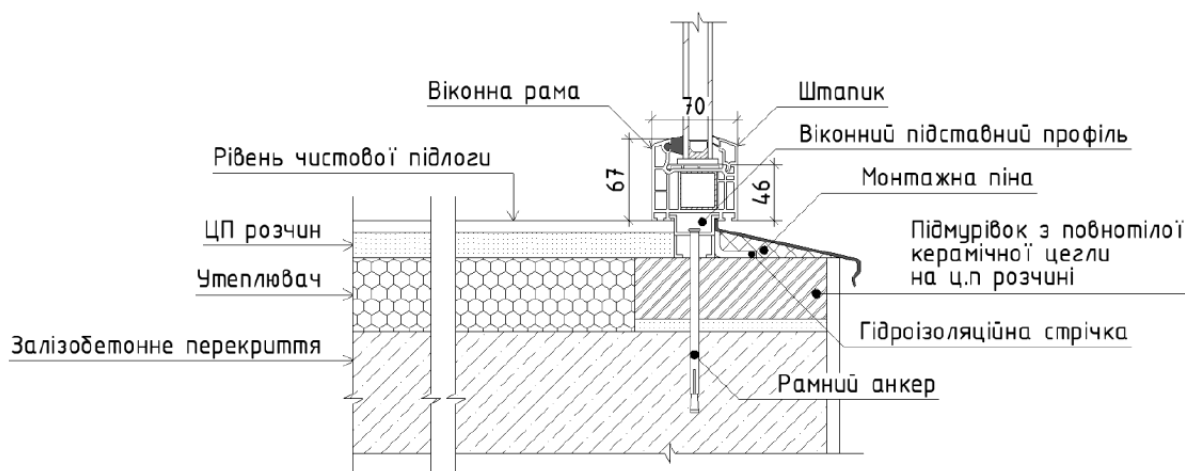


Рисунок 3.2 - Вузол нижнього примикання вікна типового поверху

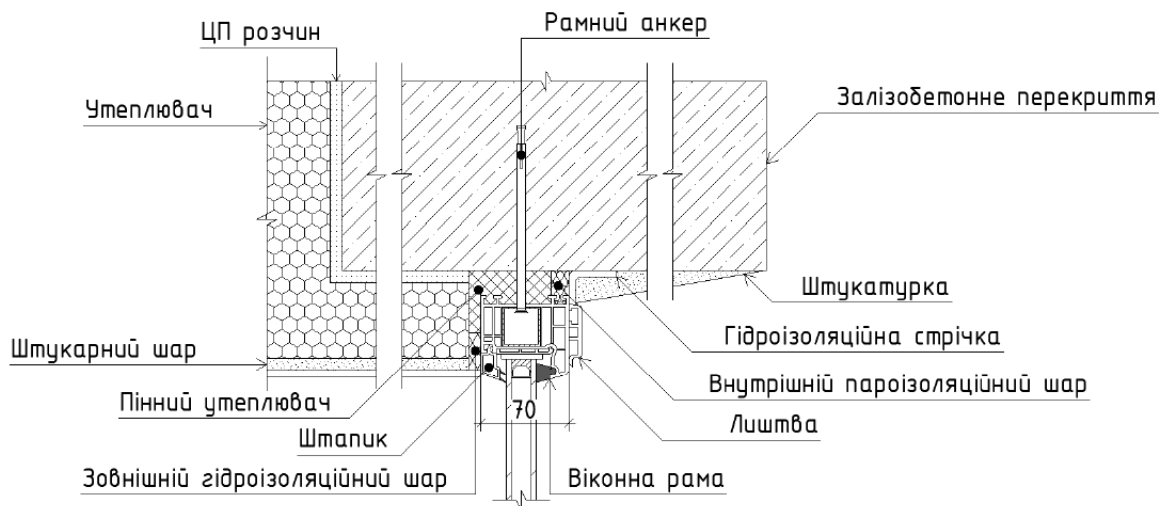


Рисунок 3.3 - Вузол верхнього примикання вікна типового поверху

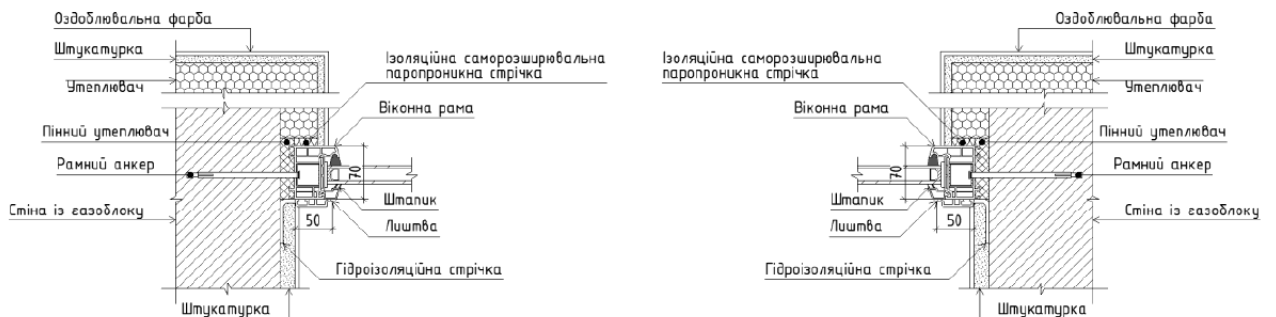


Рисунок 3.4 - Вузол бічного примикання вікна типового поверху

### Технологія виконання монтажних робіт

Перед початком виконання робіт з улаштування віконних конструкцій необхідно переконатися, що фактичні умови на будівельному майданчику відповідають параметрам, зазначеним у проєктній документації. Спершу здійснюється загальний огляд об'єкта, після чого проводиться детальне обстеження кожного окремого прорізу.

Для запобігання непорозумінням між учасниками монтажного процесу на етапі підготовки до встановлення віконного блоку слід чітко визначити та розмежувати обов'язки виробників віконних конструкцій і будівельної організації, включно з такими видами робіт:

- установка нових віконних блоків;
- ізоляція примикань вікон до стін будинків;

- улаштування відкосів;
- виконання штукатурних та опоряджувальних робіт.

Перед початком монтажних робіт із віконної рами знімають навісні стулки та склопакети. Штапики, що утримують склопакет, демонтують і маркують для подальшого встановлення у первинне положення. Віконний блок встановлюють у проєктне положення в отворі із застосуванням монтажних клинів та підкладок.

Раму вирівнюють у горизонтальній та вертикальній площинах за допомогою будівельного рівня або лазерного нівеліра. Відстань від внутрішнього кута коробки до першого кріпильного елемента повинна становити 150 мм. Через намічені точки свердяться отвори відповідного діаметра та глибини. Рама закріплюється за допомогою анкерних болтів відповідно до типу стіни та рекомендацій виробника. Після закріплення перевіряється збереження геометрії та правильність відкривання стулочок.

У раму встановлюються опорні та розпірні підкладки відповідно до карти скління (схеми опор). Склопакети вставляються у фальци рами та фіксуються штапиками. Встановлюються стулки, регулюється фурнітура на притиск, плавність ходу й герметичність прилягання.

В місцях стикування кількох блоків між собою встановлюються додаткові ущільнюючі та теплоізоляційні стрічки для запобігання виникненню “містків холоду”. У місцях сполучення із зовнішнім та внутрішнім оздобленням застосовуються сумісні герметики (силіконові, поліуретанові тощо). Всі зазори між віконним блоком і конструкцією повинні бути заповнені рівномірно [5].

Кріплення віконної рами в прорізі здійснюється за допомогою спеціальних кріпильних елементів і повинно гарантувати:

- надійну та стабільну механічну фіксацію положення віконного блока в отворі;
- передачу всіх експлуатаційних зусиль, що виникають у конструкції вікна, на зависну конструкцію
- рівномірний перерозподіл навантажень по всьому периметру вузла примикання.

### Потреба в матеріально-технічному забезпеченні

Відомості щодо необхідної кількості матеріалів і виробів, а також їх характеристик для улаштування металопластикових вікон із профільної системи «VEKA Euroline» наведено в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7. Потреба в матеріалах і виробах.

| № | Найменування матеріалів            | Одиниця виміру   | Затрати на 8 віконних блоків 3х6,25м |
|---|------------------------------------|------------------|--------------------------------------|
| 1 | Однокамері склопакети 4-16-4       | м <sup>2</sup> . | 150                                  |
| 2 | Металопластиковий віконний профіль | м.               | 246                                  |
| 3 | Монтажна піна                      | шт.              | 20                                   |
| 4 | Пінний утеплювач                   | шт.              | 13                                   |
| 5 | Віконний анкер                     | шт.              | 240                                  |
| 6 | Гідроізоляційна стрічка            | м.               | 160                                  |
| 7 | Пароізоляційна стрічка             | М.               | 160                                  |

Перелік необхідних механізмів, обладнання, інструментів, інвентарю та пристосувань для монтажу віконних блоків подано в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8. Потреба в обладнанні.

| №  | Найменування обладнання, механізмів та інструментів | Кількість |
|----|---|-----------|
| 1  | Шуруповерт  | 2         |
| 2  | Перфоратор  | 2         |
| 3  | Молоток теслярський                                 | 2         |
| 4  | Шпатель   | 4         |
| 5  | Пістолет для пінополіуретану                        | 2         |
| 6  | Набір викруток                                      | 2         |
| 7  | Рулетка   | 2         |
| 8  | Будівельний рівень                                  | 2         |
| 9  | Ножиці по металу                                    | 2         |
| 10 | Ножиці ручні  | 2         |
| 11 | Обценьки  | 2         |
| 12 | Стамеска  | 2         |

## РОЗДІЛ 4

### Економіка будівництва

Економічна частина дипломної роботи є одним із ключових етапів, метою якої є економічне обґрунтування доцільності зведення тої чи іншої будівлі чи споруди. Обчислена кошторисна вартість будівництва дозволяє встановити розмір фінансових ресурсів необхідних для виконання будівельно-монтажних робіт, придбання матеріалів, тощо.

Кошторис являється фундаментом для планування бюджетних витрат, договірної ціни та привернення уваги інвесторів. Наявність кошторису забезпечить прозорість будівництва та його фінансування, підвищить економічну обґрунтованість і посприє ефективній організації будівельного процесу.

Розрахунок кошторисної вартості будівництва п'яти поверхової офісної будівлі у місті Луцьк було виконано за допомогою програмного комплексу - АВК (Автоматизований випуск кошторисів), який забезпечує автоматизацію процесів складання кошторису для подальшого будівництва. Локальний кошторис знаходиться у додатку Б.

## **РОЗДІЛ 5**

### **Охорона праці**

Охорона праці є невід'ємною частиною будь-якого робочого процесу . Вона забезпечує створення безпечних умов проведення виробничих задач на виробництві. Основним напрямком якої є попередження ситуацій, які можуть призвести до: травматизму, аварій, захворювань та інших небезпечних ситуацій. Окрім цього охорона праці на виробництві забезпечує: проведення інструктажів з техніки безпеки на виробництві, організацію робочих міст та умови праці.

П'яти поверхова офісна будівля у місті Луцьк була розроблений згідно нормативних документів, до яких відноситься [6]. Заходи щодо техніки безпеки винесені у додаток А.

## РОЗДІЛ 6

### Науково дослідницька частина

#### **Підвищення межі вогнестійкості залізобетонних пілонів з використанням вогнезахисних покриттів п'яти поверхової офісної будівлі у місті Луцьк.**

##### **Вступ**

Залізобетонні конструкції є широко поширеними елементами більшості сучасних будівель та споруд завдяки поєднанню високої несучої здатності, довговічності та технологічної доступності. Пілони як вертикальні несучі елементи забезпечують просторову жорсткість та загальну стабільність каркаса будівлі, тому їхня працездатність у надзвичайних умовах - зокрема під час пожежі - має ключове значення для запобігання прогресуючому руйнуванню.

Пожежа створює комплексний тепловий вплив, який суттєво змінює фізико-механічні характеристики бетону та арматурної сталі. Під дією високих температур відбувається дегідратація цементного каменю, зниження міцності бетону, втрата адгезії між бетоном і арматурою, а також можливе відшарування або вибухове руйнування захисного шару. У результаті це призводить до різкого зменшення несучої здатності пілонів, формування небезпечних деформацій і, як наслідок, втрати стійкості всієї конструктивної системи будівлі.

Одним із найбільш ефективних і технологічно доступних методів захисту залізобетонних конструкцій є застосування вогнезахисних покриттів. Такі покриття зменшують швидкість прогрівання поверхні бетону, стабілізують теплові процеси в межах конструктивного елемента та забезпечують додатковий бар'єр, який уповільнює втрату міцності під час дії високих температур. Вогнезахисні штукатурки та фарби можуть застосовуватися як у новому будівництві, так і на етапах реконструкції чи підсилення будівель, що робить їх універсальним засобом підвищення пожежної стійкості.

Результати виконаного наукового дослідження пройшли апробацію та були опубліковані у збірнику наукових праць «Студентський науковий вісник» [7]. Публікація відображає ключові положення дослідження та підтверджує наукову новизну й практичну значущість одержаних результатів.

**Актуальність теми** роботи полягає у дослідженні особливостей процесів прогрівання залізобетонних конструкцій при дії високих температур з урахуванням поведінки вогнезахисних покриттів, що допоможе запобігти значних руйнувань під час пожежі.

**Мета роботи** - вивчити методика підвищення вогнетривких характеристик залізобетонних елементів за рахунок використання вогнезахисних покриттів.

**Основними завданнями дослідження є:**

- аналіз проблематики забезпечення вогнестійкості з/б елементів будівлі;
- дослідження впливу вогнезахисних покриттів на вогнетривкі характеристики з/б елементів;
- аналіз ефективності використання покриттів.

**Об'єкт дослідження** - залізобетонні елементи з вогнезахисними тонкошаровими покриттями.

**Проблема забезпечення термічної стійкості залізобетонних елементів**

Залізобетонні конструкції є одними з найпоширеніших елементів у будівлях і спорудах різного призначення, тому відповідно до вимог протипожежної безпеки потребують надійного та ефективного вогнезахисту.

Тривалий вплив високих температур призводить до поступового руйнування та втрати цілісності залізобетонних конструкцій. Характер і масштаб пошкоджень можуть суттєво відрізнятись, що зумовлено різними фізико-механічними властивостями будівельних матеріалів, граничними станами конструкцій за вогнестійкістю та впливом зовнішніх факторів.

Одним із визначальних чинників термічної стійкості є тип заповнювача, використаний у бетоні. Деформації бетону при нагріванні значно різняться залежно від того, чи застосовано природний чи штучний заповнювач. Найбільші температурні деформації виявляються у бетоні, виготовленому на щебні з піщанику, граніту або кварциту, що містять підвищену кількість кварцу. Саме такі заповнювачі найчастіше спричиняють інтенсивне тріщиноутворення та розшарування бетону в умовах високотемпературного впливу [7].

Під час дії високих температур у бетоні утворюються тріщини, що призводить до його відшарування та руйнування. В результаті відшарування бетону арматурна сталь зазнає невідворотних локальних пластичних деформацій з подальшим обваленням конструкції.

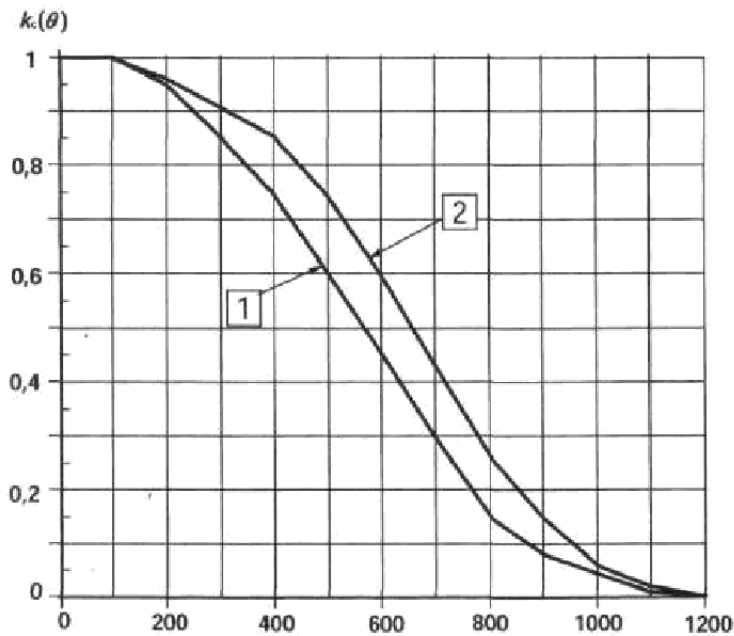


Рисунок 6.1 - Залежність міцності бетону від температури [8].

Де 1 - бетон з використанням силікатного заповнювача; 2 - бетон з використанням карбонатного заповнювача.

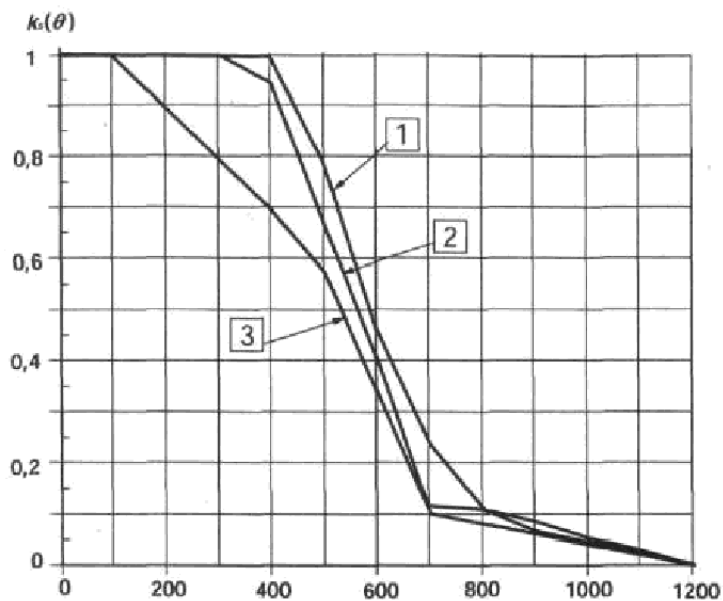


Рисунок 6.1 - Залежність міцності арматурної сталі від температури [8].

Де 1 - гарячекатана арматурна сталь; 2 - холоднодеформована; 3 - стиснута та розтягнута арматура.

При впливі високих температур в залізобетонних конструкціях відбувається крихке вибухонебезпечне руйнування бетону, яке, як правило, починається від 5 до 20 хвилин від початку впливу полум'я і продовжується до повного руйнування конструкцій.

Крихке руйнування виникає внаслідок досягнення бетоном критичних деформацій двох типів. Перший пов'язаний з розширенням бетону внаслідок підвищення температури, особливо під час різкого нагрівання конструкції під час пожежі. Другий тип деформацій зумовлений усадкою бетону, що відбувається через випаровування води, яка міститься в його капілярах і порах при дії високих температур. Теплове розширення може частково відновлюватися після охолодження, натомість деформації, спричинені усадкою, є незворотними [9].



Рисунок 6.2 - Ушкодження залізобетонних конструкцій під час пожежі.

Під дією високих температур у зоні впливу полум'я відбувається інтенсивне відшарування поверхневого шару бетону, що може охоплювати значні площі конструкції. На практиці це проявляється у вигляді локальних глибоких відколів, які оголюють арматурний каркас. У ряді випадків утворюються наскрізні отвори, а несучий переріз істотно зменшується.

### **Вогнезахисні покриття**

Для підвищення межі вогнестійкості будівельних конструкцій широко застосовуються різні типи вогнезахисних покриттів, зокрема тонкошарові спучувальні фарби, а також товстошарові штукатурки. Використання таких матеріалів дає змогу знизити температуру прогрівання бетонних і залізобетонних елементів у середньому на 200-300°C, що суттєво уповільнює втрату міцності бетону й арматури та дозволяє конструкції довше зберігати несучу здатність під час пожежі [7].

Вогнезахисна штукатурка належить до методів конструктивного (пасивного) вогнезахисту, які передбачають створення на поверхні будівельних елементів спеціального захисного шару з підвищеними теплоізоляційними властивостями. Після нанесення та висихання така штукатурка утворює однорідне покриття, що забезпечує значне уповільнення процесу прогрівання бетону під час пожежі.

Однією із сертифікованих вогнезахисних штукатурок в Україні є «Аммокоте GP-240». Згідно до сертифіката відповідності, дане покриття забезпечує підвищення класу вогнестійкості залізобетонних конструкцій до рівня REI 150, що в свою збільшує час зберігання конструкцією її несучих, герметичних та теплоізоляційних властивостей. Матеріал відноситься до класифікації як негорючий (НГ), що дає змогу віднести оброблені ним конструкції до групи поширення вогню М0 та забезпечити необхідне тепловідведення від залізобетонних будівельних конструкцій [10,11].

До переваг системи вогнезахисту «Аммокоте GP-240» можна віднести:

- високу продуктивність та технологічність при нанесенні;
- відсутність усадки;
- високий ступінь адгезії для бетонних субстратів;
- високу шумо- і теплоізоляцію;
- короткий час висихання та досягнення основних показників міцності;
- відсутність утворення диму та токсичних продуктів згоряння під час пожежі.

Таблиця 6.2 - Фізико-хімічні характеристики штукатурки «Аммокоте GP-240» [11].

| Найменування показника   | Значення   |
|--|--|
| Зовнішній вигляд засобу  | Однорідна сипуча суміш   |
| Зовнішній вигляд робочого розчину  | Однорідна пастоподібна маса                                      |
| Зовнішній вигляд покриття  | Однорідний, суцільний без тріщин і відшарувань, світлого кольору |
| Густина покриття, кг/м <sup>3</sup>  | 400-500  |
| Масова частка залишку на ситі з розміром чарунок 2,0 мм, не більше, %            | 1,0  |
| Час придатності робочого розчину, не менше, хв                                   | 30   |
| Вологість засобу, не більше, %   | 1,5  |
| Час придатності розчину, хв, не менше  | 30   |
| Витрата вогнезахисного засобу для отримання покриття товщиною 1 мм, кг, не менше | 0,41   |

Вогнезахисна дія матеріалу «Аммокоте GP-240» зумовлена його теплоізоляційними властивостями. Покриття виготовлене з природних мінеральних компонентів, які зберігають свої фізико-хімічні характеристики в межах нормативних умов експлуатації. Завдяки цьому строк служби покриття може бути зіставним із терміном експлуатації конструкції [11].

Тривалість придатності покриття визначається умовами його експлуатації, дотриманням правил застосування та належним доглядом. За цих вимог строк служби може становити від 10 до 25 років.

#### **Технологія нанесення вогнезахисної штукатурки**

Вогнезахисна обробка полягає у поетапному нанесенні на підготовлену поверхню конструкцій адгезійної ґрунтовки, основного вогнезахисного матеріалу та, за потреби, додаткового захисного лакофарбового покриття.

Підготовка бетонних поверхонь перед нанесенням вогнезахисного покриття включає такі основні операції: очищення поверхні від забруднень і дефектів та її оброблення адгезійними ґрунтувальними матеріалами. Під час очищення поверхні здійснюють видалення пилу, бруду, масляних плям, слабозчеплених шарів бетону, виступаючих нерівностей та інших забруднень, що можуть погіршувати адгезію ґрунтовки та вогнезахисного покриття. Очищення виконують як вручну, так і механізованими засобами. У разі виявлення дефектів поверхні подальше нанесення вогнезахисного матеріалу дозволяється лише після їх усунення.

Перед початком проведення вогнезахисних робіт необхідно здійснити вхідний контроль матеріалу, що передбачає обстеження упаковки на цілісність, оцінку періоду придатності, а також підтвердження відповідності характеристик засобу вимогам, визначеним у проєкті з вогнезахисту. Додатково проводиться перевірка документації наданих матеріалів, свідоцтва із відміткою виробника щодо фактично придбаної кількості матеріалу [11]. Всі ці заходи запобігають отриманню не сертифікованих матеріалів.

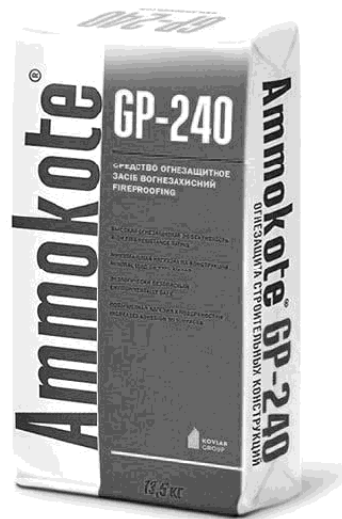


Рисунок 6.3 - Пакування Ammokote GP-240.

Підготовка робочого розчину передбачає змішування вогнезахисного засобу з водою. Під час ручного приготування в чисту ємність об'ємом 35-40 л спочатку заливають 11-13 л питної води, після чого повністю вносять уміст

упаковки засобу. Суміш ретельно перемішують до отримання однорідної консистенції, витримують 2-3 хвилини та повторно перемішують. У разі використання штукатурних станцій засіб подають через завантажувальний люк у бункер змішувача, де відбувається його автоматичне змішування з водою.

Засіб містить значну кількість легких інертних наповнювачів та армувальних волокон, що зумовлює необхідність більш тривалого перемішування й відповідно збільшує загальний час підготовки розчину порівняно зі стандартними будівельними сумішами.

Приготований робочий розчин слід використати протягом 30-60 хвилин від моменту змішування засобу з водою. У процесі нанесення забороняється штучно уповільнювати схоплювання розчину шляхом додавання води чи повторного перемішування, оскільки це призводить до втрати покриття його механічних та експлуатаційних властивостей, що негативно впливає на його здатність виконувати поставлені задачі.

Після первинного перемішування не рекомендується додавати воду, натомість слід збільшити тривалість та інтенсивність змішування. Лише за потреби допускається додавання незначної кількості води з подальшим повторним перемішуванням. Заборонено збільшувати об'єм робочого розчину понад 31-32 л шляхом надмірного перемішування, оскільки це може спричинити погіршення його механічних та вогнезахисних властивостей. Консистенція розчину не повинна бути надто рідкою чи розпливчастою. Готовність суміші оцінюють за допомогою будівельної кельми: розчин вважається придатним до нанесення, якщо він утримується на інструменті [11].

Нанесення робочого розчину виконується відповідно до проекту виконання робіт з вогнезахисної обробки. Формування покриття здійснюється пошарово, при цьому оптимальна товщина одного шару становить 10-15 мм. Перевищення цієї величини може спричинити появу відшарувань або сповзання матеріалу в процесі висихання.

Нанесення вогнезахисного засобу забороняється у разі, якщо температура навколишнього середовища або поверхні конструкції, що обробляється, є нижчою за  $+5^{\circ}\text{C}$ .



Рисунок 6.4 - Вигляд нанесеної вогнезахисної штукатурки.

Виконання робіт на об'єктах під відкритим небом забороняється. Під час нанесення робочого розчину та протягом періоду його тверднення не допускається вібрація конструкцій.

Покрив досягає повної міцності протягом 7-10 діб після нанесення завершального шару робочого розчину за умов температури навколишнього середовища  $+20^{\circ}\text{C}$  та відносної вологості повітря 50%. Орієнтовний час тверднення за інших температур може визначатися за таким принципом: зі збільшенням температури на  $10^{\circ}\text{C}$  тривалість тверднення скорочується удвічі, а зі зниженням на  $10^{\circ}\text{C}$  - відповідно подвоюється.

Забезпечення відповідної температури відіграє важливу у збереженні вогнезахисних характеристик штукатурки. Процес твердіння покриття практично припиняється при зниженні температури нижче встановленого мінімального значення для нанесення, тобто  $+5^{\circ}\text{C}$  [11]. Тому важливо зберігати температурний баланс при нанесенні покриття.

Після виконання штукатурних робіт при потребі є можливість використання декоративні лакофарбні матеріали, що сприяє підвищенню вологостійкості, стійкості до дії агресивних середовищ та інших зовнішніх чинників.

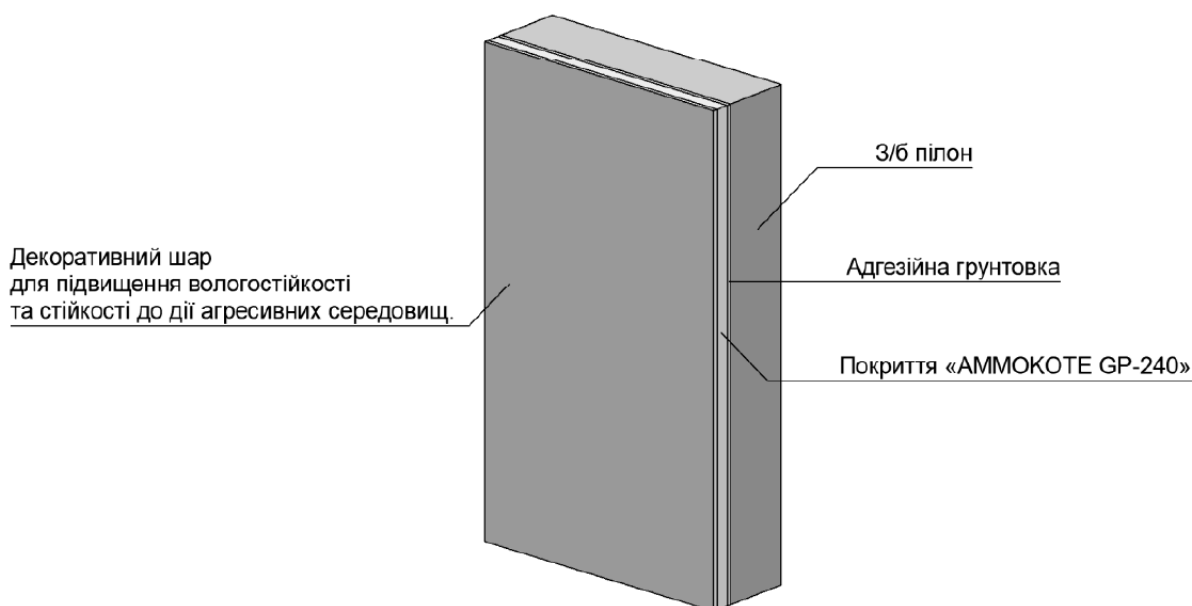


Рисунок 6.4 - Конструкцій вогнезахисту залізобетонних пілонів.

Остаточний контроль якості сформованого покриття проводять не раніше ніж через 15 діб після завершення робіт. Перевірка якості проведених робіт здійснюється в 3 етапи:

- аналіз технічної документації з метою отримання вихідних даних, необхідних для оцінювання відповідності виконаних вогнезахисних робіт;
- візуальний контроль;
- контроль із застосуванням спеціалізованого обладнання.

Візуальний контроль передбачає оцінювання зовнішнього стану покриття. Під час огляду конструкцій, оброблених вогнезахисним засобом, перевіряють відповідність поверхні покриття вимогам технічної документації та виявляють можливі недоліки виконаної вогнезахисної обробки:

- необроблені місця;
- тріщини, відшарування, здуття, осипання;
- наявність сторонніх забруднень, дефектів цілісності покриття чи інших видів пошкоджень.

Вимірювання товщини покриття здійснюються за допомогою штангенциркуля з глибиноміром, голчастого щупа з лінійкою або іншого спеціалізованого інструмента, призначеного для цього виду контролю, відповідно до вимог «Правил з вогнезахисту».

Середнє арифметичне значення отриманих вимірів товщини покриття має бути не меншим за проєктне значення для відповідного конструктивного елемента. Водночас жодне окреме вимірне значення на будь-якій ділянці елемента не повинно становити менше ніж 80 % від проєктної товщини [11].

### **Охорона праці та пожежна безпека**

Вогнезахисна штукатурка «Аммокоте GP-240» та сформований на його основі покрив належать до негорючих матеріалів, що забезпечує їхню пожежну безпеку при дії високих температур. У складі матеріалу відсутні шкідливі або токсичні компоненти, що здатні негативно впливати на організм людини як під час нанесення, так і в процесі подальшої експлуатації. Крім того, засіб не забруднює навколишнє природне середовище, не виділяє небезпечних продуктів під час висихання чи експлуатації та не утворює шкідливих летких речовин. За токсикологічною класифікацією «Аммокоте GP-240» відноситься до малотоксичних речовин, що підтверджує можливість його безпечного використання в будівництві, зокрема всередині приміщень, без додаткових обмежень. Завдяки таким характеристикам матеріал відповідає сучасним вимогам екологічної та санітарної безпеки, що робить його придатним для широкого спектра вогнезахисних робіт.

До складу засобу входять компоненти, які при змішуванні з водою утворюють лужне середовище. У зв'язку з цим необхідно запобігати потраплянню робочого розчину на шкіру чи в очі, оскільки луги можуть спричинити подразнення або хімічні опіки. У разі випадкового контакту зі шкірою розчин слід негайно змити великою кількістю проточної води з використанням мила чи іншого відповідного засобу для гігієнічного очищення. Якщо робочий розчин потрапив в очі, необхідно негайно промити їх чистою

водою протягом кількох хвилин і звернутися по медичну допомогу для запобігання можливим ушкодженням.

Дотримання цих заходів безпеки є обов'язковим під час виконання вогнезахисних робіт, оскільки вони забезпечують захист працівників від потенційно небезпечної дії лужного середовища та зменшують ризик виробничих травм.

Вогнезахисні роботи повинні виконуватися бригадою щонайменше з двох кваліфікованих працівників, що гарантує як безпеку процесу, так і належну організацію виконання операцій. Допуск до таких робіт можливий лише після проходження спеціального навчання з технології нанесення вогнезахисних покриттів, а також після проведення інструктажу з техніки безпеки та охорони праці.

Особи, які здійснюють вогнезахисну обробку, повинні бути забезпечені комплектом засобів індивідуального захисту, що включає захисний одяг, гумові або латексні рукавички, захисні окуляри або щиток, а за необхідності - респіратор для запобігання потраплянню пилу чи аерозолів у дихальні шляхи.



Рисунок 6.5 - Нанесення штукатурного покриття з використанням індивідуального захисту.

Для запобігання ризику падіння працівників з висоти під час виконання вогнезахисних робіт. Необхідно передбачити комплекс спеціальних заходів безпеки. Зокрема, слід обладнати робочі зони тимчасовими огорожувальними конструкціями, що відповідають встановленим нормам техніки безпеки.

Виконання робіт з нанесення вогнезахисного засобу здійснюється з обов'язковим дотриманням вимог пожежної безпеки. Робоча зона повинна бути належним чином обладнана первинними засобами пожежогасіння, що забезпечують можливість оперативного реагування у разі виникнення займання.

Для ліквідації загорянь на початковій стадії допускається використання пожежної коши, спеціальних протипожежних покривал або піску. Крім того, місце проведення робіт має бути забезпечене водними, водопінними, водоаерозольними, порошковими або газовими вогнегасниками відповідно до вимог нормативних документів.

Наявність цих засобів є важливим елементом організації безпечного виконання робіт та дозволяє своєчасно локалізувати можливі осередки пожежі, зменшуючи ризик пошкодження конструкцій і загрози для працівників.

#### **Розрахунок залізобетонного пілону на теплопровідність**

Метою випробування є порівняльна оцінка теплопровідності залізобетонної конструкції з вогнезахисним покриттям та без нього. Для виконання поставленого завдання був використаний програмний комплекс «PyroSim». Даний програмний комплекс дає змогу провести аналіз впливу високих температур на будівельні матеріали.

Випробування виконувались на пілоні розміром 1,2x0,3м та висотою 3м з використанням датчиків вимірювання температури на висоті  $h=1\text{м}$ ,  $h=2\text{м}$ ,  $h=2,7\text{м}$  та глибині 0,02м. Товщина вогнезахисного покриття становить 0,03м.

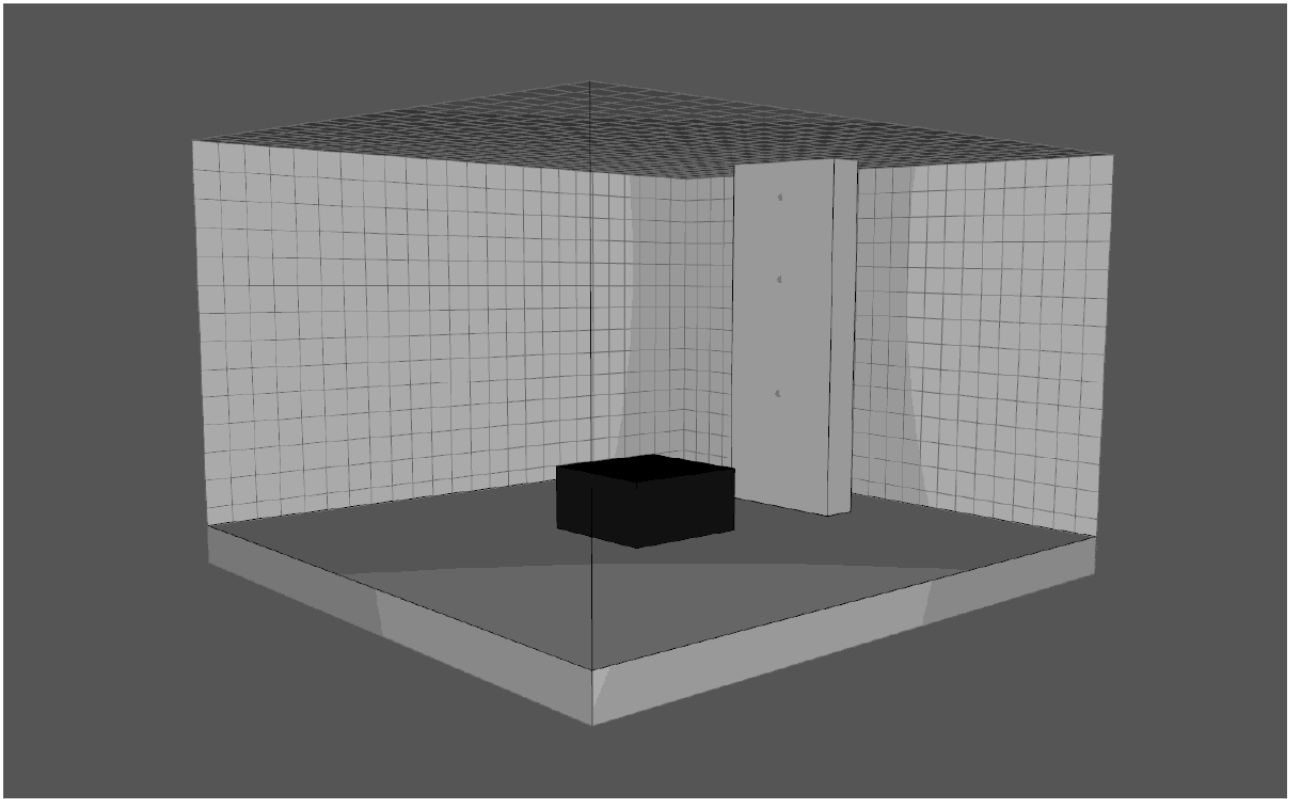


Рисунок 6.6 - Вигляд побудованої моделі випробування.

Характеристики бетону були встановленні відповідно до існуючих в програмі бібліотек будівельних матеріалів.

Таблиця 6.3 - Характеристики залізобетону.

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Густина, кг/м <sup>3</sup> | 2280 |
| Теплоємність, кДж/кг×К     | 1,04 |
| Тепропровідність, Вт/м×К   | 1,8  |

Для виконання розрахунку прогрівання конструкції ключовим чинником є задання джерела теплового впливу. У якості горючого матеріалу було вибрано індустріальне масло зі щільністю тепловиділення - 1836 кВт/м<sup>3</sup>.

Порівняння температур всередині пілону на різних висотах із вогнезахисним покриттям та без нього виконувались впродовж 800 секунд.

У зв'язку з тим що джерело теплового впливу є незмінним та відсутні інші елементи, що могли б загорітись, температурний режим після досягнення пікового значення є стабільним. Також обмеження тривалості моделювання дозволяє оптимізувати обчислювальний процес, оскільки програмний комплекс

виконує розрахунок фізичних змін у кожному елементі просторової сітки, що потребує значних обчислювальних ресурсів.

Порівняння температур всередині пілону на різних висотах із вогнезахисним покриттям та без нього виконувались впродовж 800 секунд.

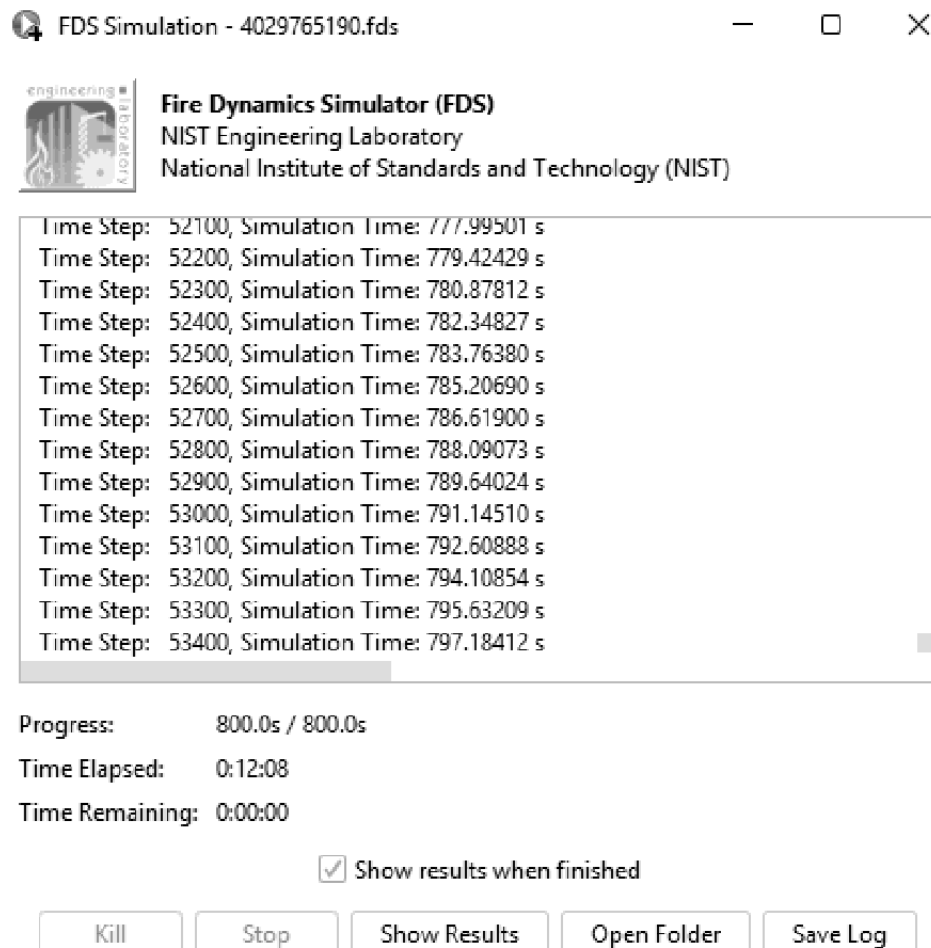


Рисунок 6.7 - Час виконання задачі.

Системні характеристики обчислювальної системи: GPU - RTX 4070 super, CPU - Ryzen 7700x, материнська плата - Asus TUF GAMING B650-PLUS, ОЗП - Kingston DDR5 32GB (2x16GB) 5600Mhz FURY Beast.

Для порівняння впливу температури на залізобетонний виріб для початку був розрахований пілон без урахування вогнезахисної штукатурки.

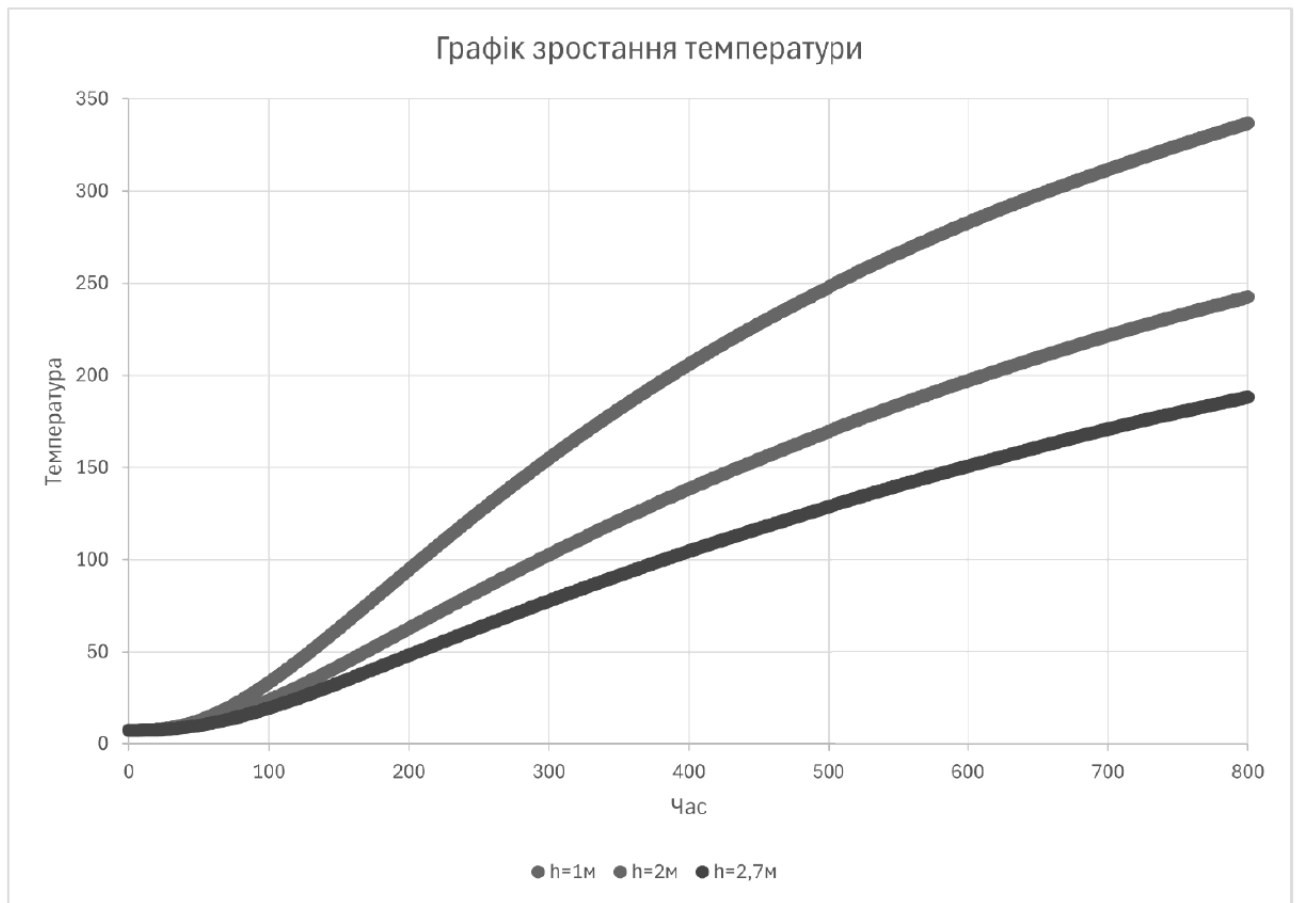


Рисунок 6.8 - Графік зростання температури без захисного покриття.

Проаналізувавши графік можна зробити висновок, що залежність розподілення теплового навантаження на конструкцію є нерівномірним.

В залежності від висоти міняється і прогрівання конструктивного елемента. Перший датчик, який розташований на висоті  $h=1\text{м}$  зафіксував найвищу температуру в діапазоні  $300\text{-}350^{\circ}\text{C}$ . Другий датчик розташований на висоті  $h=2\text{м}$  зафіксував найвищі значення в діапазоні  $200\text{-}250^{\circ}\text{C}$ . Останній датчик, який був розташований на висоті  $h=2,7\text{м}$  має показники найвищої температури в діапазоні  $150\text{-}200^{\circ}\text{C}$ .

Виходячи з даних наведених у графіку можна побачити, що температура в елементі не є критичною та не перевищує  $350^{\circ}\text{C}$ .

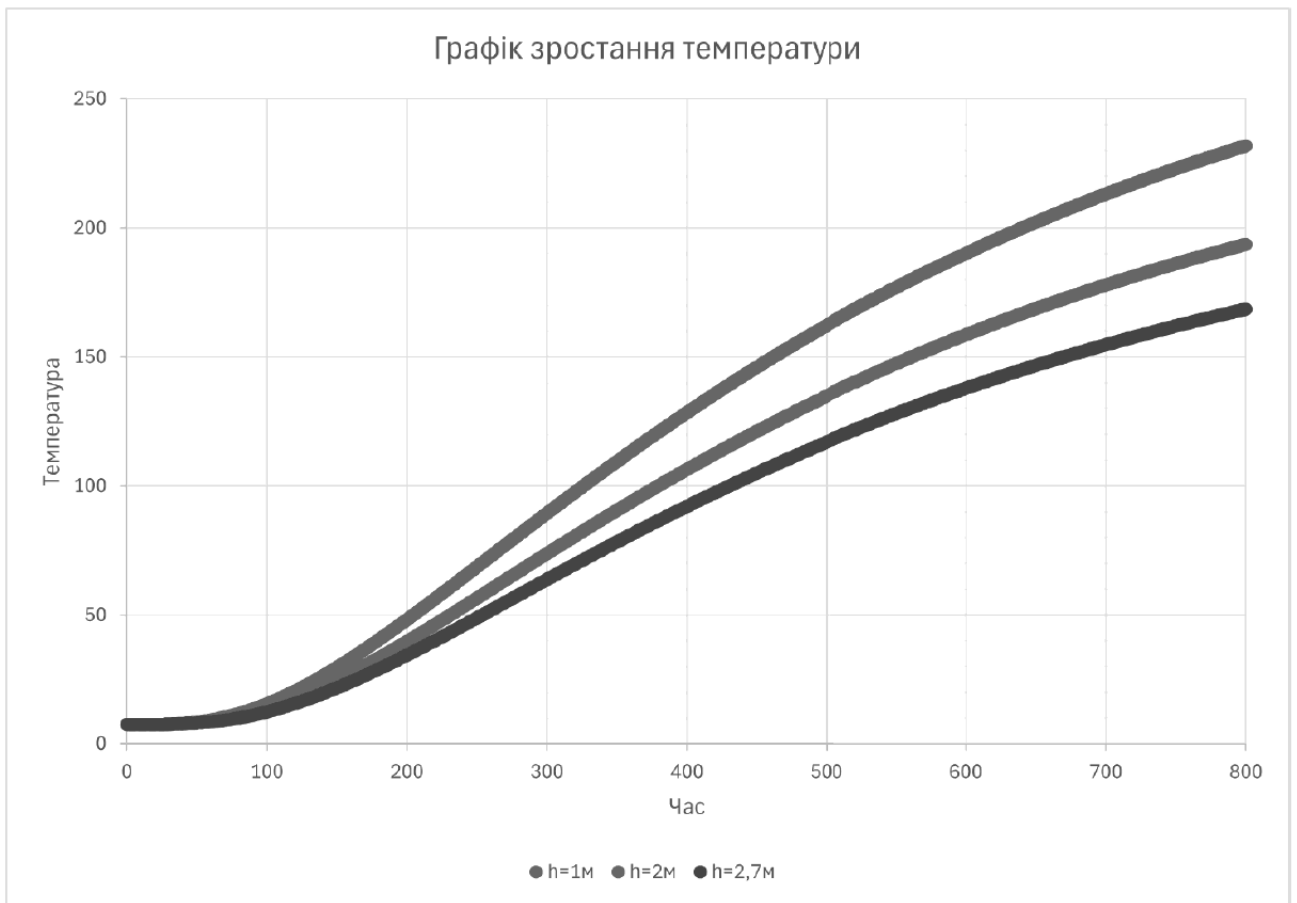


Рисунок 6.9 - Графік зростання температури з захисним покриттям.

Аналізуючи наведенні дані на графіку видно, що із використанням вогнезахисної штукатурки температура в залізобетонному пілоні на всіх висотах не перевищує 250°C.

Найвища температура першого датчика, що розташований на висоті  $h=1\text{м}$  знаходиться в рамках 200-250°C. Температура другого датчик, який розміщений на висоті  $h=2\text{м}$  не перевищує 200°C. Третій датчик, розташований на висоті  $h=2,7\text{м}$  знаходиться в діапазоні 150-200°C.

Аналіз другого графіка свідчить, що наявність захисного покриття безпосередньо впливає на інтенсивність прогрівання залізобетонного елемента; різниця температурного впливу між розрахунковими варіантами сягає до 100°C.

### Висновки до розділу 6

У ході виконаного дослідження встановлено, що залізобетонні конструкції є вразливими до дії високих температур, оскільки пожежний тепловий вплив призводить до деградації фізико-механічних властивостей бетону та арматурної

сталі, зниження адгезії між ними, а також формування небезпечних деформацій, що можуть спричинити втрату несучої здатності конструкції.

Результати чисельного моделювання в програмному комплексі «PyroSim» показали, що прогрівання залізобетонного пілона є нерівномірним.

Порівняльний аналіз графіків температурного впливу на прогрівання залізобетонних конструкцій для варіантів з вогнезахисним покриттям та без нього показав, що різниця температурного впливу сягає до 100°C, що є критично важливим для збереження несучої здатності залізобетонних пілонів під час пожежі.

Отримані результати підтверджують, що використання вогнезахисних штукатурок є ефективним і технологічно доцільним способом підвищення вогнестійкості залізобетонних конструкцій як у новому будівництві, так і при реконструкції та підсиленні існуючих будівель.

## ВИСНОВКИ

При виконанні дипломного проєкту, попередньо вивчивши нормативну літературу, була розроблена п'яти поверхова офісна будівля у місті Луцьк. Було розроблено план першого та типових поверхів у програмі ArchiCAD, був розроблений архітектурний вигляд будівлі в 3D.

Під час виконання проєкту був виконаний повний конструктивний розрахунок каркасу п'яти поверхової офісної будівлі. Визначене армування пілонів, плит перекриття та монолітних стін, розроблені відповідні креслення, які розміщені на листах 3-5.

Був обчислений об'єм та номенклатура будівельних робіт з подальшим виконання календарного плану будівельного процесу. Виконаний підбір монтажного та розрахунок потреби у транспортних засобах для ефективного проведення будівельних робіт.

Був розроблений генеральний план будівельного майданчика з попереднім розрахунком площ закритих і відкритих складських споруд та забезпечення підводу електро- та водопостачання.

Був розроблений локальний кошторис на будівництво та проведена оцінка економічної доцільності у будівництві офісної будівлі у місті Луцьк.

Розроблено технологічну карту монтажу металопластикових віконних блоків.

Проведено науково дослідження впливу вогнезахисних покриттів на підвищення вогнестійких характеристик залізобетонних елементів.

## Література

1. ДСТУ- НБВ.1.1.-27:2010 Будівельна кліматологія.
2. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зі змінами № 1 та № 2» - Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2020.
3. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення».
4. ДБН А.3.1-5-2016 «Організація будівельного виробництва»
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 «Конструкції будинків і споруд. Настанова щодо проектування і улаштування вікон та дверей»
6. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»
7. Динько В. С. Комплексний аналіз поведінки бетонів та вогнезахисних покриттів під дією високих температур // Студентський науковий вісник. Student Scientific Bulletin, Studencki Biuletyn Naukowy. Науковий збірник. Випуск 54. Одеса: Видавництво «Гельветика», 2025. - С. 57-63.
8. Кошмаров Ю.А.Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие
9. Orlovski, Y., Shnal, T., & Pavluk, Y. (2019). Оцінка ефективності вогнезахисних покриттів бетонних і залізобетонних конструкцій у жорстких температурних умовах. Пожежна безпека, 5, 48-52. Retrieved із <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1549>
10. Сертифікат відповідності №UA.10175.CC.0053-24 від 17 квітня 2024 р. на Ammokote GP-240 для вогнезахисту залізобетонних конструкцій (444.57 кВ)
11. Регламент робіт з вогнезахисту засобом «Аммокоте GP-240» для бетонних та залізобетонних будівельних конструкцій : РРВ-06/2024/GP240/CON. - ТОВ «Ковлар Груп», 2024. - 16 с.
12. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» - Київ Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012.

13. ДСТУ Б А.3.2-13:2011 «Будівництво. Електробезпе́чність» - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012.
14. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» - Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017.
15. ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції» - Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.
16. ДСТУ 3760:2019 Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови.
17. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель».



