

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Будівельний факультет

(факультет)

Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій

(назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ магістр  
(бакалавр, магістр)

на тему:

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси

Третяк Дмитро Володимирович

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2024 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Будівельний факультет  
(факультет)

Кафедра залізобетонних та кам'яних конструкцій  
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олександр ЖУРАВСЬКИЙ

“ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ магістр  
(бакалавр, магістр)

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси

(назва)

*Я як здобувач вищої освіти КНУБА розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволена допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.*

Здобувач Дмитро ТРЕТЯК

192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
(спеціальність)

Група ПЦБМ-23-ЗБК

Керівник: Віра КОЛЯКОВА, к.т.н., доцент  
(вчене звання, науковий ступінь)

Рецензент: Ігор СКЛЯРОВ, к.т.н., доцент

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Будівельний

Випускова кафедра: Залізобетонних та кам'яних конструкцій

Ступінь вищої освіти: магістр

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Промислове та цивільне будівництво

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олександр ЖУРАВСЬКИЙ

“ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я  
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ ВИПУСКНОЇ РОБОТИ  
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

Третяк Дмитро Володимирович

*(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)*

1. **Тема роботи** 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси

затверджена наказом ректора КНУБА № \_\_\_\_\_ від « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

2. Керівник роботи

Колякова Віра Маркусівна, к.т.н., доцент.

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

3. Термін подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Архітектурно-планувальні рішення. Опис району будівництва, основних характеристик будівлі, техніко-економічних показників, несучих конструкцій, теплотехнічний розрахунок.

Р.2.1. Залізобетонні конструкції. Збір навантажень на каркас, розрахунок несучих конструкцій будівлі: плити, пілонів, колон, діафрагм, розрахунок армування.

Р.2.2. Основи і фундаменти. Аналіз ґрунтових умов, визначення навантажень, визначення кількості палі, розрахунок осідання.

Р.3. Технологія та організація будівельного виробництва. Розробка технологічної карти, визначення основних машин і механізмів, техніко-економічні показники, визначення об'ємів будівництва.

Р.4. Науково-дослідна частина: Аналіз порівняння традиційних бетонів та високоміцних, визначення та загальні характеристики високоміцних бетонів.

Р.5. Економіка будівництва. Розрахунок кошторисної вартості будівництва.

5. Графічний матеріал за розділами:

P.1. Фасад, плани та перерізи будівлі.

P.2.1. Креслення основних несучих конструкцій. Специфікації матеріалів.

P.2.2. Посадка фундаментів на інженерно-геологічний розріз. Принципова конструкція фундаменту. Специфікації витрат матеріалів.

P3. Технологічна карта, будівельний генеральний план, календарний графік виконання робіт, заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

P4.3-д модель будівлі, розрахункова модель, Ізополя переміщень, мозаїки арматури, таблиця порівняння економії вартості матеріалів та графіки до неї.

6. Консультанти розділів атестаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 1. АР	Гетун Г.В., к.т.н., професор	20.11.24	
Розділ 2.1 ЗБК/МДК	Колякова В.М., к.т.н., доцент	22.11.24	
Розділ 2.2 ОіФ	Гаврилюк О.В., асистент	04.12.24	
Розділ 3. ТБВ/ОУБ	Шпакова Г.В., д.е.н., професор	03.12.24	
Розділ 4. НДЧ	Колякова В.М., к.т.н., доцент	12.12.24	
Розділ 5. ЕБ	Рудь К.М., к.е.н., доцент	26.11.24	

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання	
Розділ 1. Архітектурно-планувальні рішення	08.10.24	
Розділ 2. Конструктивні рішення:	2.1. ЗБК/МДК	12.10.24
	2.2. ОіФ	25.10.24
Розділ 3. Технологія та організація будівельного виробництва	05.11.24	
Розділ 4. Науково-дослідна частина	10.11.24	
Розділ 5. Економіка будівництва	16.11.24	
Остаточне оформлення роботи	24.11.12	
Перевірка роботи для перевірки на плагіат		
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі		
Направлення роботи на рецензування		

8. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник

\_\_\_\_\_

(підпис)

Віра КОЛЯКОВА

Здобувач

\_\_\_\_\_

(підпис)

Дмитро ТРЕТЯК

## Зміст

Вступ.....	1
1. Архітектурно-планувальні рішення.....	3
2. Будівельні конструкції.....	10
2.1. Залізобетонні конструкції.....	10
2.2. Основи і фундаменти.....	35
3. Технологія і організація будівництва.....	50
3.1. Технологічна карта на монтаж плити перекриття.....	51
3.2. Календарний графік будівництва.....	56
4. Охорона праці та навколишнього середовища.....	60
5. Економіка будівництва.....	63
6. Науково-дослідна частина.....	76
7. Список літератури.....	107

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		0

## ВСТУП

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		1

## Вступ

Сучасні міські ландшафти та інфраструктурні вимоги постійно змінюються під впливом потреб сучасного суспільства. Одним із ключових напрямків розвитку будівництва є зведення багатоповерхових житлових будівель. Такі споруди створюють комфортні умови проживання для великої кількості людей, ефективно використовуючи міський простір. Особливу роль у цьому відіграють 16-поверхові житлові будинки, які поєднують сучасні архітектурні рішення та високі стандарти безпеки.

Зростання загроз і ризиків, пов'язаних із надзвичайними ситуаціями, такими як пожежі, природні катастрофи або терористичні акти, вимагає створення будівель із підвищеним рівнем захисту. Це підкреслює важливість забезпечення безпеки мешканців і підвищення стійкості споруд у непередбачуваних умовах.

У даній роботі досліджується проектування та розрахунок 16-поверхового житлового будинку з урахуванням сучасних стандартів безпеки. Особлива увага приділена аналізу ключових аспектів і вимог до проектування, включаючи стійкість будівлі до потенційних загроз, забезпечення безпеки мешканців і довговічність конструкцій.

Одним із важливих аспектів дослідження є вивчення впливу високих температур на залізобетонні конструкції. У роботі розглядаються зміни фізико-механічних властивостей бетону й арматури під впливом пожеж, що дозволяє визначити оптимальні конструктивні рішення для підвищення стійкості споруд до високотемпературних впливів.

Метою роботи є розробка підходів до розрахунку та будівництва 16-поверхових житлових будівель, які забезпечують їхню надійність і безпеку в умовах надзвичайних ситуацій. Особливий акцент зроблено на включенні даних про вплив високих температур на залізобетонні конструкції, що сприяє створенню ефективних конструктивних рішень для підвищення вогнестійкості будівель.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		2

## АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНІ РІШЕННЯ

Консультант

/ Галина ГЕТУН /

Здобувач

/ Дмитро ТРЕТЯК /

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		3

## 1.1. Вихідні дані

- Район будівництва – м. Черкаси.
- Кліматична зона будівництва – І.
- Основні кліматичні дані:
  - Середня температура січня -  $-3,5^{\circ}\text{C}$  ;
  - Середня температура липня -  $+20,+22^{\circ}\text{C}$ ;
  - Середньорічна температура -  $+7,7^{\circ}\text{C}$ ;
  - Середньорічна швидкість вітру –  $3,8\text{ м/с}$ ;
  - Середньорічна вологість повітря –  $76\%$  ;
  - Середньорічна кількість опадів –  $517\text{ мм}$ .
- Характеристика рельєфу - Середня відмітка рельєфу рівнини в межах міста Черкаси  $+163\text{м}$ ; мінімальні  $+72\text{м}$ . Максимальна абсолютна відмітка по області  $+275\text{м}$ . ( поблизу Монастирища). За умовну відмітку  $+0,000$  прийнято рівень чистої підлоги першого поверху, що відповідає абсолютній відмітці  $+102\text{м}$ .
  - Інженерно-геологічні умови:
    - Ґрунтові особливості – пошаровий перелік: 1 шар – насипний; 2 шар – супісок твердий; 3 шар – пісок дрібнозернистий вологий і маловологий середньої густини; 3 шар – суглинок легкий; 4 шар – пісок дрібнозернистий, водонасичений і вологий.
    - Граничні глибини залягання ґрунтових вод, що мають бути забезпечені на територіях міст і селищ в результаті заходів інженерного захисту від підтоплення, приймають не менше ніж  $(0,5-2,0)$  м залежно від видів і призначення територій відповідно до таблиці 1 ДБН В.1.1-25:2009[1] і з урахуванням висоти капілярного підняття найвищого обводненого шару ґрунту, що не повинна перевищувати  $0,5\text{ м}$  і за умови, що на території відсутні карстові явища (Додаток В ДБН В.1.1-25:2009).
    - Глибина промерзання ґрунту – згідно ДБН В.2.1-10:2018[2] (П. 7.5.2; п. 7.5.3) глибина промерзання складає  $1,1\text{м}$ .
    - Ступінь вогнестійкості будівлі – II (табл.1 ДБН В.1.1-7:2016)[3]
    - Клас наслідків (відповідальності) – СС-2 (п. 5.1.5, табл. 1, ДБН В.1.2-14:2018)[4].

## 1.2. Архітектурно-планувальні рішення

Житловий будинок який складається із шістнадцяти типових поверхів, з висотою поверхів  $3,2\text{м}$ . Має розміри в плані  $21,4 \times 30,40\text{м}$  і висотою будівлі  $51,2\text{м}$

В будинку передбачено влаштування та експлікація всіх необхідних за нормами, правилами, функціональному призначенню та побажаннями замовника приміщень. Під житловим будинком передбачено підвальне приміщення, яке виступає бомбосховищем.

Всі поверхи цієї будівлі є типовими. Кожний поверх поділений на 4 квартири, дві двохкімнатні і дві трьохкімнатні.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		4

В двохкімнатній квартирі розташовані так приміщення: Хол з площею 4,5 м<sup>2</sup>, кухня-вітальня з площею 38,9 м<sup>2</sup>, спальна кімната з площею 21,6 м<sup>2</sup>, спальна кімната з площею 25,2 м<sup>2</sup>, ванна кімната з площею 4,8 м<sup>2</sup>, гардеробна з площею 6,1 м<sup>2</sup>, балкон з площею 2,7 м<sup>2</sup>.

В трьохкімнатній квартирі розташовані такі приміщення: Коридор з площею 22,5 м<sup>2</sup>, кухня-вітальня з площею 49,9 м<sup>2</sup>, спальна кімната з площею 20,5 м<sup>2</sup>, спальна кімната з площею 24,5 м<sup>2</sup>, спальна кімната з площею 21 м<sup>2</sup>, ванна кімната з площею 5,4 м<sup>2</sup>, ванна кімната з площею 5,7 м<sup>2</sup>, балкон з площею 2,7 м<sup>2</sup>, балкон з площею 2,7 м<sup>2</sup>.

### 1.3. Конструктивне рішення.

Конструктивна система – монолітно-каркасна.

Фундамент – пальового типу з товщиною плити 1000мм, з огороженням підвального поверху з монолітних стін 500мм. Фундамент виконаний з важкого бетону класу С30/35, під плитою виконана підготовка з бетону класу С8/10 по вирівняній і утрамбованій основі із щебня з крупнозернистим піском товщиною 100мм.

Зовнішні стіни – виконані з керамічної цегли, товщиною 380мм, з улаштуванням теплоізоляції та фасадної системи(150 мм) .

Внутрішні стіни – залізобетонні, товщиною 400мм.

Перекрыття – монолітна залізобетонна плита перекрыття, товщиною 200мм.

Підлога – в таких кімнатах як: спальні кімнати, кухні-вітальні, коридори, холи, гардеробні, передбачено встановлення паркетної дошки. В ванних кімнатах та балконах передбачено встановлення керамічної плитки з неслизькою поверхнею.

Пілони – монолітні залізобетонні перерізом 400х2000мм, 400х1500мм, та г-подібні розмірами 900х900мм шириною 400мм

Покрівля - плоска, суміщенна, з мембраною.

Сходи – двохмаршові, монолітні залізобетонні, ширина маршу 1400мм, розміри сходинок ширина - 300 мм, висота - 150мм.

Вікна по всій будівлі – полівінілхлоридного (ПВХ) профілю (за матеріалом для рамочних елементів), віконні блоки виконані з алюмінієвого сплаву, одинарні зі склопакетом, трьохстулкові, поворотно-відкидні з розмірами вікон 2,5м x 1,6м та 2м x 1м. Двостулкові, поворотно-відкидні з розмірами вікон 1,6м x 1,6м та 1,6м x 1,5м. Одностулкові, поворотно-відкидні розмірами 1,6м x 1м.

Вхідні двері - металевого профілю з скляними вставками розмірами 1,5м x 1,9м, клас використання В3 з ущільненням в притулах, правого відчинення. Вхідні квартирні двері - металеві розмірами 1м x 2,07м. Міжкімнатні дверні блоки виготовлені з дерева розмірами 0,9м x 2,07м, одинарні.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		5

Внутрішнє оздоблення та обладнання приміщень запроектовано стандартним способом із застосуванням матеріалів вітчизняного виробництва:

• Житлові приміщення:

• підлоги – паркет в спальних кімнатах, кухні-вітальні, коридорах, холі та керамічна неслизька плитка в ванних кімнатах, балконах;

• стіни – поліпшена штукатурка в усіх кімнатах.

• стеля – штукатурка чи натяжна стеля.

Деталі фасаду оздоблені композитними панелями під цеглу, з попереднім утепленням стін екструдованим пінополістиролом. Елементи водостічної системи з оцинкованої сталі з полімерним покриттям.

Матеріали опорядження, арматура, прилади, електричні, сантехнічні аксесуари, столярні вироби та інші – вітчизняного виробництва (високої якості), які мають вітчизняні сертифікати якості згідно конструктивного рішення.

#### **1.4. Природне освітлення та інсоляція приміщень будинку, що проектується**

Природне освітлення та тривалість інсоляції житлових приміщень запроектованого будинку відповідає вимогам чинних в даний час в Україні будівельних нормативних документів (ДБН В.2.5-28-2018)[5]. Через відсутність природного освітлення в кухні-вітальні, потрібно буде встановити штучне освітлення.

#### **1.5. Протипожежні та охоронні заходи**

Відповідно до ДБН В.2.2-15:2019[6] "Житлові будинки. Основні положення" дана будівля відноситься до II ступеня вогнестійкості. Об'ємно - планувальне та конструктивне рішення будинку забезпечують безпеку та оперативність у разі необхідності евакуації людей з будинку при пожежі або евакуації людей в укриття під будинком через загрози під час війни.

Усі зовнішні, внутрішні двері, вікна обладнані ущільнюючими пружними прокладками в притулах. Двері в технічні та допоміжні приміщення запроектовані протипожежними з вогнестійкістю 0,6 год.

По відношенню до існуючих забудов, 16-ти поверховий будинок розміщено згідно з нормативними протипожежними та санітарними вимогами.

#### **1.6. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, зовнішніх стін та горища**

1. Вихідні умови:

1.1. Параметри клімату району будівництва для м. Київ.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		6

Згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [7], та ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»[8]:

Середня температура найхолоднішої доби:

$$t_1^{0.98} = -24^{\circ}\text{C} \dots t_1^{0.92} = -22^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура найхолодніших п'яти діб:  $t_5^{0.92} = -23^{\circ}\text{C}$ .

Зона вологості району будівництва: волога.

Температурна зона району будівництва – перша.

1.2. Параметри мікроклімату приміщень:

Температура внутрішнього повітря:  $t_B = 21^{\circ}\text{C}$ .

Вологість внутрішнього повітря: 76%

1.3. Теплотехнічні показники стіни:

1 шар: цегляна кладка щільністю  $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$  товщиною 400 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,57 \text{ Вт/(м * К)}$ .

2 шар: утеплювач з екструдованого пінополістиролю щільністю  $\rho = 35 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 150 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,041 \text{ Вт/(м * К)}$ .

3 шар: внутрішня штукатурка щільністю  $\rho = 1700 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 10 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м * К)}$ .

4 шар: зовнішня штукатурка щільністю  $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 15 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,79 \text{ Вт/(м * К)}$ .

Коефіцієнт теплопровідності внутрішньої поверхні  $\lambda_B = 8,7 \text{ Вт/(м * К)}$ .

Коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні  $\lambda_3 = 23 \text{ Вт/(м * К)}$ .

### Розрахунок

Опір тепло сприйняттю внутрішньої поверхні:

$$R_B = \frac{1}{\lambda_B} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}.$$

Опір теплопередачі зовнішньої поверхні:

$$R_3 = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{23} = 0,044 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}.$$

• Термічний опір 1-го шару:

$$R_1 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,4}{0,57} = 0,701 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}.$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		7

- Термічний опір 2-го шару:

$$R_2 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,15}{0,041} = 3,658 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

- Термічний опір 3-го шару:

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,01}{0,76} = 0,013 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

- Термічний опір 4-го шару:

$$R_4 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,015}{0,79} = 0,019 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

Термічний опір ділянки

$$R_k = \sum R_1 = 0,701 + 3,658 + 0,013 + 0,019 = 4,391 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі стіни

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалювальних споруд обов'язкове виконання умов:  $R_q \geq R_{q \min}$ , при  $R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}$

$$R_{\Sigma \text{пр}} = R_{\text{в}} + R_3 + R_k = 0,115 + 0,044 + 4,391 = 4,55 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 4,55 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{q \min} = 4,0 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}, \text{ тобто умова виконується.}$$

Приймаємо утеплювач з екструдованого пінополістиролу, товщиною 150 мм.

1.4. Теплотехнічні показники покриття:

1 шар: бетон С20/25 щільністю  $\rho = 2400 \text{ кг/м}^3$  товщиною 200 мм, теплопровідність  $\lambda = 1,8 \text{ Вт/(м * К)}$ .

2 шар: пароізоляційна плівка щільністю  $\rho = 2 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 15 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,2 \text{ Вт/(м * К)}$ .

3 шар: утеплювач з екструдованого пінополістиролу щільністю  $\rho = 35 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 250 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,041 \text{ Вт/(м * К)}$ .

4 шар: армована ц.п. стяжка щільністю  $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 50 мм, теплопровідність  $\lambda = 1,1 \text{ Вт/(м * К)}$ .

5 шар: два шари наплавленого рубероїду щільністю  $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$ , товщиною 50 мм, теплопровідність  $\lambda = 0,18 \text{ Вт/(м * К)}$ .

Коефіцієнт теплопровідності внутрішньої поверхні  $\lambda_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м * К)}$ .

Коефіцієнт теплопровідності зовнішньої поверхні  $\lambda_{\text{з}} = 23 \text{ Вт/(м * К)}$ .

### Розрахунок

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		8

Опір тепло сприйняттю внутрішньої поверхні:

$$R_B = \frac{1}{\lambda_B} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі зовнішньої поверхні:

$$R_3 = \frac{1}{\lambda_3} = \frac{1}{23} = 0,044 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

• Термічний опір 1-го шару:

$$R_1 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,2}{1,8} = 0,36 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

• Термічний опір 2-го шару:

$$R_2 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,015}{0,2} = 0,075 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

• Термічний опір 3-го шару:

$$R_3 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,25}{0,041} = 6,097 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

• Термічний опір 4-го шару:

$$R_4 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,05}{1,1} = 0,045 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

• Термічний опір 5-го шару:

$$R_5 = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,05}{0,18} = 0,277 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

Термічний опір ділянки

$$R_k = \sum R_1 = 0,36 + 0,075 + 6,097 + 0,045 + 0,277 = 6,854 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

Опір теплопередачі стіни

Для зовнішніх огорожувальних конструкцій опалювальних споруд обов'язкове виконання умов:  $R_q \geq R_{q \text{ min}}$ , при  $R_{q \text{ min}} = 6,0 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}$

$$R_{\Sigma \text{пр}} = R_B + R_3 + R_k = 0,115 + 0,044 + 6,854 = 7,013 \text{ м}^2 * \text{К/Вт.}$$

$$R_{\Sigma \text{пр}} = 7,013 \text{ м}^2 * \frac{\text{К}}{\text{Вт}} > R_{q \text{ min}} = 6,0 \text{ м}^2 * \text{К/Вт}, \text{ тобто умова виконується.}$$

Приймаємо утеплювач з екструдованого пінополістиролу, товщиною 250 мм.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		9

**КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ:  
ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ**

**Консультант**

**/ Віра КОЛЯКОВА /**

**Здобувач**

**/ Дмитро ТРЕТЯК /**

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		10

## 2.1. Дані для проектування

Місце будівництва – м. Черкаси.

Розміри будівлі (в плані) – 30,40x21,40 м.

Кількість поверхів – 16.

Зовнішні стіни з керамічної цегли товщиною 380мм.

Клас робочої повздовжньої арматури:

- для плити перекриття над укриттям (500мм) приймаємо А400С,
- для плити перекриття (200мм) приймаємо А400С,
- для несучих залізобетонних стін (400мм),
- монолітних пілонів (400мм) приймаємо також А400С.

Клас бетону:

- для плити перекриття над укриттям приймаємо С30/35,
- для стін, пілонів та плит перекриття між поверхами приймаємо С25/30.

## 2.2. Розрахунково-конструктивний розділ

### Конструктивні характеристики плити перекриття

Плита перекриття прийнята товщиною 200 мм. Виконана з бетону класу С25/30 та заармована арматурою класу А400С.

Плити перекриття над укриттям товщиною 500мм, бетон класу С30/35 та арматура класу А400С.

Плита перекриття товщиною 500 мм над підземним укриттям має спеціальні конструктивні особливості, що забезпечують її міцність і безпеку. Для підвищення стійкості застосовуються арматурні стрижні, які рівномірно розподіляють навантаження по площі конструкції. Використовується високоміцний бетон із оптимізованим складом, здатний витримувати значні навантаження. Зменшення власної ваги плити досягається за рахунок спеціальної геометрії, наприклад, пустотних структур або легких вставок. Передбачені заходи захисту від впливу води, корозії арматури та інших деструктивних факторів. Для додаткової ізоляції можуть застосовуватися матеріали, що знижують теплопередачу або захищають від вологи. Усі розрахунки враховують статичні, динамічні навантаження та нерівномірності розподілу тиску.

Збір навантаження на 1м<sup>2</sup> плити перекриття ведемо в табличній формі (табл.1, 2)[9].

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		11

Таблиця 1

Збір навантаження на 1м<sup>2</sup> плити перекриття[9]

№	Навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності за навантаженням, $\gamma_{fm}$	Коеф. надійності за відповідальністю, $\gamma_n$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Постійне					
1	Паркетна дошка - 15 мм	0,08	1,200	0,975	0,094
2	Ц/п стяжка – 65 мм	1,15	1,200	0,975	1,34
3	Власна вага плити - 200 мм	6	1,100	0,975	6,435
4	Утеплювач ЕППС – 30 мм	0,04	1,200	0,975	0,047
Разом					$g = 7,934$
Тимчасове:					
	Корисне	1,76	1,20	0,975	2,06
Разом:		9,03	$g + v =$		9,994

Таблиця 2

Збір навантаження на 1м<sup>2</sup> плити перекриття на +0.000

№	Навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності за навантаженням, $\gamma_{fm}$	Коеф. надійності за відповідальністю, $\gamma_n$	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Постійне					
1	Паркетна дошка - 15 мм	0,08	1,20	0,975	0,094
2	Ц/п стяжка - 65 мм	1,15	1,20	0,975	1,34
3	Власна вага плити – 500 мм	11,76	1,10	0,975	12,612
4	Утеплювач ЕППС-30мм	0,04	1,20	0,975	0,047
Разом					$g=14,093$
Тимчасове:					
Корисне		1,76	1,20	0,975	2,06
Разом:		14,79			16,153

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		12

Збір навантажень на 1м<sup>2</sup> фундаментної плити

№	Навантаження	Характеристичне навантаження, кН/м <sup>2</sup>	Коеф. надійності за навантаженням,	Коеф. надійності за відповідальністю,	Розрахункове навантаження, кН/м <sup>2</sup>
Постійне					
1	Керамічна плитка - 15 мм	0,32	1,20	0,975	0,374
2	Клей для плитки - 6 мм	0,088	1,20	0,975	0,103
3	Ц/п стяжка - 65 мм	1,15	1,20	0,975	1,34
4	Власна вага плити – 1000 мм	23,54	1,10	0,975	25,23
5	Утеплювач ЕППС-30мм	0,04	1,20	0,975	0,047
6	Гідроізоляція БПМ-5 мм	0,063	1,20	0,975	0,073
Разом					g=27,167
Тимчасове:					
Корисне		1,76	1,20	0,975	2,06
Разом:		26,961			29,227

Розрахунок конструкції проводився в програмному комплексі ПК «ЛІРА-САПР» 2022, було враховано власну вагу несучих елементів, таких як: плити перекриття, пілони, колони та стіни. Також для розрахунку було враховано навантаження від вітру, снігу, покриття та корисне навантаження.

Всі розрахунки виконані у відповідності з ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи».

Просторова та скінчено-елементна модель будівлі наведена на Рис. 1. та Рис. 2.

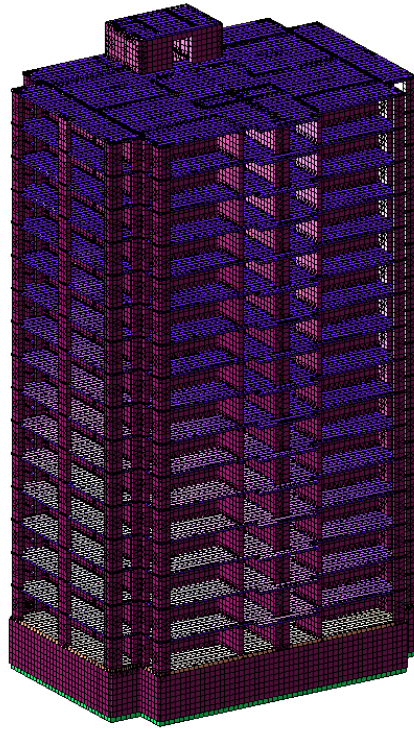


Рис. 1. Просторова модель будівлі

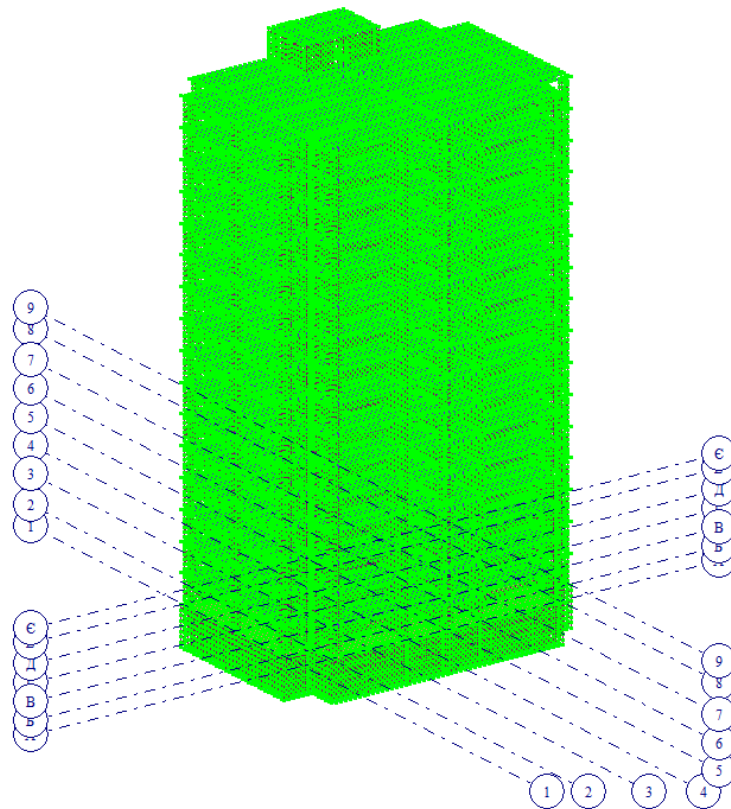


Рис. 2. Скінчено-елементна модель будівлі

Скінчено-елемента модель будівлі з шести ступенів вільності.  
В розрахунковій схемі використовувались наступні види КЕ:

- Тип 42. Універсальний трикутний КЕ оболонки;
- Тип 44. Універсальний чотирикутний КЕ оболонки.

Завантаження, що діють на конструкцію:

- 1) Власна вага залізобетонної плити – постійне навантаження;
- 2) Навантаження від підлоги – постійне навантаження;
- 3) Навантаження від стін – постійне навантаження;
- 4) Корисне навантаження – змінне короткочасне навантаження;
- 5) Снігове навантаження – короткочасне навантаження;
- 6) Вітрове навантаження  $X$  – короткочасне навантаження;
- 7) Вітрове навантаження  $Y$  – короткочасне навантаження.

Статичний розрахунок виконують на силові (зосереджені та розподілені) і деформаційні (задані переміщення, температура) впливи.

Застосовують модуль РСН для обчислення переміщення та зусиль від лінійних комбінацій завантажень відповідно до чинних нормативів.

### 2.3. Виконання статичного розрахунку за допомогою ПК «ЛІРА-САПР» 2022

Навантаження від власної ваги, від стін та підлоги наведено на Рис. 3.-5

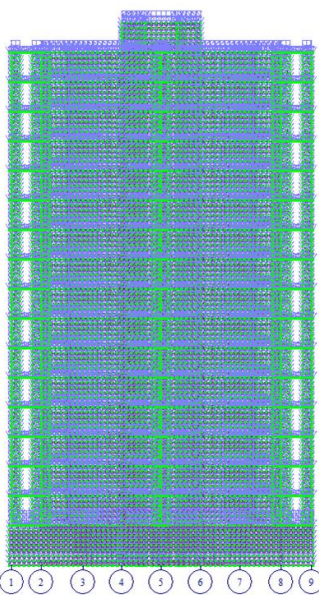


Рис. 3. Навантаження від власної ваги

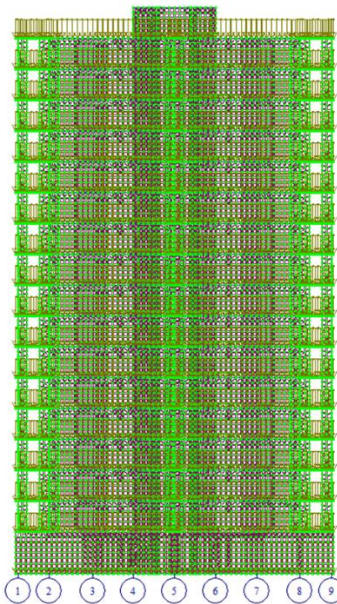


Рис. 4. Навантаження від стін

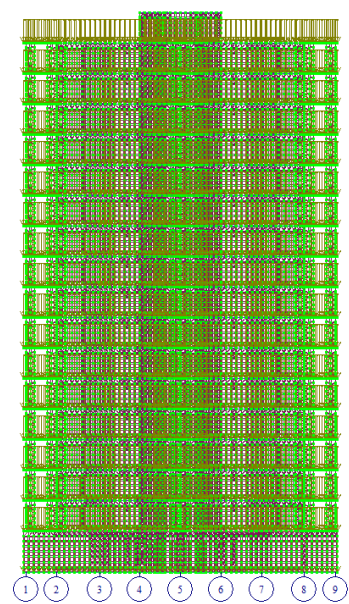


Рис. 5. Навантаження від підлоги

Корисне навантаження та Снігове навантаження наведено на Рис. 6., 7

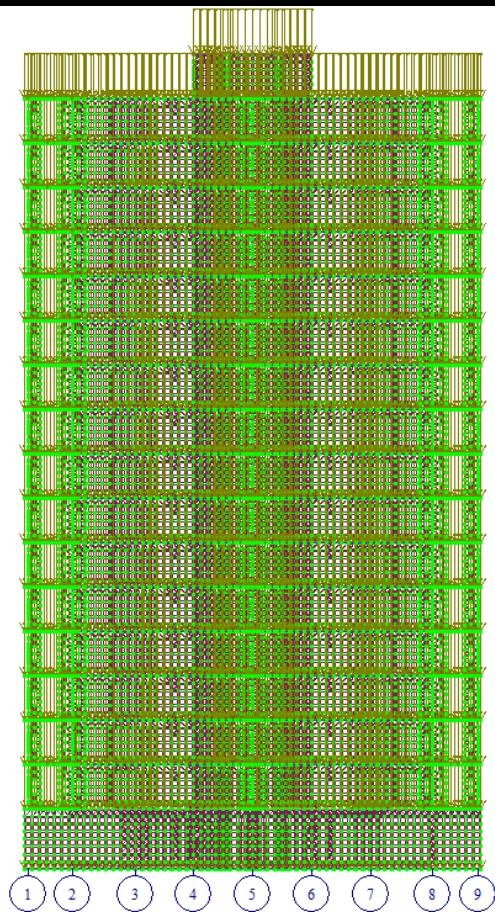


Рис. 6. Корисне навантаження

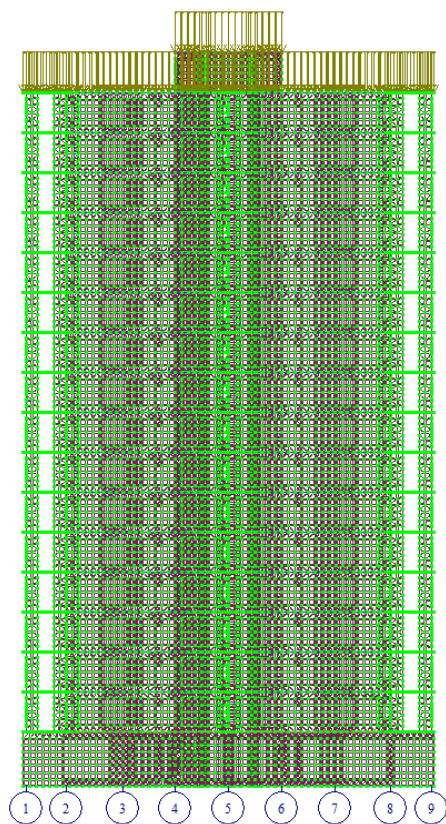


Рис. 7. Снігове навантаження

## Вітрове навантаження показано на рис. 8. 9

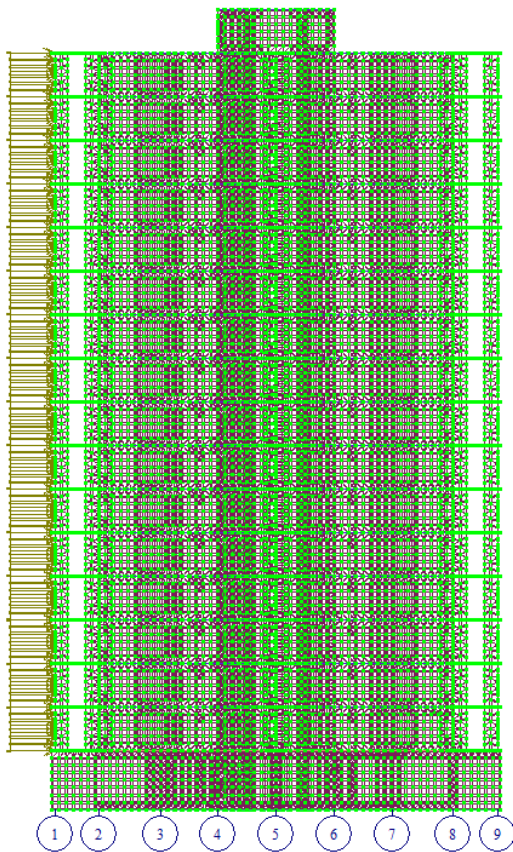


Рис. 8. Вітер по Х

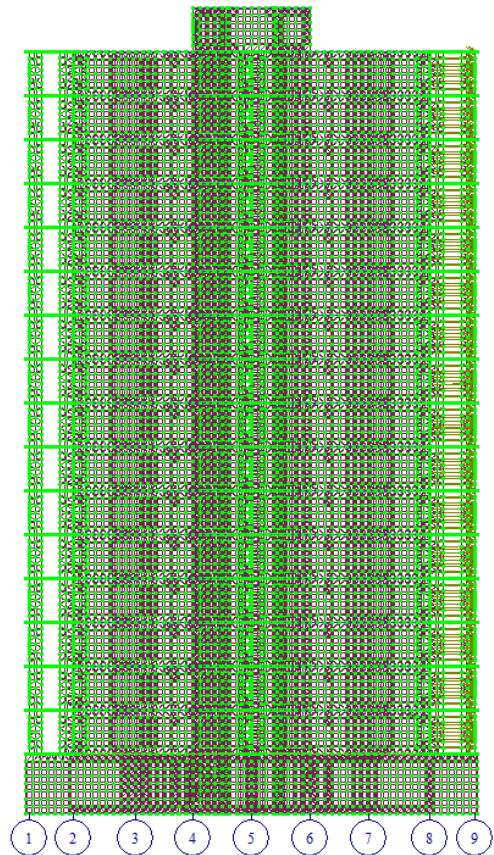


Рис. 9. Вітер по У

### Вихідні дані до моделі

ДБН В.2.6-98:2009 Матеріали для розрахунків З/Б конструкцій

ТИП СТЕРЖЕНЬ  Редаговані таблиці

#	Назва	Вид розр...	Симе...	Низ (...)	Верх ...	Бік (ц...	II гра...	Трива...	Нетр...	Крок/Д...	Довж...	Розр...	Ly	Lz	Урах...
6	Стержень	Н		3.00	3.00	3.00	+	0.30	0.40	Д 10 мм	0.00	КРД	0.00	0.00	-

---

ПЛАСТИНА

#	Назва	Вид розр...	Вид П...	Низ Х ...	Верх Х...	Низ Y ...	Верх Y...	1 кв.м....	II гран...	Трива...	Нетри...	Крок/...	Урах...	Висо...
2 (1)	Плита пер...	Плита	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	К 100...	-	-
3 (3)	Плита над ...	Плита	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	К 100...	-	-
4 (1)	Фундамент...	Плита	-	3.00	3.00	3.00	3.00	-	+	0.30	0.40	К 100...	-	-
5 (1)	Плони та с...	Стіна	-	3.00	3.00	-	-	-	+	0.30	0.40	К 100...	-	-

---

БЕТОН

#	Назва	Клас б...	f <sub>с</sub> к...	f <sub>с</sub> тк...	E <sub>с</sub> ...	Діагран...	Відносн...	Асс ...	Аст ...	G <sub>с2</sub> ...	G <sub>с3</sub> ...	G Гр...	SEY ...	SEZ ...
1 (1)	Бетон фунда...	C30/35	35.0	2.0	3450...	2-льнй...	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
2 (1)	Бетон звича...	C25/30	30.0	1.8	3250...	2-льнй...	80.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00

---

АРМАТУРА

#	Назва	RХ П...	k=f <sub>к</sub> ...	E <sub>стк</sub> ...	R <sub>Y</sub> П...	k=f <sub>к</sub> ...	E <sub>стк</sub> ...	RT П...	k=f <sub>к</sub> ...	E <sub>стк</sub> ...	Карк...	S1, К...	S2, К...	D ...	N, ...	Po...	Жо...
1 (1)	Арматура	A400...	1.05	2.50	A400...	1.05	2.50	A240...	1.08	2.50	В'яз...	1.00	1.00	32	1	-	-

Назва Плита над укрітти

Вид розрахунку Плита (Вигин)

Система Статично невизначена

Розрахунки

Підбирати арматуру по теорії Вуда B+

Ураховувати вогнестійкість

Підбирати поперечну арматуру на 1 кв.м.

Нормативні характеристики матеріалів для особливого аварійного сполучення

Ураховувати пластичність

Використовувати модифікований алгоритм

Точність розрахунку, % % армування

Попередн. 20 MIN 0.05

Основного 1 MAX 10

Діапазон коеф. використання несної здатності

MIN 0.9 MAX 1.5

Відстань до цв. арматури

A1X 3 см A1Y 3 см

A2X 3 см A2Y 3 см

Арматура розрахунку на продовження

Ax 0 Ay 0  0  см2

Розрахунки по граничних станах II групи

Тривалий тривалі, мм 0.3

Точний інтервал, мм 0.4

Крок арматурних стрижнів, мм

Розрахункова висота

1 мм  Коефіцієнт 1

Армування Несиметричне

Рис. 10. Характеристики матеріалів щодо З/Б розрахунку плити

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис
Дата			

Розрахункові сполучення навантажень

Номер таблиці РСН: 1    Ім'я таблиці РСН: ДБН В. 1.2 - 2:2006\_1

ДБН В. 1.2 - 2:2006

Коеф. надійності за відповідальністю:

- для I-го ГС: 1
- для II-го ГС: 1
- для аварійних сполучень: 1

У розрахунковій схемі задані:

- розрахункові навантаження
- нормативні навантаження

Не враховувати сейсміку для II-го ГС

Не враховувати особливе завантаж. для II-го ГС

Динаміка по модулю

Визначальні РСН

N завантаж.	Найменування	Вид	Знакозмін.	Взаемовикл.	Yfm / Yfe	P q / P ch
1	Власна вага Навантаження від підлоги	Постійне(П)	+		1.1	1.0
2		Постійне(П)	+		1.1	1.0
3	Навантаження від стін	Постійне(П)	+		1.1	1.0
4	Корисне	Короткочасне(К)	+		1.0	0.35
5	Сніг Вітер зліва	Тривале(Т)	+		1.2	1.0
6	Вітер зправа	Короткочасне(К)	+		1.0	0.35
7		Короткочасне(К)	+		1.0	0.35

1 основне  
2 основне  
Аварійне (С)  
Аварійне (б/С)

$\Sigma П + Д + К + (Кр + Т) + М$

Додати    Коефіцієнти

Рис. 11. Значення таблиці РСН

Розрахункові Сполучення Зусиль

Номер таблиці РСЗ: 1    Ім'я таблиці РСЗ: ДБН\_1

Будівельні норми: ДБН В. 1.2 - 2:2006

К надійності за відповідальністю:

- для I-го ГС: 1.00
- для II-го ГС: 1.00
- для аварійних сполучень: 1.00

Номер завантаження: 1    Власна вага

Вид завантаження: Постійне(0)    За умовчанням

N групи об'єднаних тижасових завантажень: 0

Враховувати знакозмінність:

N групи взаемовиключаючих завантажень: 0

NN супутніх завантажень: 0

Відношення коефіцієнтів  $Y_{fm} / Y_{fe}$ : 1.10

Відношення Pq / Pch: 1.00

Не враховувати для II-го гран. стану:

Обмеження для кранів та гальм: Кран  Гальмо

Зведена таблиця для обчислення РСЗ:

#	Коефіцієнти для РСЗ														
	1 основ.	2 основ.	Аварійн.	Авар.(бС)	5 сполуч.	6 сполуч.	7 сполуч.	8 сполуч.	9 сполуч.	10 сполуч.	11 сполуч.	12 сполуч.	13 сполуч.	14 сполуч.	15 сполуч.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	1.00	0.90	0.50	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

N#	Ім'я завантаж...	Вид	Параметри РСЗ					Коефіцієнти РСЗ				
1	Власна вага	Постійне(0)	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0.90	1.00	
2	Навантажен...	Постійне(0)	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0.90	1.00	
3	Навантажен...	Постійне(0)	0	0	0	0	0	1.00	1.00	0.90	1.00	
4	Корисне	Тривале ...	1	0	0	0	0	1.00	0.95	0.80	0.95	
5	Сніг	Тривале ...	1	0	0	0	0	1.00	0.95	0.80	0.95	
6	Вітер зліва	Постійне(0)	0	0	0	0	0	1.00	0.90	0.50	0.80	
7	Вітер зправа	Короткочасн...	2	0	0	0	0	1.00	0.90	0.50	0.80	

Рис. 12. Значення таблиці РСЗ

### 2.3. Аналіз розрахунків

За результатами розрахунку в ПК Ліра САПР отримані ізополя напружень та переміщень по осям X та Y (рис. 13-17)

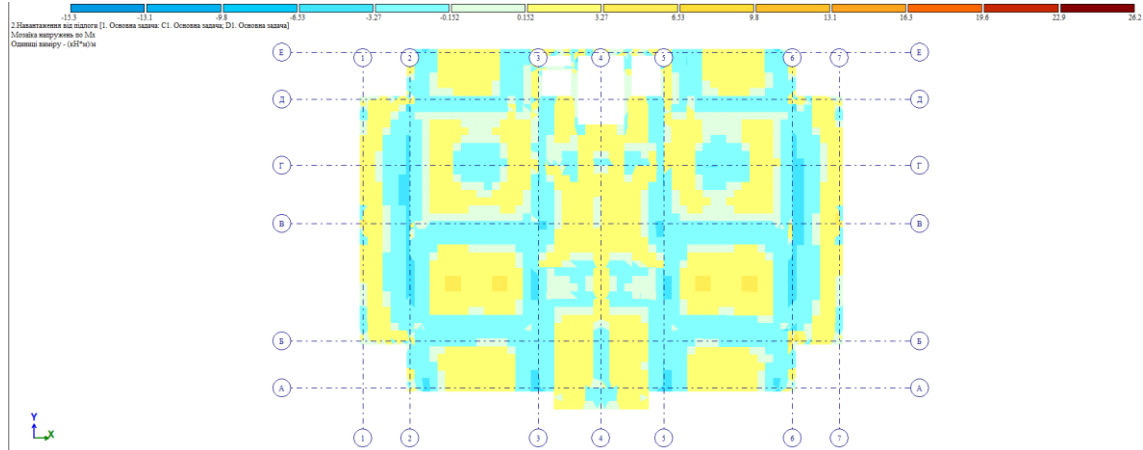


Рис. 13. Ізополя напружень по  $M_x$

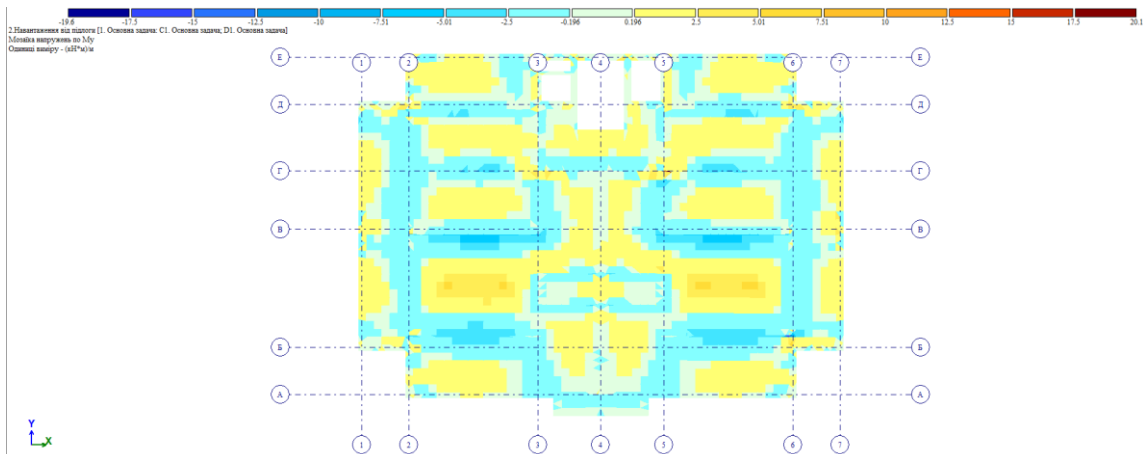


Рис. 14. Ізополя напружень по  $M_y$

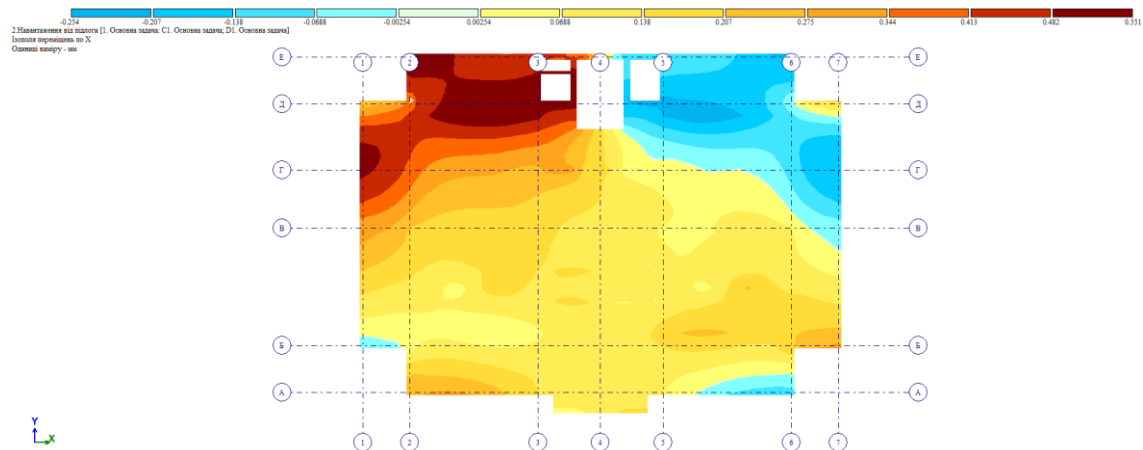


Рис. 15. Ізополя переміщень по X

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата

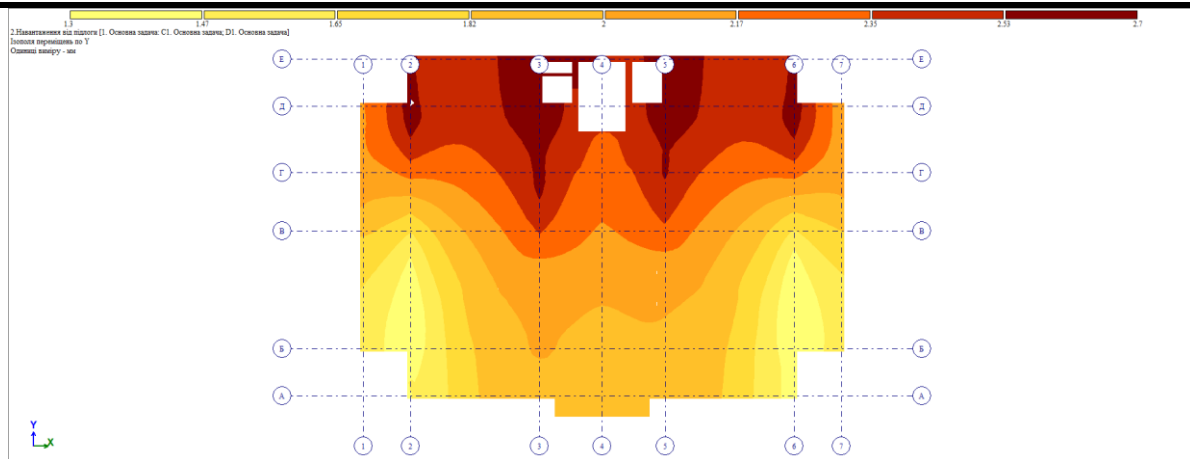


Рис. 16. Ізополя переміщень по Y

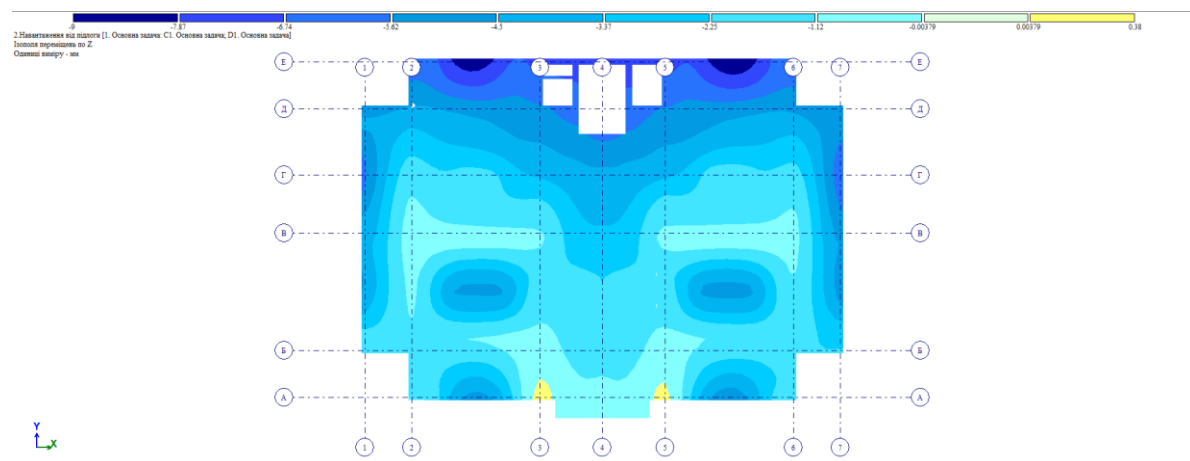


Рис. 17. Ізополя переміщень по Z

Граничний прогин максимального прольоту плити:

$$\left(\frac{l}{250}\right) = \frac{17200}{250} = 68,8 \text{ мм,}$$

де  $l = 17200$  мм;

З розрахунку за програмним комплексом максимальний прогин

$$f = 9 \text{ мм,}$$

Тоді  $68,8 \text{ мм} > 9, \text{ мм}$ ,

Отже умова перевірки плити за жорсткістю виконується.

#### 2.4. Варіанти армування за отриманими даними

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		20

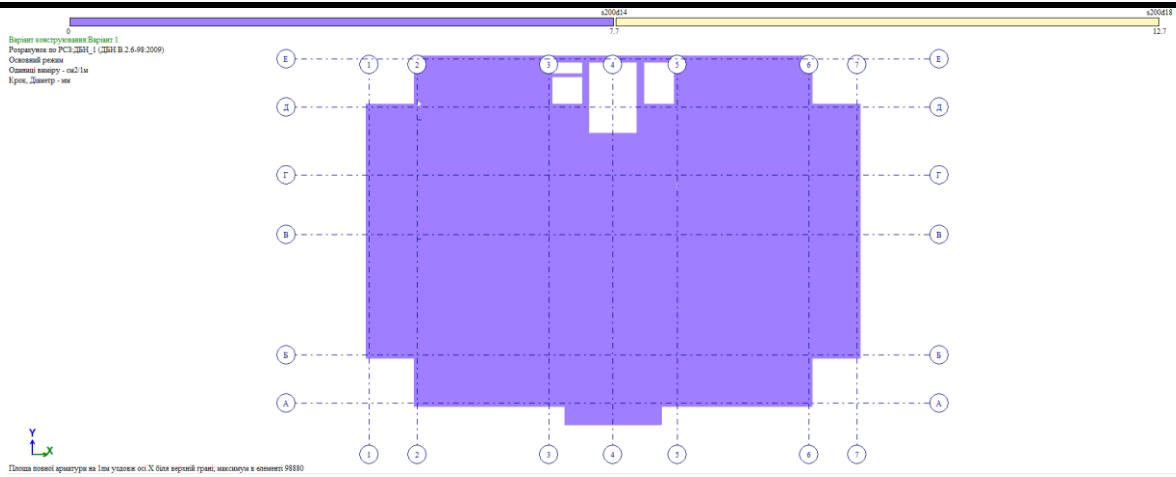


Рис. 18. Площа арматури на 1 м. п. по осі x (верхня грань)

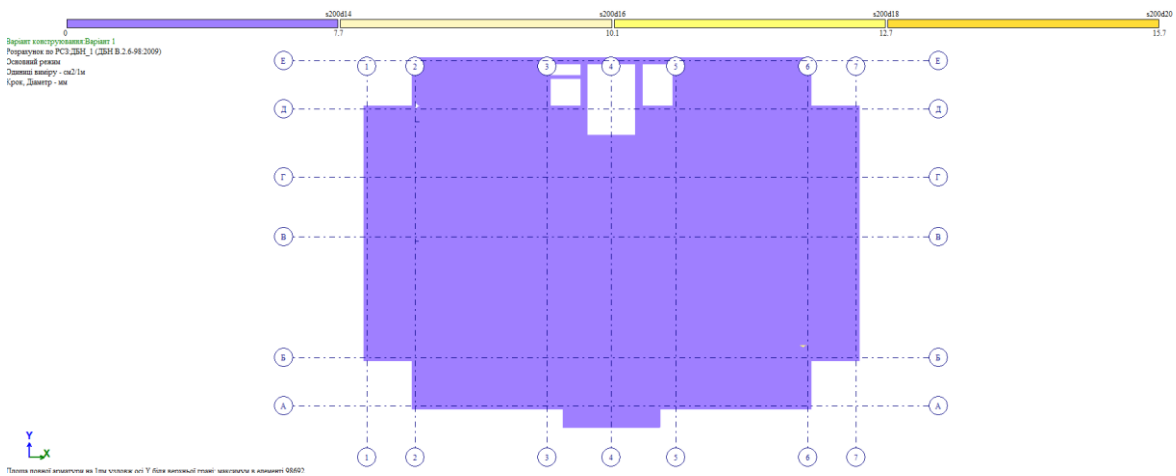


Рис. 19. Площа арматури на 1 м. п. по осі y (верхня грань)

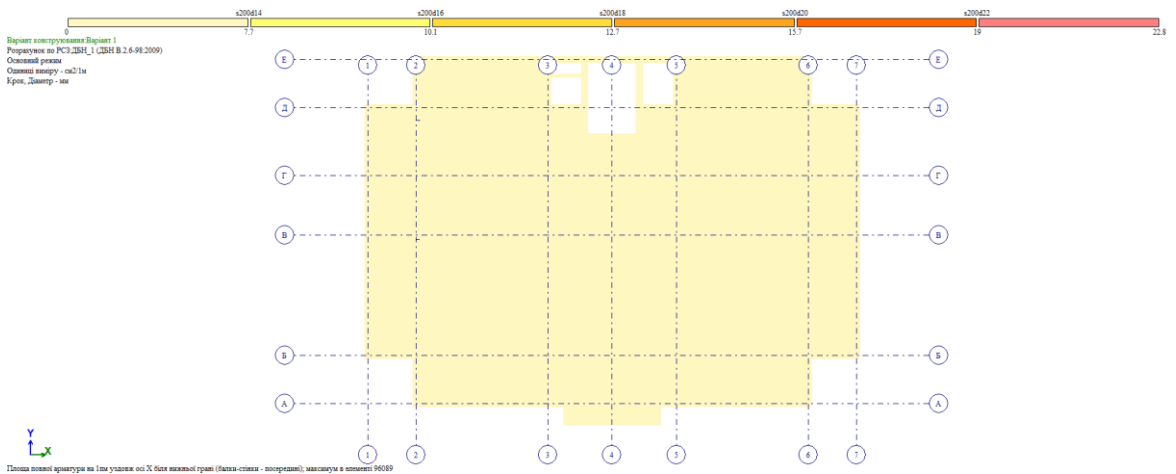


Рис. 20. Площа арматури на 1 м. п. по осі x (нижня грань)

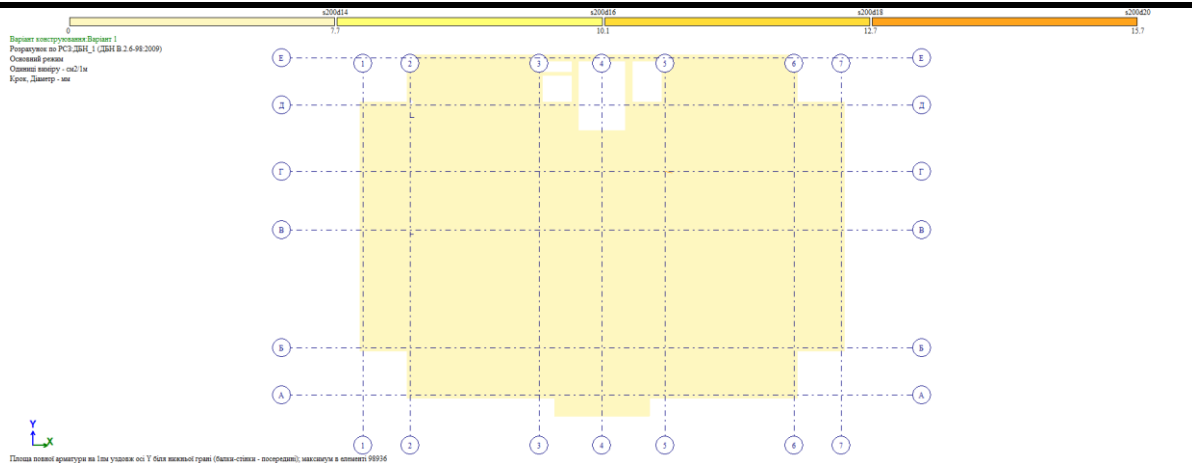


Рис. 21. Площа армування на 1 м. п. по осі у (нижня грань)

Після проведення аналізу результатів розрахунку у ПК «ЛІРА-САПР» 2022 (рис. 13-21), отримані основні напруження, деформації, переміщення та армування монолітної плити:

1. армування по осі X по верхній грані:
  - фонове армування  $\varnothing 14$  A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення  $\varnothing 18$  A400C з кроком 200мм.
2. армування по осі Y по верхній грані:
  - фонове армування  $\varnothing 14$  A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення:
    - $\varnothing 16$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 18$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 20$  A400C з кроком 200мм.
3. армування по осі X по нижній грані:
  - фонове армування  $\varnothing 14$  A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення:
    - $\varnothing 16$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 18$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 20$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 22$  A400C з кроком 200мм.
4. армування по осі Y по нижній грані:
  - фонове армування  $\varnothing 14$  A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення:
    - $\varnothing 16$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 18$  A400C з кроком 200мм,
    - $\varnothing 20$  A400C з кроком 200мм.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		22

## 2.5. Розрахунок та конструювання монолітної плити перекриття

Характеристика матеріалів:

Бетон класу C25/30

$f_{cd}$	$f_{ck}$	$f_{ctm}$	$\varepsilon_{cu,3}$
17,0 МПа	30 МПа	2,6 МПа	3,0 ‰

Арматура класу A400C

$f_{yk}$	$f_{yd}$	$f_{ywd}$	$\varepsilon_{s0}$
400 МПа	365 МПа	285 МПа	1,74 ‰

Ефективна висота плити:

$$d = h - 30 = 200 - 30 = 170 \text{ мм}$$

Відповідно до проведених розрахунків в ПК «ЛІРА-САПР», були отримані моменти які зведені в таблиці.

Результати розрахунків отримані в ПК «ЛІРА-САПР» 2022

Переріз 1-1	
Максимальний момент у нижній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{1-1} = 6,53 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø14 A400C крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø12 A400C крок 200мм
Переріз 2-2	
Максимальний момент у верхній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{2-2} = -15,3 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø14 A400C крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø12 A400C крок 200мм
Переріз 3-3	
Максимальний момент у нижній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{3-3} = 7,51 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø14 A400C крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø12 A400C крок 200мм
Переріз 4-4	
Максимальний момент у верхній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{4-4} = -19,6 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø14 A400C крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø12 A400C крок 200мм

Гранична відносна висота стиснутої ділянки бетону:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		23

$$\xi_R = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{\varepsilon_{cu.3}}{\varepsilon_{cu.3} + \varepsilon_{so}} = \frac{3,00}{3,00 + 2,1} = 0,588;$$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі Х при дії максимального моменту:

Переріз 1-1:

$$\alpha_m = \frac{M_{1-1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,53 \cdot 10^6}{1000 \cdot 170^2 \cdot 17,0} = 0,013$$

Звідси:  $\zeta = 0,994$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,02$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,02 < \xi_R = 0,588$$

$$A_s = \frac{M_{1-1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6,53 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 170 \cdot 365} = 110,77 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 2Ø12 А400С;  $A_s^T = 226 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі Х при дії максимального моменту:

Переріз 2-2:

$$\alpha_m = \frac{M_{2-2}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{15,3 \cdot 10^6}{1000 \cdot 170^2 \cdot 17,0} = 0,031$$

Звідси:  $\zeta = 0,984$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,04$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,04 < \xi_R = 0,588$$

$$A_s = \frac{M_{2-2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{34,7 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 170 \cdot 365} = 259,55 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 3Ø12 А400С;  $A_s^T = 339 \text{ мм}^2$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 3-3:

$$\alpha_m = \frac{M_{3-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{7,51 \cdot 10^6}{1000 \cdot 170^2 \cdot 17,0} = 0,016$$

Звідси:  $\zeta = 0,992$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,02$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,02 < \xi_R = 0,588$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		24

$$A_s = \frac{M_{3-3}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{7,51 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 170 \cdot 365} = 127,4 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 2Ø12 А400С;  $A_s^T = 226 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 4-4:

$$\alpha_m = \frac{M_{4-4}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{19,6 \cdot 10^6}{1000 \cdot 170^2 \cdot 17,0} = 0,039$$

Звідси:  $\zeta = 0,980$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,05$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,05 < \xi_R = 0,588$$

$$A_s = \frac{M_{4-4}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{19,6 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 170 \cdot 365} = 332,5 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 4Ø12 А400С;  $A_s^T = 452 \text{ мм}^2$

Висновок: після порівняння результатів отриманих в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 та виконаних власноруч, прийнято основну сітку з робочою арматурою Ø12 А400С з кроком 200 нижню, та Ø12 А400С з кроком 200 верхню.

### Перевірка несучої здатності перерізу.[10]

Ефективна висота плити:

$$d = h - a = 200 - 30 = 170 \text{ мм};$$

Визначаємо коефіцієнт армування в перерізі 4-4, з максимальною  $A_s = 332,5 \text{ мм}^2$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \cdot 100\% = \frac{332,5}{8200 \cdot 170} \cdot 100\% = 0,00208\%;$$

Відношення розрахункової межі текучості арматури до розрахункового опору бетону:

$$\frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{365}{17,0} = 21,47;$$

Знаходимо коефіцієнт  $\zeta$ :

$$\zeta = 1 - 0,5\rho \left( \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right) = 1 - 0,5 \cdot 0,00208 \cdot 21,47 = 0,977;$$

$$\text{При } \zeta = 0,977, \xi = 0,06 < \xi_R = 0,588$$

Визначаємо розрахунковий момент внутрішніх зусиль за формулою:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		25

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} d \zeta = 595,61 \cdot 365 \cdot 170 \cdot 0,784 = 22,01 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 22 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Міцність перерізу елемента буде забезпечена, якщо розрахунковий момент від зовнішнього навантаження не буде перевищувати розрахунковий момент внутрішніх зусиль:

$$M_{Rd} = 22 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{Ed} = M_{4-4} = 19,6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Отже міцність перерізу забезпечена.

## 2.6. Розрахунок пілонів

### Вихідні дані

Основні характеристики матеріалів для проектування:

Бетон класу C25/30

$f_{cd}$	$f_{ck}$	$f_{ctm}$	$\varepsilon_{cu,3}$
17,0 МПа	30 МПа	2,6 МПа	3,0 ‰

Арматура класу A400C

$f_{yk}$	$f_{yd}$	$f_{ywd}$	$\varepsilon_{s0}$
400 МПа	365 МПа	285 МПа	1,74 ‰

Максимальна поздовжня сила  $N_{max} = 1301,37 \text{ кН}$

Висота поверху: 3,2 м.

В першому наближенні приймають коефіцієнт армування  $\rho = 0,02$ .

Площа поперечного перерізу пілона:

$$A_c = \frac{N_{max}}{f_{cd} + \rho * f_{yd}} = \frac{1301,37 \cdot 10^3}{17,0 + 0,02 * 365} = 53554,32 \text{ мм}^2$$

Розміри поперечних перерізів приймаються кратним 50мм.

Фактична площа:  $A_c = 53600 \text{ мм}^2$

Необхідна площа повздовжнього армування перерізу пілонів:

$$A_{s,tot} \geq \frac{N_{Ed} - f_{cd} \cdot A_c}{\varphi f_{yd}} = \frac{1301,37 \cdot 10^3 - 17,0 \cdot 53600}{0,907 \cdot 365} = 1434,53 \text{ мм}^2,$$

де  $\varphi = 0,907$  – коефіцієнт врахування гнучкості пілона, що визначається методом інтерполяція в залежності від  $\frac{l_0}{h_c}$ .

Приймаємо:  $8\emptyset 16 \text{ A400C}$ ,  $A_s^T = 1608 \text{ мм}^2$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		26

## Перевірка умови забезпечення необхідної площі робочої арматури

Армування встановлюють з наступних вимог:

- мінімальна площа армування:

$$A_{s,tot}^{min} = \min \left\{ \frac{0,1N_{Ed}}{f_{yd}} = \frac{0,1 \cdot 2842,6 \cdot 10^3}{365} = 393,02 \text{ мм}^2 \right. \\ \left. 0,002A_c = 0,002 \cdot 53600 = 107,2 \text{ мм}^2 \right.$$

- максимальна площа повинна бути меншою за наступну умову:

$$A_{s,tot}^{max} = 0,04 \cdot A_c = 0,04 \cdot 53600 = 2144 \text{ мм}^2$$

Перевіряємо прийняті площі арматури з вимогами, що наведені вище:

$$A_{s,tot}^{min} = 393,02 \text{ мм}^2 \leq A_{s,tot}^T = 1885 \text{ мм}^2 \leq A_{s,tot}^{max} = 2144 \text{ мм}^2$$

### 2.7. Аналіз результатів для плити перекриття над укриттям

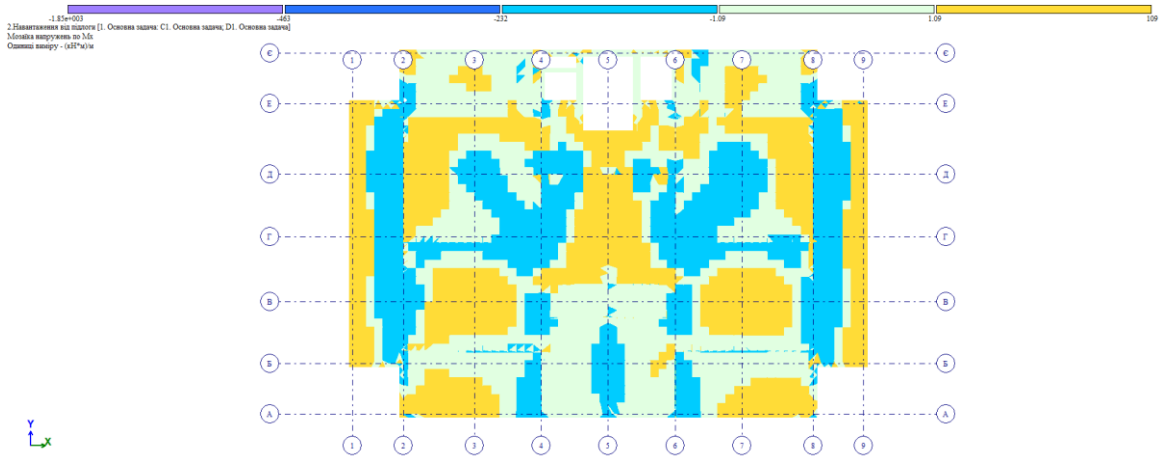


Рис. 22. Ізополя напружень по Mx

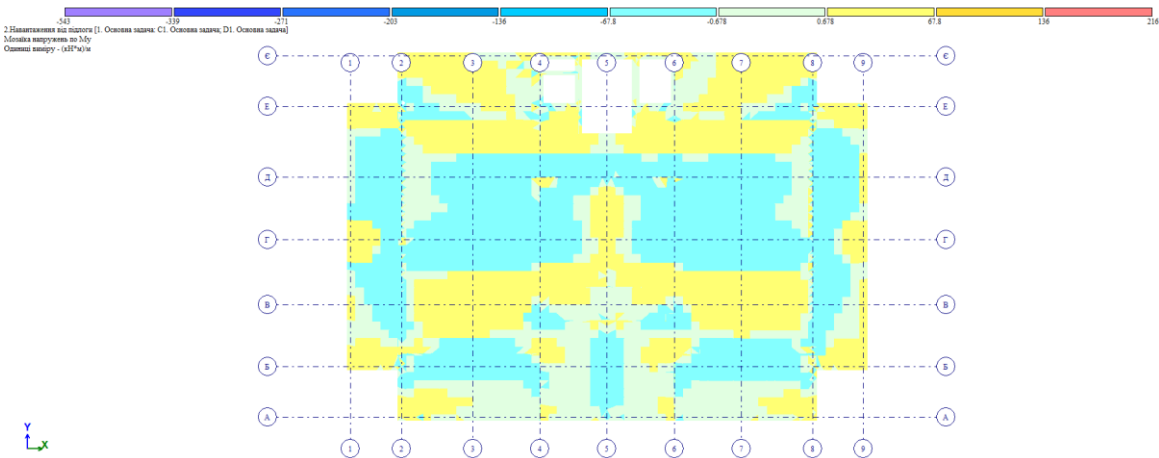


Рис. 23. Ізополя напружень по My

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		27

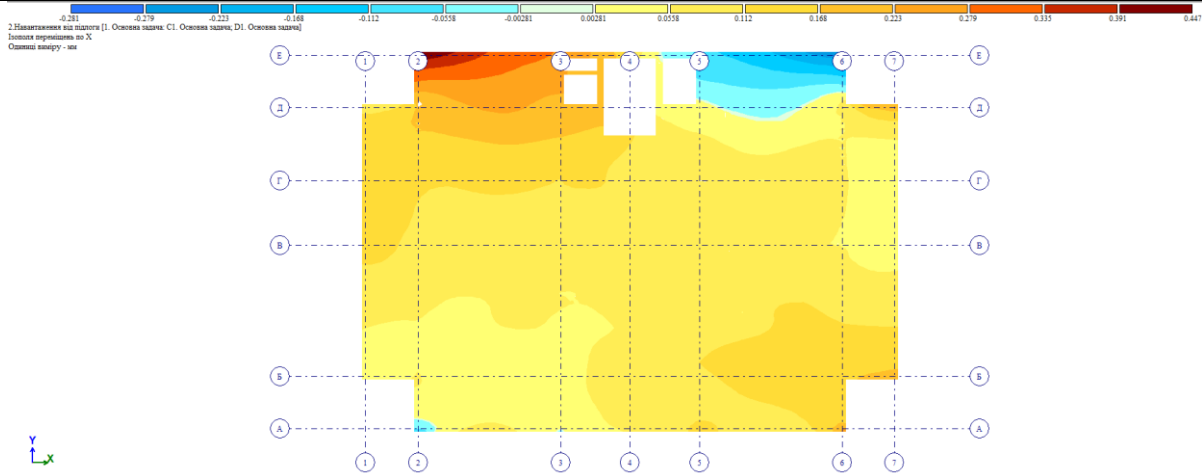


Рис. 24. Ізополя переміщень по X

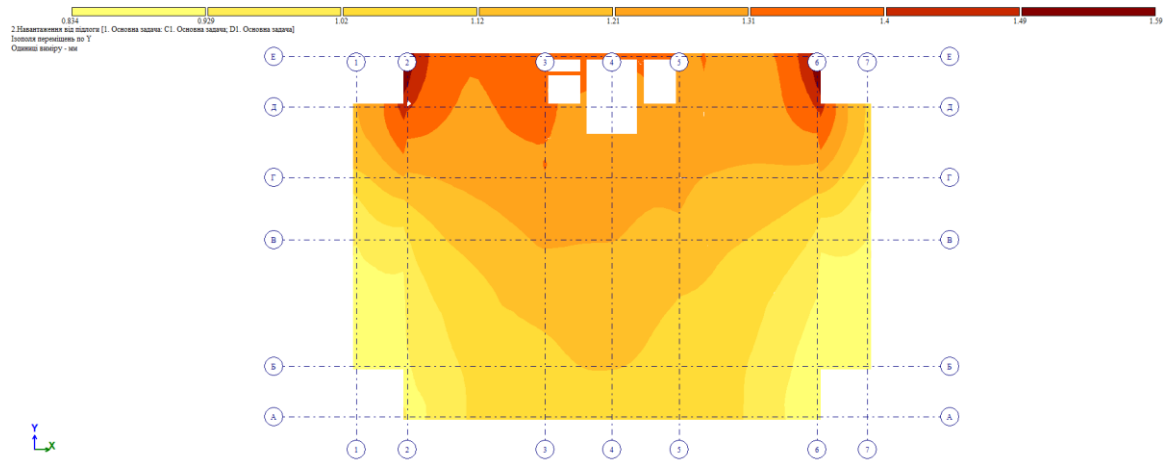


Рис. 25. Ізополя переміщень по Y

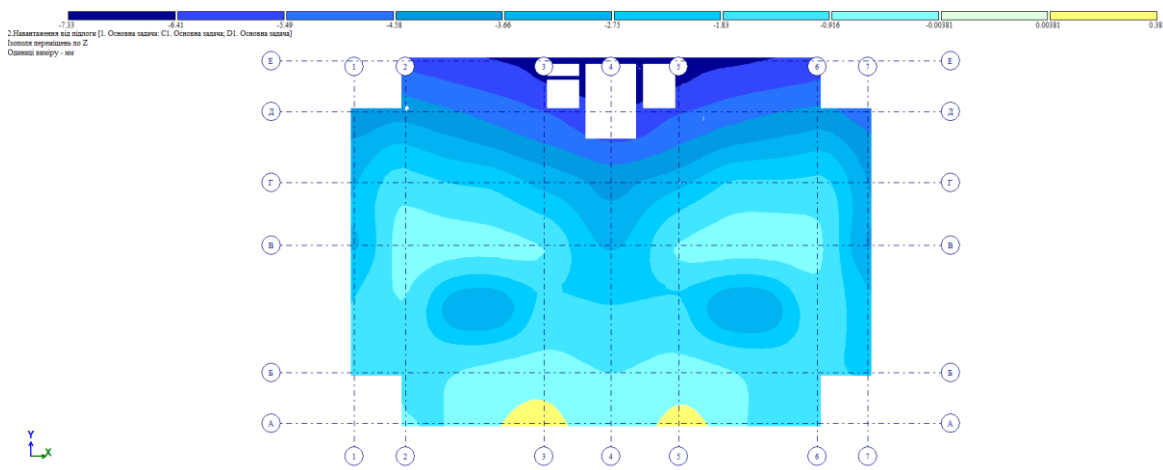


Рис. 26. Ізополя переміщень по Z

Граничний прогин максимального прольоту плити:

$$\left(\frac{l}{250}\right) = \frac{8000}{250} = 32 \text{ мм,}$$

де  $l = 8000 \text{ мм}$ ;

З розрахунку за програмним комплексом максимальний прогин

$$f = 7,33 \text{ мм,}$$

Тоді  $32 \text{ мм} > 7,33 \text{ мм}$ ,

Отже умова перевірки плити за жорсткістю виконується.

## 2.8. Варіанти армування за отриманими даними

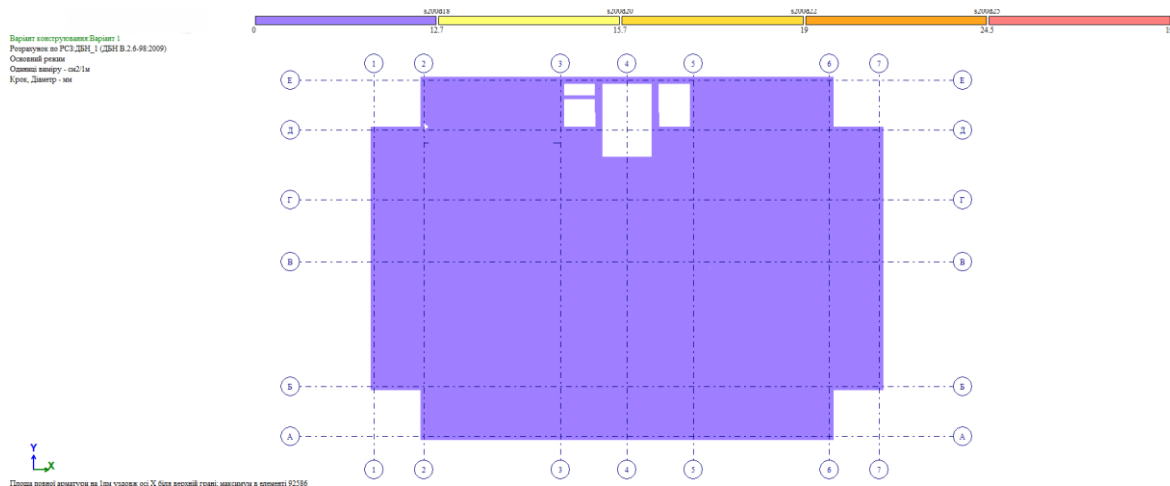


Рис. 27. Площа арматури на 1 м. п. по осі x (верхня грань)

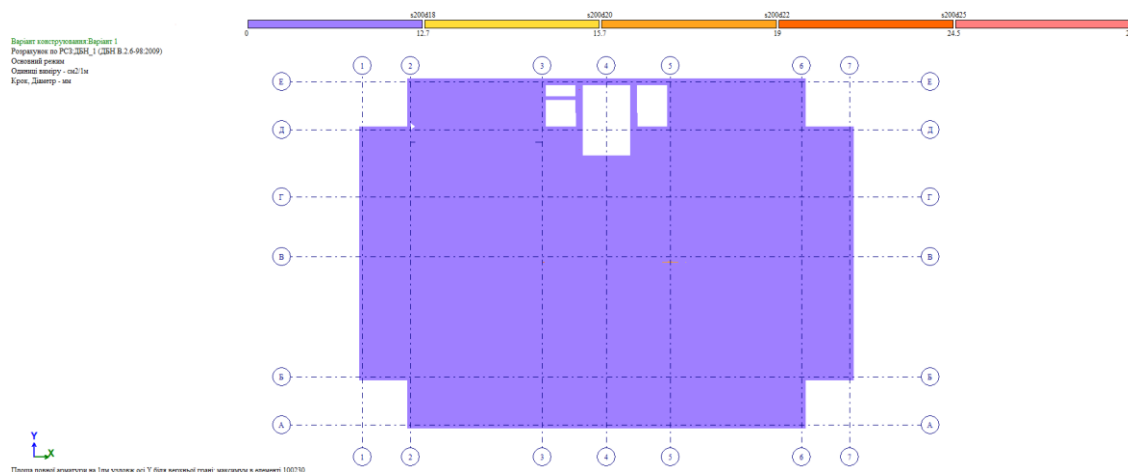


Рис. 28. Площа арматури на 1 м. п. по осі y (верхня грань)

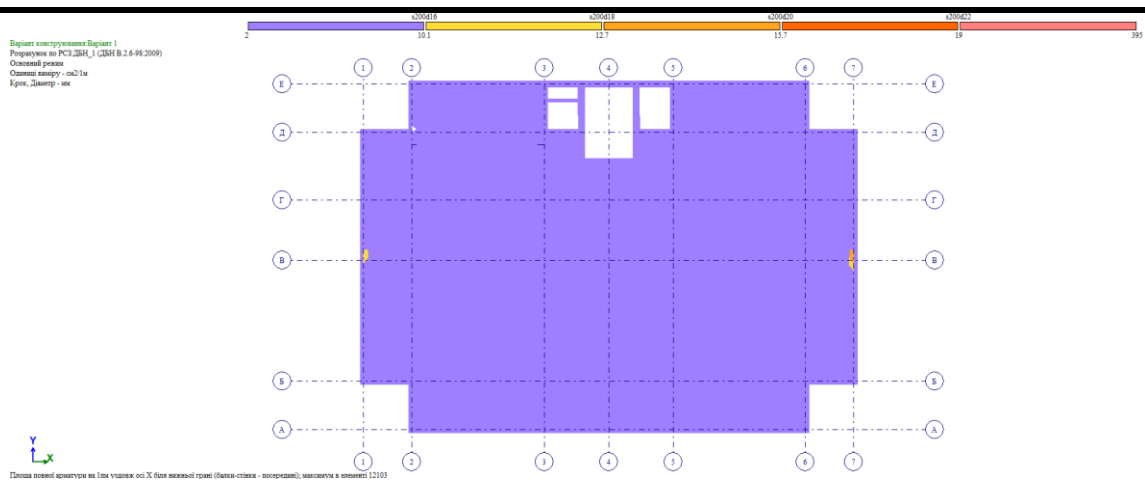


Рис. 29. Площа арматури на 1 м. п. по осі x (нижня грань)

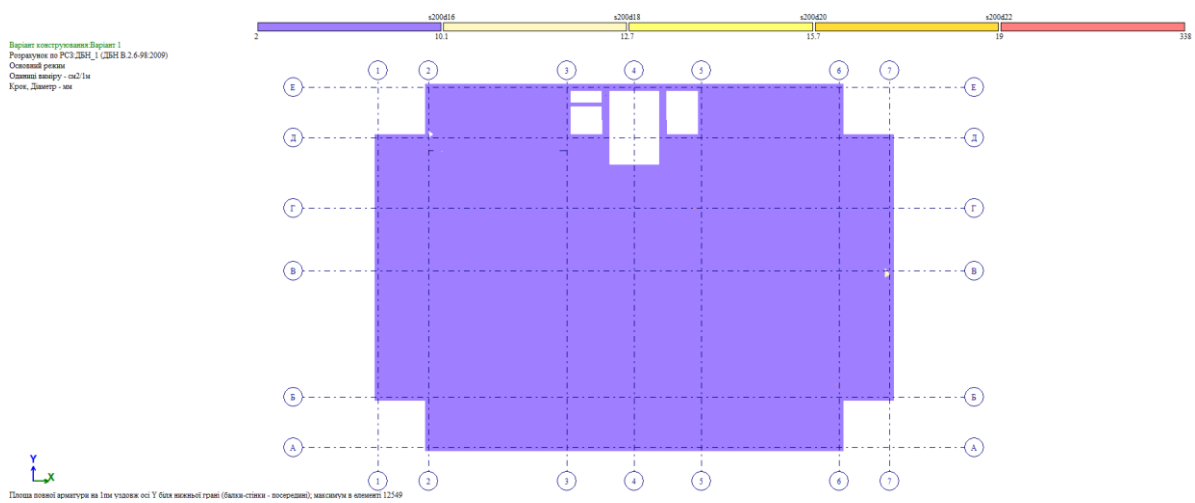


Рис. 30. Площа арматури на 1 м. п. по осі y (нижня грань)

Після проведення аналізу результатів у ПК «ЛІРА-САПР» 2022 (рис. 22-30), отримані основні напруження, деформації, переміщення та армування монолітної плити:

1. армування по осі X по верхній грані:
  - фонове армування Ø18 A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення:
    - Ø20 A400C з кроком 200мм,
    - Ø22 A400C з кроком 200мм,
    - Ø25 A400C з кроком 200мм.
2. армування по осі Y по верхній грані:
  - фонове армування Ø18 A400C крок 200мм.
  - додаткова арматура підсилення:
    - Ø20 A400C з кроком 200мм,
    - Ø22 A400C з кроком 200мм,

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		30

Ø25 A400C з кроком 200мм.

3. армування по осі X по нижній грані:  
фонове армування Ø16 A400C крок 200мм.

додаткова арматура підсилення:

Ø18 A400C з кроком 200мм,

Ø20 A400C з кроком 200мм,

Ø22 A400C з кроком 200мм.

4. армування по осі Y по нижній грані:

фонове армування Ø16 A400C крок 200мм.

Додаткова арматура підсилення:

Ø18 A400C з кроком 200мм,

Ø20 A400C з кроком 200мм,

Ø22 A400C з кроком 200мм.

## 2.9. Розрахунок та конструювання монолітної плити перекриття над укриттям

Характеристика матеріалів:

Бетон класу C30/35

$f_{cd}$	$f_{ck}$	$f_{ctm}$	$\epsilon_{cu,3}$
19,5 МПа	35 МПа	2,8 МПа	2,80 ‰

Арматура класу A400C

$f_{yk}$	$f_{yd}$	$f_{ywd}$	$\epsilon_{s0}$
400 МПа	365 МПа	285 МПа	1,74 ‰

Ефективна висота плити:

$$d = h - 30 = 500 - 30 = 470 \text{ мм}$$

Відповідно до проведених розрахунків в ПК «ЛІРА-САПР» 2022, були отримані моменти, які зведені в таблиці.

Результати розрахунків отримані в ПК «ЛІРА-САПР» 2022

Переріз 1-1	
Максимальний момент у нижній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{1-1} = 109 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø18 A400C крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø18 A400C крок 200мм
Переріз 2-2	
Максимальний момент у верхній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{2-2} = -232 \text{ кНм}$
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø16 A400C крок 200мм

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		31

Ручний розрахунок	Ø18 А400С крок 200мм
Переріз 3-3	
Максимальний момент у нижній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{3-3} = 136$ кНм
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø18 А400С крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø18 А400С крок 200мм
Переріз 4-4	
Максимальний момент у верхній зоні плити (згідно шкали рисунку)	$M_{4-4} = -271$ кНм
Розрахунок ПК «ЛІРА-САПР» 2022	Ø16 А400С крок 200мм
Ручний розрахунок	Ø18 А400С крок 200мм

Гранична відносна висота стиснутої ділянки бетону:

$$\xi_R = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{\varepsilon_{cu.3}}{\varepsilon_{cu.3} + \varepsilon_{so}} = \frac{2,80}{2,80 + 1,74} = 0,617;$$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі Х при дії максимального моменту:

Переріз 1-1:

$$\alpha_m = \frac{M_{1-1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{109 \cdot 10^6}{1000 \cdot 470^2 \cdot 19,5} = 0,025$$

Звідси:  $\zeta = 0,988$ ; приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,03$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,03 < \xi_R = 0,617$$

$$A_s = \frac{M_{1-1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{109 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 470 \cdot 365} = 668,82 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 4Ø16 А400С;  $A_s^T = 804 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі Х при дії максимального моменту:

Переріз 2-2:

$$\alpha_m = \frac{M_{2-2}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{232 \cdot 10^6}{1000 \cdot 470^2 \cdot 19,5} = 0,053$$

Звідси:  $\zeta = 0,972$ ; приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,072$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,072 < \xi_R = 0,617$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		32

$$A_s = \frac{M_{2-2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{232 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 470 \cdot 365} = 1423,55 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 8Ø16 А400С;  $A_s^T = 1608 \text{ мм}^2$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 3-3:

$$\alpha_m = \frac{M_{3-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{136 \cdot 10^6}{1000 \cdot 470^2 \cdot 19,5} = 0,031$$

Звідси:  $\zeta = 0,984$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,04$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,04 < \xi_R = 0,617$$

$$A_s = \frac{M_{3-3}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{136 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 470 \cdot 365} = 834,49 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 5Ø16 А400С;  $A_s^T = 1005 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 4-4:

$$\alpha_m = \frac{M_{4-4}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{271 \cdot 10^6}{1000 \cdot 470^2 \cdot 19,5} = 0,062$$

Звідси:  $\zeta = 0,968$ , приймаємо  $\zeta = 0,950$ ;  $\xi = 0,08$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,08 < \xi_R = 0,617$$

$$A_s = \frac{M_{4-4}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{271 \cdot 10^6}{0,950 \cdot 470 \cdot 365} = 1662,85 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 9Ø16 А400С;  $A_s^T = 1810 \text{ мм}^2$

Висновок: після порівняння результатів отриманих в ПК «ЛІРА-САПР» та виконаних власноруч, прийнято основну сітку з робочою арматурою Ø16 А400С з кроком 200 верхню у напрямку Х, Ø16 А400С з кроком 200 нижню у напрямку Х, Ø16 А400С з кроком 200 верхню у напрямку У, Ø16 А400С з кроком 200 нижню у напрямку У.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		33

## Перевірка несучої здатності перерізу.[10]

Ефективна висота плити:

$$d = h - a = 500 - 30 = 470 \text{ мм};$$

Визначаємо коефіцієнт армування в перерізі 4-4, з максимальною  $A_s = 1662,85 \text{ мм}^2$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \cdot 100\% = \frac{1662,85}{8000 \cdot 470} \cdot 100\% = 0,00442\%;$$

Відношення розрахункової межі текучості арматури до розрахункового опору бетону:

$$\frac{f_{yd}}{f_{cd}} = \frac{365}{19,5} = 18,72;$$

Знаходимо коефіцієнт  $\zeta$ :

$$\zeta = 1 - 0,5\rho \left( \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right) = 1 - 0,5 \cdot 0,00442 \cdot 18,72 = 0,958;$$

$$\text{При } \zeta = 0,958, \xi = 0,11 < \xi_R = 0,617;$$

Визначаємо розрахунковий момент внутрішніх зусиль за формулою:

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} d \zeta = 1662,85 \cdot 365 \cdot 470 \cdot 0,958 = 273 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

Міцність перерізу елемента буде забезпечена, якщо розрахунковий момент від зовнішнього навантаження не буде перевищувати розрахунковий момент внутрішніх зусиль:

$$M_{Rd} = 273 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{Ed} = M_{4-4} = 271 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Отже міцність перерізу забезпечена.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		34

**КОНСТРУКТИВНІ РІШЕННЯ:  
ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ**

**Консультант**

**/ Олександр ГАВРИЛЮК /**

**Здобувач**

**/ Дмитро ТРЕТЯК /**

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		35

### 3.1. Данні інженерно-геологічних вишукувань

#### 3.1.1. Вихідні данні:[11]

Місто будування: Черкаси

Абсолютна позначка рельєфу (Св.1): 102,00м

#### 3.1.2. Оцінка ґрунтових умов будівельного майданчика:

ІГЕ-1: насипний – ґрунт, що характеризується підвищеною пористістю та наявністю органічної речовини, відноситься до пісків, супісків або суглинків, залягає з поверхні, містить домішки будівельного сміття. Його потужність на майданчику 1,1 м, а щільність  $\rho = 1,54 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ . Цей ґрунт сильно стисливий та низької міцності. Його властивості погіршуються при збільшенні вологості. Тому цей ґрунт як природну основу використовувати не можна.[12]

Питома вага ґрунту  $\gamma$  кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma = \rho \cdot g = 1,54 \cdot 9,81 = 14,94 \text{ кН/м}^3.$$

ІГЕ-2: піщаний шар ґрунту.

$$h = 6,4 \text{ м}$$

$$\rho = 1,83 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_s = 2,66 \text{ г/см}^3$$

$$w = 0,1$$

Сумарна крива неоднорідності ґрунту

Визначаємо найменування ґрунту за крупністю.

1	Фракція ґрунту, мм	> 2,0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	< 0,1
2	Гранулометричний склад, %	3,67	10,78	14,35	21,67	39,3	9,8
3	Сума % часток по масі більше даного діаметру	3,67	14,53	28,67	50,4	90,5	100
4	Сума % часток по масі менше даного діаметру	96,1	85,7	71,3	49,6	9,5	0

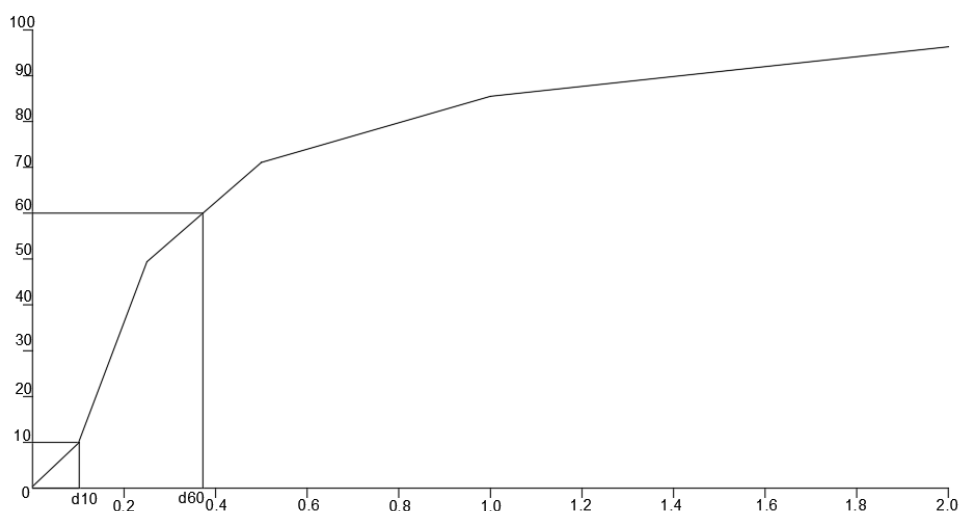
Висновок: пісок середньої крупності, оскільки сума часток більше 0,25-0,5мм-50,4%

б) Додаткова назва піску

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		36

Додаткову назву ґрунту визначаємо за величиною ступеня його однорідності.

Будуємо криву однорідності ґрунту.



Визначаємо ступінь неоднорідності піску:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,37}{0,11} = 3,37 > 3 \text{ — пісок є неоднорідним.}$$

2. Питома вага ґрунту  $\gamma$  кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma = \rho \cdot g;$$

$$\gamma = 1,83 \cdot 9,81 = 17,83 \text{ кН/м}^3$$

3. Щільність ґрунту в сухому стані  $\rho_d$ , г/м<sup>3</sup>

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w};$$

$$\rho_d = \frac{1,83}{1+0,1} = 1,67 \text{ г/см}^3$$

4. Коефіцієнт пористості ґрунту  $e$ :

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

$$e = \frac{2,64 - 1,67}{1,67} = 0,59$$

Визначаємо щільність складу піску в залежності від  $e$ :

$$0,55 < e = 0,59 < 0,7 \text{ — ґрунт є середньої щільності.}$$

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		37

5. Ступінь водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = \frac{w \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w};$$

$$S_r = \frac{0,1 \cdot 2,64}{0,59 \cdot 1} = 0,45$$

$0,00 \leq S_r = 0,45 < 0,5$  – ґрунт є малого ступеню водонасичення.

Таким чином повна назва ґрунту: пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.

6. Приймаємо значення  $c$ ,  $\varphi$ ,  $E$ :

		$e$	
	0,55	0,59	0,65
$C_n$	2	1,6	1
$\varphi_n$	38	36,8	35
$E$	40	36	30

$$C_n = 1,6 \text{ кПа}$$

$$R_0 = 400 \text{ кПа}$$

$$\varphi_n = 36,8^\circ$$

$$E = 36 \text{ МПа}$$

ІГЕ-2а: піщаний ґрунт

пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності та насичений водою.

$$\rho_s = 2,64 \text{ г/см}^3 \quad R_0 = 400 \text{ кПа}$$

$$\rho_d = 1,66 \text{ г/см}^3 \quad S_r = 1$$

$$e = 0,59 \quad E = 36 \text{ МПа}$$

$$C_n = 1,6 \text{ кПа} \quad \varphi_n = 36,8^\circ$$

$$W_{\text{sat}} = \frac{e}{\rho_s} \cdot \rho_w = \frac{0,59}{2,64} \cdot 1 = 0,22$$

$$\rho_{\text{sat}} = \rho_d \cdot (W_{\text{sat}} + 1) = 1,66 \cdot (0,22 + 1) = 2,03 \text{ т/м}^3$$

$$\gamma_{\text{sat}} = (\rho_{\text{sat}} \cdot g) = 2,03 \cdot 9,81 = 19,91 \text{ кН/м}^3$$

$$\rho'_{\text{sat}} = \rho_{\text{sat}} - \rho_w = 2,03 - 1 = 1,03 \text{ т/м}^3$$

$$\gamma'_{\text{sat}} = \rho'_{\text{sat}} \cdot g = 1,03 \cdot 9,81 = 10,1 \text{ кН/м}^3$$

ІГЕ-3: глинистий ґрунт

$$h = 4,2 \text{ м}$$

$$\rho = 1,84 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_s = 2,68 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$$

$$w = 0,15$$

$$w_L = 0,25$$

$$w_p = 0,14$$

1. Вид (назва) глинистих ґрунтів встановлюється залежно від числа пластичності:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		38

$$IP = wL - wp = 0,25 - 0,14 = 0,11$$

За таблицею цей глинистий ґрунт є суглинок піщанистий :  $0,07 < IP = 0,11 \leq 0,12$

2. Стан глинистих ґрунтів визначають за показником текучості:

$$IL > 1$$

$IL > 1$  – ґрунт є текучим.

Отже, повна назва глинистого ґрунту-суглинок піщанистий текучий.

3. Щільність ґрунту в сухому стані  $\rho_d$ , г/см<sup>3</sup>

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w};$$

$$\rho_d = \frac{1,84}{1+0,15} = 1,6 \text{ г/см}^3$$

4. Коефіцієнт пористості ґрунту  $e$ :

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

$$e = \frac{2,68 - 1,6}{1,6} = 0,68$$

5. Ступінь водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = 1$$

$$W_{\text{sat}} = W_{\text{max}} = \frac{e * p_w}{p_s} = \frac{0,68 * 1}{2,68} = 0,25$$

$$p_{\text{sat}} = p_d * (1 + W_{\text{sat}}) = 1,6(1 + 0,25) = 2$$

$$\gamma_{\text{sat}} = p_{\text{sat}} * g = 2 * 9,81 = 19,62$$

$$p_{\text{sat}}^I = p_{\text{sat}} - p_w = 2 - 1 = 1$$

$$\gamma_{\text{sat}}^I = p_{\text{sat}}^I * g = 1 * 9,81 = 9,81$$

6. Приймаємо значення  $R_0$ ,  $c$ ,  $\phi$ ,  $E$ :

IL	e		
	0,5	0,68	0,7
0	300	250	200
0,5		215	
1	250	180	100

$$R_0 = 215 \text{ кПа}$$

	e		
	0,65	0,68	0,75
Cn	25	23,5	20
φn	19	18,7	18
E	17	15,5	12

$$Cn = 23,5 \text{ кПа}$$

$$\varphi n = 18,7^\circ$$

$$E = 15,5 \text{ МПа}$$

7. Питома вага ґрунту  $\gamma$  кН/м<sup>3</sup>

$$\gamma = \rho * g;$$

$$\gamma = 1,84 * 9,81 = 18,05 \text{ кН/м}^3$$

ІГЕ-4: піщаний шар ґрунту.

$$h = 5,7 \text{ м}$$

$$\rho = 1,75 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_s = 2,65 \text{ г/см}^3$$

$$w = 0,1$$

Сумарна крива неоднорідності ґрунту

Визначаємо найменування ґрунту за крупністю.

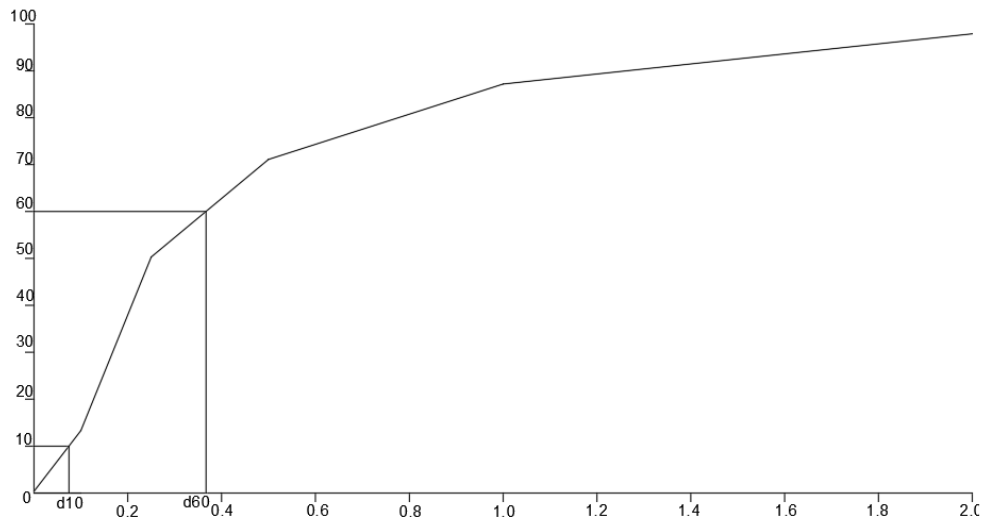
1	Фракція ґрунту, мм	> 2.0	1,0-2,0	0,5-1,0	0,25-0,5	0,1-0,25	< 0.1
2	Гранулометричний склад, %	2.1	10.7	16.1	20,8	37	13.3
3	Сума % часток по масі більше даного діаметру	2.1	12.8	28.9	49.7	86.7	100
4	Сума % часток по масі менше даного діаметру	97.9	87.2	71.1	50.3	13.3	0

Висновок: пісок дрібний, оскільки сума часток більше 0,1-0,25мм-86,7%

б) Додаткова назва піску

Додаткову назву ґрунту визначаємо за величиною ступеня його однорідності. Будуємо криву однорідності ґрунту.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		40



Визначаємо ступінь неоднорідності піску:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,37}{0,08} = 4,6 > 3 \text{ – пісок є неоднорідним.}$$

2. Питома вага ґрунту  $\gamma$  кН/м<sup>3</sup>:

$$\gamma = \rho \cdot g;$$

$$\gamma = 1,75 \cdot 9,81 = 17,17 \text{ кН/м}^3$$

3. Щільність ґрунту в сухому стані  $\rho_d$ , г/м<sup>3</sup>

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w};$$

$$\rho_d = \frac{1,75}{1+0,1} = 1,59 \text{ г/см}^3$$

4. Коефіцієнт пористості ґрунту  $e$ :

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d};$$

$$e = \frac{2,65 - 1,59}{1,59} = 0,67$$

Визначаємо щільність складу піску в залежності від  $e$ :

$$0,55 < e = 0,67 < 0,7 \text{ – ґрунт є середньої щільності.}$$

5. Ступінь водонасичення  $S_r$ :

$$S_r = 1$$

Таким чином повна назва ґрунту: пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, водонасичений.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		41

6. Приймаємо значення  $s$ ,  $\varphi$ ,  $E$ :

		$e$	
	0,65	0,67	0,75
$C_n$	2	1,6	-
$\varphi_n$	32	31,2	28
$E$	28	26	18

$$C_n = 1,6 \text{ кПа}$$

$$R_0 = 200 \text{ кПа}$$

$$\varphi_n = 31,2^\circ$$

$$E = 26 \text{ МПа}$$

Зведена таблиця нормативних значень фізико-механічних показників ґрунтів будівельного майданчика *Таблиця 3.1.*

Номер ПГЕ	Повне найменування ґрунту	Глибина залягання підлоги, м	Щільність ґрунту, $\frac{m}{m^3}$ ( $\frac{z}{cm^3}$ )			Природна вологість	Питома вага ґрунту, $\frac{kH}{m^3}$		коefficient пористості	коefficient водонасичення	Вологість на межі		Число пластичності	Показник текучості, $I_L$	Питоме зчеплення, кПа	Кут внутрішнього тертя, град	Модуль деформації, МПа	Розрахунковий опір, кПа	Примітки
			у природному / у виваженному стані	сухого скелету	частинок		природна / у виваженному стані	текучості			пластичності								
												$\rho / \rho'$							
1	насипний ґрунт	1,1	1,52	-	-	-	14,91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Недостатня міцність	
2	пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.	2,3	1,82	1,66	2,64	0,1	17,85	0,59	0,45	-	-	-	-	1,6	36,8	36	400	Природний шар ґрунту	
2а	пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності та насичений водою.	5,8	2,03/1	1,66	2,64	0,22	19,91/10,1	0,59	1	-	-	-	-	1,6	36,8	36	400	Водонасичений шар ґрунту	
3	суглинок піщанистий текучий	4,2	1,84/1	1,6	2,68	0,15	18,05/9,81	0,68	1	0,25	0,14	0,11	1	23,5	18,7	15,5	215	Водонасичений шар ґрунту	
4	пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, водонасичений.	5,7	1,75	1,59	2,65	0,1	17,17	0,67	1	-	-	-	-	1,6	31,2	26	200	Водонасичений шар ґрунту	

Номер ПГЕ	Повне найменування ґрунту	для 2 граничного стану					для 1 граничного стану		
		питома вага ґрунту	питоме зчеплення	кут внутрішнього тертя	модуль диформації	розрахунковий опір	питома вага ґрунту	питоме зчеплення	модуль диформації
1	насипний ґрунт	14,91	-	-	-	-	14,2	-	
2	пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності, малого ступеню водонасичення.	17,85	1,6	36,8	36	400	17	1,07	33,45
2-а	пісок середньої крупності, неоднорідний, середньої щільності та насичений водою.	19,91/ 10,1	1,6	36,8	36	400	18,96/ 9,62	1,07	33,45
3	суглинок піщанистий текучий	18,05/ 9,81	23,5	18,7	15,5	182,5	17,19/ 9,34	15,67	16,26
4	пісок дрібний, неоднорідний, середньої щільності, насичений водою.	17,17/ 9,01	1,6	31,2	26	200	16,35/ 8,67	1,07	28,36

### 3.2. Розрахунок пальового фундаменту[13]

Під час розрахунку приймаємо бурин'єкційні палі діаметром 620мм та довжиною 12м.

Несуча здатність палі:

$$F_d = y_c (y_{cR} \cdot R \cdot A + U \cdot \sum_{i=1}^u y_{cf} \cdot h_i \cdot f_i)$$

де  $y_c$  коефіцієнт умов роботи палі в ґрунті,  $y_c=1$

$y_{cR}$  коефіцієнт умови роботи під нижнім кінцем палі,  $y_{cR} = 1$

$A$  – площа перерізу палі,  $A=0,32 \text{ м}^2$

$U$  – периметр перерізу палі,  $U=1.95 \text{ м}$

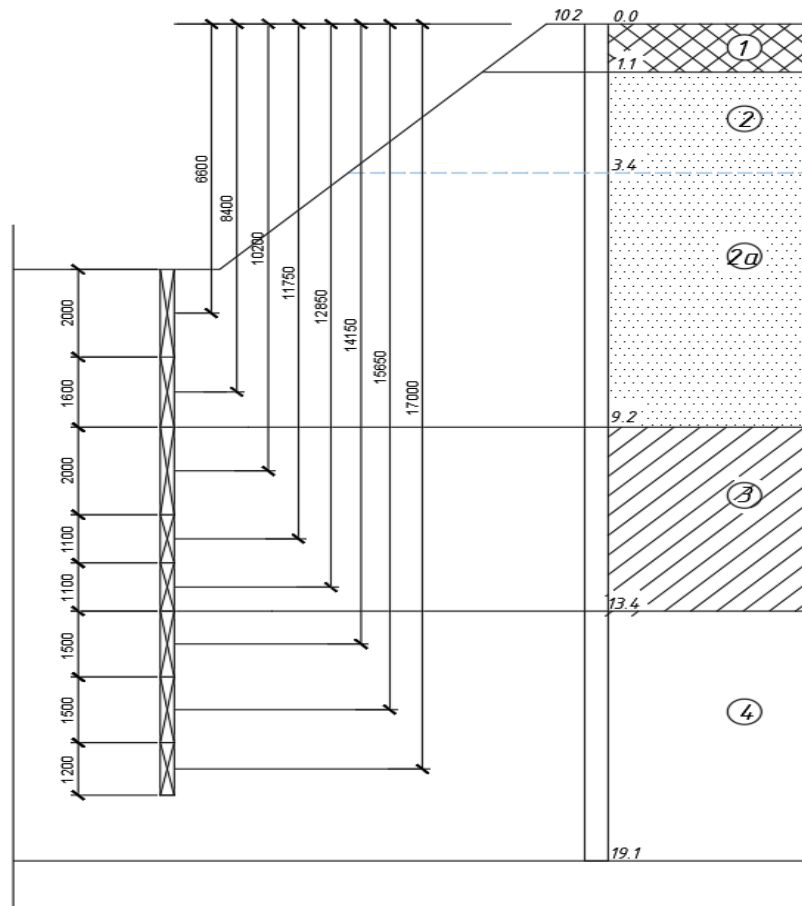


Рис.31. Заглиблення палі.

№ елемен.	$H_i$ , м	$f_i$ , кПа	$h_i$ , м	$\gamma_{cf}$	$f_i \cdot h_i \cdot \gamma_{cf}$
1	6.600	42.6	2.00	0.8	68.16
2	8.400	44.4	1.60	0.8	56.83
3	10.200	6	2.00	0.8	9.60
4	11.750	6	1.10	0.8	5.28
5	12.850	6	1.10	0.8	5.28
6	14.150	50.2	1.50	0.8	60.24
7	15.650	51.7	1.50	0.8	62.04
8	17.000	53	1.20	0.8	50.88
Разом: $\sum_{i=1}^u \gamma_{cf} \cdot h_i \cdot f_i =$					318.31

Розрахунковий опір ґрунту під нижнім кінцем палі  $R$  знаходимо за формулою

$$R = 0.75 \cdot \alpha_4 (\alpha_1 \cdot \gamma_I^I \cdot d + \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \gamma_I \cdot h)$$

де  $\alpha_1 = 9.5$ ;  $\alpha_2 = 18.6$ ;  $\alpha_3 = 0.49$ ;  $\alpha_4 = 0.34$

$$\gamma_I = \frac{\sum \gamma_i \cdot h_i}{\sum h_i} = \frac{14.91 \cdot 1.1 + 17.85 \cdot 2.3 + 19.91 \cdot 5.8 + 18.05 \cdot 4.2}{17.68} + \frac{17.17 \cdot 5.7}{17.68}$$

$$= 19.604 \text{ кН/м}^3$$

$\gamma_I^I = 17.17 \text{ кН/м}^3$  – питома вага для шарів нижче нижнього кінця палі

$$R = 0.75 \cdot 0.34(9.5 \cdot 17.17 \cdot 0.62 + 18.6 \cdot 0.49 \cdot 19.604 \cdot 17.68) = 831,3 \text{ кПа}$$

Несуча здатність палі:

$$F_d = 1 \cdot (1 \cdot 831.3 \cdot 0.32 + 1.95 \cdot 318.31) = 886.72 \text{ кН}$$

Гарантована несуча здатність палі з врахуванням коефіцієнту надійності:

$$F_{d.g} = \frac{F_d}{\gamma_g} = \frac{886.72}{1.4} = 633.37 \text{ кН}$$

### 3.3. Осідання в ПК «ЛІРА-САПР»

Навантаження на палі визначаються за допомогою вбудованого Калькулятора навантажень на палі

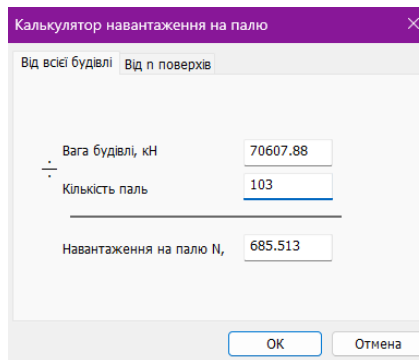


Рис. 32. Навантаження на палю.

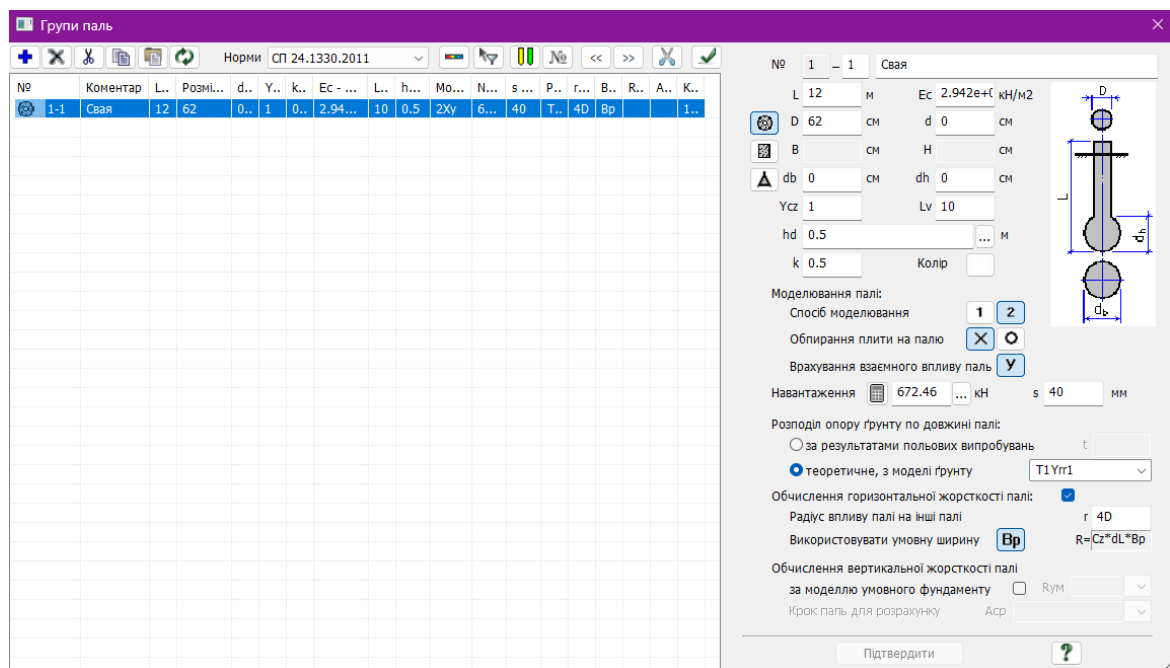


Рис. 33. Характеристики палі.

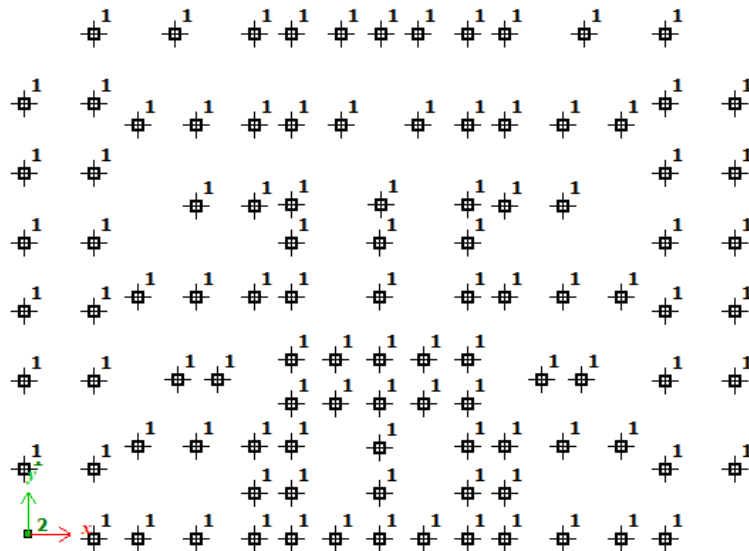


Рис. 34. Схема розміщення паль.

№ по- рядку	Найменування грунту	Колір	Модуль деформації, МПа	Коефі- цієнт Пуассона	Питома вага грунту, кН/м <sup>3</sup>	Коефіцієнт переходу до 2-го подля деформації	Пропор- ція на волок- ність, %	Показ- ник те- кучос- ті, %	Вода Лес. Напіс Органі-	Коефі- цієнт порис- тості	Віст рослин- них за- ляль, %	Питома зв'язаність, г/м <sup>3</sup>	Кут внутрі- шнього тертя F <sub>в</sub> , °	Гвинна напруженість розтягнення R <sub>в</sub> , кН/м <sup>2</sup>	Коефі- цієнт Савінова R <sub>с</sub> , кН/м <sup>2</sup>	Межа пластич- ності R <sub>п</sub> , кН/м <sup>2</sup>	Коефі- цієнт зміщення грунту K <sub>с</sub>	Коефіцієнт пропорцій- ності K <sub>с</sub> , тс/м <sup>4</sup>	Грунт
1	Насипний	1	0.3	14.91	5	0.1			0.59	0	1.6	32	0.980665	9806.65			235	СГ	Глина текучопластична I <sub>L</sub> =0.75...1, K=235...135 тс/м <sup>4</sup>
2	Пісок пілуватий	36000	0.3	17.85	5	0.1			0.59	0	1.6	36.8	0.196133	8825.98			400	SG	Пісок пілуватий e=0.6...0.8, K=600...235 тс/м <sup>4</sup>
3	Суглиок	36000	0.3	19.91	5	0.22		W	0.59	0	1.6	36.8	1.56966	14710			235	Sp	Суглиок пластичний I <sub>L</sub> =...0.75, K=600...235 тс/м <sup>4</sup>
4	Суглинок тугоплас	15500	0.35	18.05	5	0.15	1	W	0.68	0	23.5	18.7	3.92266	19613.3			496	Ls	Суглинок тугопласний або напівтвердий I <sub>L</sub> =0...0.5, K=600...400 тс/м <sup>4</sup>
5	Глина напівтверда	26000	0.42	17.17	5	0.1		W	0.67	0	1.6	32.2	9.80665	24516.6			540	Sc	Глина тугопласна або напівтверда I <sub>L</sub> =0...0.5, K=600...400 тс/м <sup>4</sup>

Примеч: значения с. FL Pa в розрядку коефіцієнтів постійно не використовуються, але задані для наступного експорту в користі ПРА САПР. Значення IL, R<sub>с</sub>, K<sub>с</sub> та K використовуються для розрахунку користі паль (FE 57)

Рис. 35 – Характеристика ґрунтів.

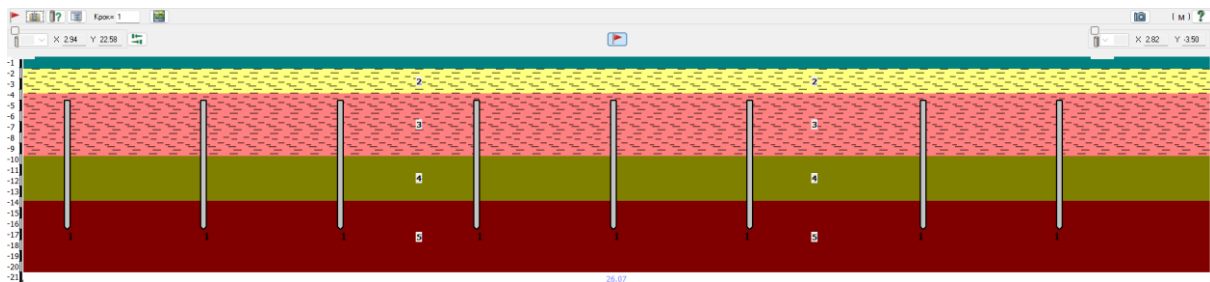


Рис. 36. Посадка паль на модель ґрунту.

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»

Лист

47

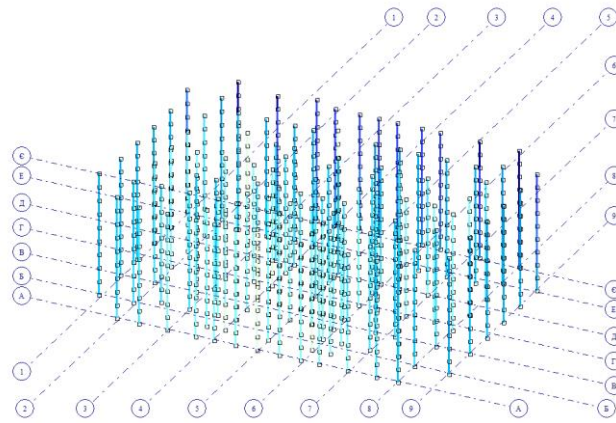


Рис. 37. Повздовжні зусилля у палях.

### Визначення осідання пального фундаменту[14]

#### Вихідні дані:

- Тип фундаменту:

Пальовий

- Ширина підосви:

$$b = \pi \cdot 0.62 \cdot 0.62 = 1.2 \text{ м}$$

- Товщина елементарних шарів:

$$h_i = 0.4 \cdot 1.2 = 0.5 \text{ м}$$

#### Напруження від власної ваги ґрунту в характерних точках:

- на підосві першого ПЕ-1 шару:

$$\sigma_{zg}^I = \gamma_2 \cdot h_1 = 14.91 \cdot 1.1 = 16.401 \text{ кПа}$$

- на підосві ПЕ-2 шару:

$$\sigma_{zg}^{II} = \sigma_{zg}^I + \gamma_2 \cdot h_2 = 16.401 + 17.85 \cdot 2.3 = 57.456 \text{ кПа}$$

- на підосві ПЕ-2а шару:

$$\sigma_{zg}^{IIa} = \sigma_{zg}^{II} + \gamma_{2a} \cdot h_{2a} = 57.456 + 10.01 \cdot 5.7 = 114.513 \text{ кПа}$$

- на підосві ПЕ-3 шару:

$$\sigma_{zg}^{III} = \sigma_{zg}^{IIa} + \gamma_3 \cdot h_3 = 114.513 + 9.81 \cdot 4.2 = 155.714 \text{ кПа}$$

- на рівні підосві фундаменту:

$$\sigma_{zg}^{\Phi} = \sigma_{zg}^{III} + \gamma_4 \cdot h_4 = 155.714 + 17.17 \cdot 4.2 = 227.828 \text{ кПа}$$

- на підосві ПЕ-4:

$$\sigma_{zg}^{IV} = \sigma_{zg}^{\Phi} + \gamma_4 \cdot h_4 = 227.828 + 17.17 \cdot 1.5 = 253.583 \text{ кПа}$$

#### Додатковий тиск на основу на рівні підосви фундаменту:

$$\sigma_{zp}^0 = P = 152,45 \text{ кПа}$$

#### Додатковий тиск на основу в кожній точці елементарного шару:

$\sigma_{zp}^i = \alpha \cdot \sigma_{zp}^0$ , визначаємо до нижньої границі стисливої зони (точка, в якій виконується умова  $0,2 \cdot \sigma_{zg} \geq \sigma_{zp}$ )

$39.637 < 50.71 = 0,2 \cdot 253.583$ - умова виконується в точці 4.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		48

**Деформація кожного елементарного шару:**

$$S_i = \frac{\sigma_{zp, \text{ср}}^i \cdot h_i}{E_i} * \beta$$

**Розрахунок осідання фундаменту**

	Глибина точки Z, м	$\xi=2Z/b$	$\alpha$	$\sigma_{zg}$ , кПа	$\sigma_{zp} = \sigma_{zp} \cdot 0 \times \alpha$ , кПа	$\sigma_{zp_i, \text{ср}}$ , кПа	$E_i$ , кПа	$h_i$ , см	Осідання шару, $S_i$ , см
						132,63	14400,00	50,00	0,37
1	0,00	0,00	1,00	227,83	152,45	86,13	14400,00	50,00	0,239
2	0,50	0,83	0,8		112,81				
3	1,00	1,6	0,45		59,45	49,55	14400,00	50,00	0,137
4	1,50	2,5	0,26		39,64	$\Sigma S_i =$			

$\Sigma S_i < [S_i] = 10 \text{ см}$  – для споруд з монолітного залізобетонного каркасу  
 0.746 см < 10 см – умова виконується.

**ТЕХНОЛОГІЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ  
БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

**Консультант**

**/ Ганна ШПАКОВА /**

**Здобувач**

**/ Дмитро ТРЕТЯК /**

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		50

#### 4.1. Етапи влаштування монолітної залізобетонної плити перекриття[15]

Технологічна карта по влаштуванні монолітної залізобетонної плити перекриття за допомогою бетононасосу для будівництва «16-ти поверхового житлового будинку в м. Черкаси»

Перед початком влаштування монолітного залізобетонного перекриття необхідно провести підготовчі роботи. До них належить влаштування підмостків і огороження робочого місця, перевірка геодезичної прив'язки, доставка арматури, заготовка матеріалів, елементів опалубки, а також організація їх складування поблизу майданчика. Додатково проводиться розрахунок і виготовлення бетонної суміші.

Основні роботи включають монтаж опалубки, установку арматури, бетонування, догляд за бетоном та демонтаж опалубки після завершення робіт.

Перед бетонуванням несучі елементи та опалубка перевіряються відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009.[16] Проводиться оцінка жорсткості конструкції, герметичності опалубки та надійності закріплення арматури. Усі змонтовані елементи повинні пройти прийомку, яка документується актом прихованих робіт.

Бетонна суміш транспортується бетоновозами і укладається бетононасосами, забезпечуючи розрівнювання та ущільнення електромеханічними вібраторами. У процесі бетонування дотримуються вимог ДБН із фіксацією параметрів у журналі бетонних робіт: дати виконання робіт, характеристики бетонної суміші, об'єми робіт, температурні умови тощо.

На етапі твердіння бетону підтримується температурно-вологий режим, при необхідності проводиться теплова обробка для прискорення процесу. Бетон захищають від пошкоджень і механічних впливів.

#### 4.2. Розрахунок об'ємів виконання робіт[17]

№	Матеріали	Од. вим.	Кількість	Коефіцієнт витрати, примітка
1	Площа опалубки перекриття	м <sup>2</sup>	762	
2	Кількість арматури на перекриття	т	12,161	Див. розділ ЗБК
3	Кількість бетонної суміші	м <sup>3</sup>	120,85	0,2 – товщина перекриття Див. розділ ЗБК

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		51

### 4.3. Калькуляція витрат праці на монолітне перекриття

№ процесу	Найменування процесів	Одиниці виміру	Обсяги процесу	Обґрунтування ЕНиР	Норма часу за ЕНиР		Трудомісткість		Виконавці, проф.
					люд.- год.	маш.- год.	люд.- год.	маш.- год.	Кількість, розряд
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Влаштування опалубки	м2	762	Е4-1-34 Г	0,22	-	167,64	-	монтажн.4 р монтажн.2 р
2	Подача арматури на перекриття	100т	0,121	Е1-7	0.5	0.12	6,1	1,46	машиніст 5 р такелажник 2 р такелажник 2 р
3	В'язання арматурних каркасів з окремих стержнів	1т	12,161	Е4-1-46	7,2	-	87,55	-	арматурн.4 р арматурн.2 р
4	Укладання бетонної суміші бетононасосом	100м3	0,326	Е4-1-48 В	18	9	5,868	2,934	машиніст 4 р бетонник 2 р
5	Догляд за бетоном	100 м2	6,35	Е4-1-54; 9	0,14	-	0,889	-	бетонник 2р
6	Знімання опалубки	м2	762	Е4-1-34 Г	0,09	-	68,58	-	монтажн.4р монтажн.2р

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
						52
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

#### 4.4. Технологічні розрахунки та графік виконання

№ процесу	Найменування процесів	Одиниці виміру	Об'єм процесу	Затрати праці на одиницю		Трудомісткість		Робітник: Професія, Кількість, Розряд.	Кількість в допі	Кількість днів	Вик. Норми,%	Графік виконання робіт																											
				За нормою	Прийнято	За нормою	Прийнято					Робочі дні																											
												1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13																											
1	Влаштування опалубки	м2	762	36,37	36,28	20,95	21	монтажник.4 р, монтажник.4 р, монтажник.2 р	2	3,5	99,70%																												
2	Подача арматури та в'язання арматурних каркасів з окремих стержнів	т	12,161	1,11	1,1	10,94	11	арматури. 4 р, арматури. 2 р, машиніст 5 р	1	3,5	99,45%																												
3	Укладання бетонної суміші бетононасосом	100м3	0,326	0,446	0,326	0,73	1	машиніст 4 р, бетонник 2 р	1	0,5	73%																												
4	Догляд за бетоном	100м2	6,35	57,2	12,7	0,111	0,5	бетонник 2 р	1	0,5	22,2%																												
5	Знімання опалубки	м2	762	88,91	84,66	8,57	9	монтажник.4 р, монтажник.4 р, монтажник.2 р	1	3,0	95,2%																												

#### 4.5. Техніко-економічні показники

Таблиця техніко-економічних показників для влаштування  
монолітного  
Перекриття

№	Назва показника	Одиниці виміру	Кількість
1	Загальна тривалість	днів	11
2	Обсяг робіт	м <sup>3</sup>	635
3	Трудомісткість	Люд-змін	42,5
4	Витрати праці на одиницю виміру	Люд-змін/ м <sup>3</sup>	0,067

#### 4.6. Вказівки щодо контролю якості[18]

Відповідальність за якість виконання робіт на конструкції несуть виконавчо-технічний персонал, зокрема виконавці робіт, майстри, бригадири, а також безпосередні виконавці — робітники.

Вхідний контроль здійснюється під час прийому матеріалів, елементів і деталей виробів шляхом зовнішнього огляду, перевірки розмірів, маркування та комплектності.

Технологічний (операційний) контроль є невід'ємною частиною виробничого процесу зведення монолітного перекриття. Він проводиться після завершення кожної операції чи будівельного етапу для виявлення дефектів та їх причин, що дозволяє своєчасно усунути недоліки. Використовуються як прості вимірювальні прилади (рулетка, виски, шаблони), так і ультразвукові пристрої.

Проміжний контроль здійснюється під час приймання завершених етапів робіт, зокрема прихованих робіт. До їх приховування наступними етапами перевіряють конструкції, виконується огляд та контрольні заміри, а результати фіксуються актами прихованих робіт. Дані вносяться до журналу робіт, і лише після прийняття попереднього етапу дозволяється починати наступний.

Приймальний контроль відбувається при введенні будівлі в експлуатацію у дві стадії: попередню (технічну), яку виконує робоча комісія, та остаточну, яку здійснює державна приймальна комісія.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		54

Контроль операційного процесу передбачає ретельний огляд прихованих робіт, таких як арматурні та бетонні. Всі відхилення від проєкту (наприклад, зміни діаметра арматури) фіксуються актами. Перед бетонуванням проводиться перевірка відповідності розмірів, розташування та кількості арматури, стикових з'єднань і захисних шарів, після чого складається акт про приховані роботи.

Зварні шви контролюють візуально і вибірково випробуванням у місцях, узгоджених із технаглядом. Для перевірки міцності зварних з'єднань від кожної партії беруть три зразки.

Бетонні суміші перевіряють на однорідність, рухливість і відповідність заданій марці. Міцність бетону контролюється випробуваннями трьох серій зразків, і середній показник повинен складати не менше 90% марочної міцності.

Без руйнівний контроль бетону проводиться механічними та фізичними методами. Визначення міцності виконується за розміром відбитку кульки, відскоком молотка, ультразвуковими та радіометричними приладами.

Завершені бетонні та залізобетонні конструкції приймають після досягнення бетоном проєктної міцності, зняття опалубки та оздоблення. Комісія перевіряє відповідність конструкцій кресленням, геометричним розмірам, розташуванню, а також наявність і відповідність закладних деталей, отворів і каналів. Під час приймання надаються журнали робіт, акти прихованих робіт, протоколи випробувань бетону, паспорти та сертифікати матеріалів

### Перелік технологічного оснащення, інструментів, інвентарю і пристосувань

№	Назва машин, механізмів та застосування	Тип	Марка	Кількість	Технічна характеристика
1.	Кран	Башенний	LIEBHERR 154 EC-10H	1	Лстр.=60 м
2.	Бетонозмішувач	Автомобільний	MAN	1	
3.	З'ємний захват	Стропи		2	

4.	Рулетка вимірювальна металева			2	5 м
5.	Автобетононасос	Автомобільн ий	Putzmeist er M 56-5	1	Висота подачі 55,1м. Дальність подачі 49,9м
6.	Шнековий перевантажник			2	
7.	Метр складний металевий			2	
8.	Електромеханічний вібратор		3-413	3	
9.	Кельма			2	
10.	Автотранспорт		MAN	2	
11.	Захисні каски монтажні			8	
12.	Пояс монтажний			8	
13.	Драбина дерев'яна			2	

#### 4.7. Проектування та розрахунок календарного графіку

##### Розрахунок нормативної тривалості будівництва

Для визначення нормативної тривалості будівництва багатоповерхової житлової будівлі використовуємо ДСТУ Б А.3.1-22:2013.[19]

Нормативна тривалість визначається в залежності від за усередненими показниками визначається в залежності від об'єкта будівництва та його площі.

$$T = \frac{T_c * K_1 * K_2}{K_3} = \frac{20 * 2,07 * 1}{1,1} = 52,7 \text{ (965 дні)}$$

$T_c$  – усереднений показник тривалості будівництва (в місяцях) відповідно додатку А.3 ДСТУ Б А.3.1-22:2013;

$K_1 = 2,07$  – коефіцієнт, що враховує сукупність конкретних умов влаштування будівлі;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
					Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	56
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

$K_2 = 1,0$  – коефіцієнт, що враховує особливості конструкції будівлі (при плитному фундаменті);

$K_3 = 1,1$  – коефіцієнт, що враховує прийняті організаційно – технологічні заходи, що впливають на термін будівництва (при роботі в дві зміни);

$$K_1 = K_{11} \cdot K_{12} \cdot K_{13} = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,88 = 2,07;$$

$K_{11} = 1,1$  – залежить від інженерно-геологічних умов;

$K_{12} = 1,0$  – при будівництві не в сейсмонебезпечних умовах;

$K_{13} = 1,88$  – коефіцієнт, що враховує існуючі будівлі, які розташовані поруч об'єктом з будівництва, інтенсивність руху пішоходів та автомобілів;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		57

## 4.8. Розрахунок об'ємів виконання основних будівельних робіт

№	Назва технологічного процесу	Формула	Розмірність	Значення
1	Планування площ бульдозерами потужністю 59 кВт	$S=a*b$	100м <sup>2</sup>	12,6856
2	Розробка ґрунту в траншеях та котлованах екскаваторами з навантаженням на автомобілі-самоскиди. Екскаватор місткістю ковша 0,5м <sup>3</sup>	$V=S*h$	100м <sup>3</sup>	71,03936
3	Розробка ґрунту вручну з переміщенням ручними візками	$V_{gr}=V*0,15$	1м <sup>3</sup>	10,655904
4	Ущільнення ґрунту	$S=a*b$	100м <sup>2</sup>	6,5056
<b>Фундамент</b>				
5	Улаштування основи під фундамент	$V=S*0,2$	100м <sup>3</sup>	1,30112
6	Улаштування бетонної підготовки	$V=S*0,1$	100м <sup>3</sup>	0,65056
7	Улаштування гідроізоляції фундаментів	$S_{gp} \cdot \phi$	100м <sup>2</sup>	7,5416
8	Влаштування бурінекційних палів діаметром 820 мм до 12м	$V=\pi*r^2*h*k$	1м <sup>3</sup>	1491,871776
8	Улаштування фундаментних плит залізобетонних	$V\phi=S\phi*t$	100м <sup>3</sup>	6,5056
9	Улаштування залізобетонних стін і перегородок	Revit	100м <sup>3</sup>	3,6696
10	Влаштування перекриття паркінгу	$V_{np}=l*b*h$	100м <sup>3</sup>	1,95168
11	Улаштування залізобетонних стін і перегородок	$V_{np}=l*b*h$	100м <sup>3</sup>	3,6696
12	Влаштування перекриття паркінгу	$V_{np}=l*b*h$	100м <sup>3</sup>	1,95168
<b>Надземна частина</b>				
<b>Влаштування несучих та самонесучих конструкцій поверху</b>				
13	Влаштування перекриття	$V_{np}=l*b*h$	100м <sup>3</sup>	20,81792
14	Улаштування бетонних стін і перегородок довщиною до 300мм	Revit	100м <sup>3</sup>	44,0352
<b>Підлоги</b>				
17	Улаштування стяжок	Revit	100м <sup>2</sup>	2,5825
18	Улаштування покриттів з керамічних плиток на розчині із сухої клеючої суміші	Revit	100м <sup>2</sup>	0,24
19	Улаштування покриттів з паркету і паркетних дощок	Revit	100м <sup>2</sup>	2,3425
<b>Покрівлі</b>				
21	Влаштування 3.Б плити покрівлі	Revit	100м <sup>3</sup>	20,81792
22	Улаштування пароізоляції	Revit	100м <sup>2</sup>	104,0896
23	Улаштування теплоізоляції	Revit	100м <sup>2</sup>	104,0896
24	Улаштування вирівнюючих стяжок	Revit	100м <sup>2</sup>	104,0896
25	Улаштування плоскої рулонної покрівлі	Revit	100м <sup>2</sup>	104,0896
<b>Вікна та двері</b>				
26	Улаштування віконних коробок	Revit	100м <sup>2</sup>	9,424
27	Улаштування віконних рам	Revit	100 шт	3,84
28	Улаштування дверних коробок	Revit	100м <sup>2</sup>	8,86368
29	Улаштування дверних полотен	Revit	100 шт	4,48
<b>Внутрішнє опорядження</b>				
30	Штукатурення сходових маршів та площадок	Revit	100м <sup>2</sup>	4,224
31	Штукатурення поверхонь стін загального користування високоякісною штукатуркою механізованим способом	Revit	100м <sup>2</sup>	146,4
<b>Зовнішнє опорядження</b>				
32	Улаштування фасадної теплоізоляції опорядженням зовнішніх стін	Revit	100м <sup>2</sup>	34,52272
33	Високоякісне штукатурення декоративним розчином	Revit	100м <sup>2</sup>	34,52272
34	Фарбування фасадів	Revit	100м <sup>2</sup>	34,52272
35	Влаштування вимощення	Revit	100м <sup>2</sup>	1,554

#### 4.9. Техніко економічні показники календарного графіку

Найменування показника	Одиниця виміру	Обсяг
Нормативна тривалість будівництва за РВКН	дні	891,00
Розрахункова тривалість будівництва	дні	700
Трудоємність виконання робіт		
робітників	люди-змін	1992,00
машин та механізмів	люди-змін	1992,11
Трудоємність виконання робіт		
робітників	люди-змін	20436,00
машин та механізмів	люди-змін	20450,49
Коефіцієнт тривалості будівництва		
нормативна		1,00
розрахункова		0,79
Питома трудоємність		
нормативна	люди/м <sup>2</sup>	0,75904
розрахункова	люди/м <sup>2</sup>	0,759
продуктивність праці	%	127,286
Коефіцієнт тривалості будівництва		1,27286

## 5. Охорона праці

### 5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

№ п/п	Найменування факторів	Джерела факторів (види робіт)	Кількісна оцінка	Нормативний документ
1	2	3	4	5
1	Обвалення ґрунту в котловані під фундаменти	Земляні	Ґрунт – пісок середньої крупності, середньої щільності, малого ступеня водонасичення h=-0,9 м	ДБН А.3.2-2-2009 р.10 НПАОП 45.2-7.0212
2	Падіння предметів	Земляні Монтажні Бетонні Кладочні Ізоляційні Покрівельні Опоряджувальні: зовнішні; внутрішні	h=-5 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м	ДБН А.3.2-2-2009 ДБН В.2.2-41:2019 п.12.1-2,12.10-12, п.12.20,12.22, п.11.3;11.8; п.16.2;16.3; п.16.9;16.10; 16.11
3	Падіння людини з висоти	Земляні Монтажні Бетонні Цегляні Ізоляційні Покрівельні Опоряджувальні: зовнішні; внутрішні	h=-5 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м h=51,2 м	ДБН А.3.2-2-2009 п.9.5;9-17 п.12.8;12.11;11-12; п.12.8;12.11;11-12; п.10.2;10.3;10.6 п.15.1;15.5; п.16.1
4	Шкідливі фактори	Ацетилен Ацетон Сірчаний ангідрид	ГДК 0,1 мг/м <sup>3</sup> ГДК 200 мг/м <sup>3</sup> ГДК 10 мг/м <sup>3</sup>	НПАОП 0.00-5.23-16 ГОСТ 12.1.005-88
5	Підйомні обладнання та механізми	Кран автомобільний Liebherr 154 EC-10H	Стріла 60 м	ДБН А.3.2-2-2009, р. 8 НПАОП 0.00-1.80-18 (крани)

6	Транспортні машини і механізми	Автобетонозмішувач MAN	Швидкість руху не більше $v_{\text{прям}} = 40 \text{ км/год}$ На поворотах $v_{\text{пов}} = 25 \text{ км/год}$	ДБН А.3.2-2-2009 р. 8 ДБН А.3.1-5-2009
7	Електричний струм	Електромонтажні Зварювальні Електрообладнання Освітлення Механізми	220/380 В 600/380 В 380 В 220 В 380 В <25 В	ДСТУ Б.А.3.2-13:2011 ПУЕ -2017 НПАОП 40.1-1.21-98 ДБН А.3.2-2-2009 ДСТУ БА 3.2-15:2011 ДБН В 2.5-28-2018
8	Недостатнє освітлення	Земляні Автошляхи Бетонні Кладочні Ізоляційні Монтажні Покрівельні Опоряджувальні: - зовнішні; -внутрішні.	10 лк 2 лк 50 лк 50 лк 50 лк 50 лк 50 лк 50 лк 150 лк	ДБН В.2.5-28-2018 ДСТУ Б.А. 3.2.-15:2011
9	Метеорологічні умови	Бетонні Монтажні Покрівельні	$t = 16-28^{\circ}\text{C}$ $v < 15 \text{ м/с}$ вологість 40-60%	ГОСТ 12.1.005-88 ДСН 3.3.6.042-99
10	Вібрація	Бетонні Експлуатація машин і механізмів	$v > 0,02 \text{ м/с}$ $V < 0,04 \text{ м/с}$	ДСТУ ГОСТ 12.1.012-2008 ДСН 3.3.6.039-99
11	Атмосферний струм	Захист від блискавки	ІІІ рівня	ДСТУ Б В.2.5-38:2008 ДСТУ EN 62305-3:2012

## 5.2. Висновок

При будівництві об'єкта необхідно дотримуватися профілактичних заходів для зменшення ризиків виникнення шкідливих факторів, травматизму та аварій, що загрожують життю і здоров'ю робітників. Особлива увага приділяється суворому контролю за дотриманням техніки безпеки.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		61

## Небезпечні фактори на будівельному майданчику:

- падіння людей і матеріалів з висоти;
- ураження електричним струмом;
- використання машин і механізмів;
- ризик пожеж.

### Запобігання падінню з висоти

Передбачено використання колективних засобів захисту: перил, мостиків, мереж безпеки або платформ. Працівники забезпечуються індивідуальними засобами захисту (страхові ремені, системи страхування) та проходять навчання щодо безпечного виконання робіт. Регулярно перевіряється обладнання, визначаються безпечні зони роботи, а для переходу між конструкціями використовуються спеціальні драбини з огороженнями відповідно до стандарту ДСТУ Б В.2.8-43:2011.[20]

### Захист від ураження електричним струмом

Працівники мають бути ознайомлені з розташуванням електричних систем, використовувати індивідуальні засоби захисту (окуляри, рукавиці, шоломи) і уникати контакту з проводами. Важливим є маркування електропроводів, регулярна інспекція кабелів та навчання персоналу щодо безпеки роботи з електрикою.

### Освітлення будівельного майданчика

Планування освітлення включає розрахунок необхідної кількості світла, правильне розташування джерел для рівномірного освітлення, використання захищених від погодних умов світильників і уникнення утворення тіней чи сліпучого світла.

### Пожежна безпека

Розробляється план пожежної безпеки, що включає евакуаційні маршрути, місця розташування обладнання для гасіння пожежі та процедури сповіщення. Майданчик оснащується вогнегасниками, протипожежними кранами, а робочі місця утримуються в чистоті. Забороняється куріння та використання відкритого вогню без спеціальних дозволів.

### Безпека при роботі з машинами і механізмами

Перед початком роботи працівники проходять інструктаж і забезпечуються засобами захисту (окуляри, жилети, рукавиці, каски). Обладнання підлягає регулярному технічному обслуговуванню, а робочі зони відокремлюються від зон, де перебувають інші працівники.

Дотримання цих заходів допоможе мінімізувати ризики на будівельному майданчику.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		62

## ЕКОНОМІКА БУДІВНИЦТВА

Консультант

/ Катерина РУДЬ /

Здобувач

/ Дмитро ТРЕТЯК /

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		63

### **6.1 Вихідні дані для розрахунку кошторисної документації.**

Будівля складається з 16-ти типових поверхів. Будинок має розмір в планах 21,4 м х 30,4 м, висота поверху 3,2м. Також передбачено бомбосховище під будинком.

- Загальний об'єм будівлі становить 33020 м<sup>3</sup>;
- Площа забудови об'єкта – 635 м<sup>2</sup>;
- Загальна площа об'єкта – 10160м<sup>2</sup>;
- Площа території об'єкта – 875м<sup>2</sup>.

Кошторисна документація складається із укрупнених показників кошторисних прямих витрат для будівельних робіт. Документація розрахована за допомогою ПК «Microsoft Office» на базі програми «Excel».

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		64

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-01**  
**на загальнобудівельні роботи 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта  
інженерно-транспортної інфраструктури)

Об'єм будинку, куб.м	33020	Кошторисна вартість	85681	тис.грн.
Площа забудови об'єкта, кв.м	635	Кошторисна трудомісткість	307	тис люд.год
Загальна площа об'єкта, кв.м	10160	Кошторисна заробітна плата	36206	тис.грн.
Площа фасаду, кв.м	4430	Середній розряд робіт	4,5	розряд
Загальна площа квартири, кв.м	8995			

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год, не зайнятих обслуговуванням машин	
					всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										в тому числі заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Підземна частина</b>											
1	УПБ 1-2	Земляні роботи будівля з підвальними приміщеннями - 1 поверх	100 кв.м площі забудови	6,35	181690	163521	1153732	115373	1038358	164	1039
					18169	54507			346119	470	2984
2	УПБ 2-3	Влаштування фундаментів фундаментна плита	100 кв.м площі забудови	6,35	358243	71649	2274843	758279	454971	1076	6831
					119414	23883			151657	206	1307
<b>Надземна частина</b>											
3	УПБ 3-4	Монолітні залізобетонні конструкції (колони, балки, діафрагми, сходи)	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	185168	37034	18813069	3135478	3762654	278	28248
					30861	12345			1254252	106	10813
4	УПБ 4-3	Влаштування перекриття	100м2 загальної площі перекриття	101,6	131351	13135	13345262	4448454	1334516	394	40076
		монолітні залізобетонні			43784	4378			444805	38	3835
5	УПБ 5.1-2	Зовнішні стіни і оздоблення фасаду зовнішні стіни з цегли, фасад утеплений, оштукатурений і	100м2 загальної площі фасаду	44,30	80519	4026	3566992	1783518	178352	363	16068
					40260	1342			59451	12	513

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		65

	УПБ 5.2-2	Зовнішні стіни підземної частини будівлі стіни монолітні залізобетонні (для підземної частини будівель)	100м2 площі зовнішніх стін підземної частини будівлі	0,22	<u>87922</u> 29307	<u>8792</u> 2931	18991	6330	<u>1899</u> 633	<u>264</u> 25	<u>57</u> 5
6	УПБ 6-1	Заповнення віконних прорізів	100м2 загальної площі фасаду	44,30	<u>131877</u> 18316	<u>6594</u> 3663	5842151	811399	<u>292114</u> 162271	<u>165</u> 32	<u>7310</u> 1399
7	УПБ 7-1	Влаштування перегородок	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	<u>13370</u> 6685	<u>668</u> 223	1358392	679196	<u>67869</u> 22657	<u>60</u> 2	<u>6119</u> 195
8	УПБ 8-1	Влаштування покрівлі плоска покрівля з рулонних матеріалів	100м2 площі останнього поверху	6,35	<u>204515</u> 85215	<u>10226</u> 3409	1298670	541115	<u>64935</u> 21647	<u>768</u> 29	<u>4875</u> 187
9	УПБ 9-2-2	Оздоблювальні роботи (за типом оздоблення) опорядження Тип 2 (повне опорядження, облицювання, малярні роботи)	100м2 загальної площі приміщень	101,6	<u>217119</u> 144746	<u>32568</u> 10856	22059290	14706194	<u>3308909</u> 1102970	<u>1304</u> 94	<u>132488</u> 9508
<b>Разом прями витрати , грн.</b>							69731392	26985336	<u>10504578</u> 3566461		<u>243111</u> 30745
в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн. всього заробітна плата							32241478 30551797				
<b>Загальновиробничі витрати разом, грн.</b>				Коеф.			15949774				
у тому числі:											
трудоємність в загальновиробничих витратах, люд-год				0,12			32863				
заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.				172,04			5653713				
відрахування на соціальні заходи				0,2278			8247615				
решта статей у загальновиробничих витратах				7,48			2048447				
<b>Всього кошторисна вартість робіт, грн.</b>							<b>85681166</b>				
кошторисна трудоємність, люд-год							<b>306719</b>				
кошторисна заробітна плата, грн.							<b>36205510</b>				

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b> Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
						66
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-02**  
**на внутрішні санітарно-технічні роботи 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта  
інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість	6762	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	15	тис. люд.год
Кошторисна заробітна плата	1792	тис.грн.
Середній розряд робіт	4,4	розряд

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год, не зайнятих обслуговуванням машин	
					всього	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	всього	заробітної плати	експлуатації машин в тому числі заробітної плати	на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УПС 1-2	Влаштування внутрішніх мереж опалення	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	28073	1404	2852217	713029	142646	63	6424
					7018	468			47549	4	410
2	УПС 2-2	Влаштування внутрішніх мереж вентиляції і кондиціонування	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	6309	315	640994	106883	32004	9	963
					1052	105			10668	1	92
3	УПС 3-2	Влаштування внутрішніх мереж холодного і гарячого водопостачання	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	16130	807	1638808	409753	81991	36	3691
					4033	269			27330	2	236
4	УПС 4-2	Влаштування внутрішніх мереж каналізації	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	8375	419	850900	212750	42570	19	1917
					2094	140			14224	1	123
5	УПС 5-2	Влаштування внутрішніх мереж газопостачання житлові будинки висотою до 8-ми поверхів	100м2 загальної площі об'єкта	0	0	0	0	0	0	0	0
					0	0			0	0	0
		<b>Разом прями витрати , грн.</b>					5982919	1442415	299212		12995
		в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.					4241292		99771		860
		всього заробітна плата					1542186				
		<b>Загальновиробничі витрати разом, грн.</b>			Коеф.		779136				
		у тому числі:									
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд-год			0,105		1455				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.			172,04		250276				
		відрахування на соціальні заходи			0,2278		408323				
		решта статей у загальновиробничих витратах			8,7		120537				
		<b>Всього кошторисна вартість робіт, грн.</b>					6762056				
		кошторисна трудомісткість, люд-год					15310				
		кошторисна заробітна плата, грн.					1792463				

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		67

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-03**  
**на внутрішні електромонтажні роботи 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість	11768	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	41	тис.люд.год
Кошторисна заробітна плата	4870	тис.грн.
Середній розряд робіт	5,5	розряд

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год, не зайнятих обслуговуванням машин	
					всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УПЕ 1-2	Прокладання внутрішніх мереж електропостачання і електроосвітлення	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	42263	2113	4293921	2254301	214681	195	19775
2	УПЕ 2-3	Встановлення електросвітлювальних приладів та електрофурнітури	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	22188	1479	3268777	572008	150266	13	1273
3	УПЕ 3-2	Прокладання слабострумних мереж (зв'язок, телемережі)	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	32173	643	3268777	572008	65329	49	5018
4	УПЕ 4-2	Прокладання мереж пожежної сигналізації і відеоспостереження	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	5630	450	3268777	572008	45720	4	387
		<b>Разом прями витрати , грн.</b>					9752889	3976218	389534		34879
		в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.					5387137		272694		2311
		всього заробітна плата					4248912				
		<b>Загальноновиробничі витрати разом, грн.</b>		Коеф.			2014780				
		у тому числі:									
		трудомісткість в загальноновиробничих витратах, люд-год		0,097			3607				
		заробітна плата в загальноновиробничих витратах, грн.		172,04			620623				
		відрахування на соціальні заходи , грн.		0,2278			1109280				
		решта статей у загальноновиробничих витратах, грн.		7,66			284876				
		<b>Всього кошторисна вартість робіт, грн.</b>					<b>11767668</b>				
		кошторисна трудомісткість, люд-год					<b>40798</b>				
		кошторисна заробітна плата, грн.					<b>4869535</b>				

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

**Локальний кошторис на будівельні роботи № 02-01-04**  
**на монтаж устаткування 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість	837	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	4	тис люд.год
Кошторисна заробітна плата	428	тис.грн.
Середній розряд робіт	4,5	розряд

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норми)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати труда робітників, люд.год, не зайнятих обслуговуванням машин	
					всього	експлуатації машин	всього	заробітної плати	експлуатації машин	тих, що обслуговують машини	
										заробітної плати	в тому числі заробітної плати
1	УПМП 1-3	Монтаж технологічного устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	6624 2685	2148 1074	672998	272796	218237 109118	24 9	2436 933
2	УПМП 2-3	Монтаж виробничого устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	0	0 0	0 0	0	0	0 0	0 0	0 0
		<b>Разом прями витрати , грн.</b>					672998	272796	218237 109118		2436 933
		в тому числі вартість матеріалів, виробів і комплектів, грн.					181966				
		всього заробітна плата					381914				
		<b>Загальновиробничі витрати, разом, грн.</b>		Коеф.			164193				
		у тому числі:									
		трудомісткість в загальновиробничих витратах, люд-год		0,079			266				
		заробітна плата в загальновиробничих витратах, грн.		172,04			45779				
		відрахування на соціальні заходи		0,2278			97429				
		решта статей у загальновиробничих витратах, грн.		6,23			20985				
		<b>Всього кошторисна вартість робіт, грн.</b>					<b>837191</b>				
		<b>Кошторисна трудомісткість, люд-год</b>					<b>3634</b>				
		<b>Кошторисна заробітна плата, грн.</b>					<b>427694</b>				

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
						69
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

## Локальний кошторис на пусконалагоджувальні роботи № 02-01-05

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування робіт та витрат, найменування будівлі,  
споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість, тис.грн. 1690  
Кошторисна трудомісткість, тис.люд.год. 10,8  
Кошторисна заробітна плата, тис.грн. 1322

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Обґрунтування (шифр норм)	Найменування робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн	Загальна вартість, грн	Витрати труда пусконалагоджувального персоналу, люд.год.	
							на одиницю	всього
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	УПМП 3-2	Пусконалагоджувальні роботи	100 м2 загальної площі об'єкта	101,6	11548	1173277	98	9943
<b>Разом прями витрати</b>						1173277		
в тому числі								
Заробітна плата						1173277		
<b>Загальновиробничі витрати, разом, грн.</b>				Коеф.		517012		
у тому числі:								
Трудомісткість у загальновиробничих витратах				0,087		865		
Заробітна плата у загальновиробничих витратах				172,04		148822		
Відрахування на соціальні заходи				0,2278		301174		
Решта статей у загальновиробничих витратах				6,74		67016		
<b>Всього по кошторису</b>						<b>1690289</b>		
Кошторисна трудомісткість						<b>10808</b>		
Кошторисна заробітна плата						<b>1322099</b>		

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		70

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

### Локальний кошторис на придбання устаткування, меблів та інвентарю № 02-01-06

#### 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси

(вид устаткування, меблів, інвентарю і робіт, найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість

2993,9

тис.грн.

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування устаткування, меблів та інвентарю	Кількість	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	УПО 1-3	Технологічне устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	21332	2167331
2	УПО 2-3	Виробниче устаткування	100м2 загальної площі об'єкта	0	0	0
3	УПО 3-3	Технічні засоби інформаційних технологій	100м2 загальної площі об'єкта	101,6	4867	494487
4	УПО 4-3	Меблі	100м2 (загальної площі об'єкта)	101,6	2155	218948
		Разом, грн.				2880766
		Транспортні витрати на устаткування (3%)				86423
		Заготівельно-складські витрати (0,9%)				26705
		<b>Всього кошторисна вартість, грн.</b>				<b>2993894</b>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
					Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	71
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси  
(найменування об'єкта будівництва)

**Об'єктний кошторис № 02-01**  
**на будівництво 16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**

(найменування будівлі, споруди, лінійного об'єкта інженерно-транспортної інфраструктури)

Кошторисна вартість	109732	тис.грн.
Кошторисна трудомісткість	377	тис.л-год
Кошторисна заробітна плата	44617	тис.грн.
Загальний будівельний обсяг	33020	куб.м
Вимірник одиничної вартості	1	кв.м
Загальна площа об'єкта	10160	кв.м
Вартість 1 кв.м загальної площі об'єкта	10800	грн. /кв.м

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			Кошторисна трудомісткість, тис.люд-год	Кошторисна заробітна плата тис.грн.	Вартість 1 кв.м загальної площі об'єкта
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	Всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1-1	Загальнобудівельні роботи	85681		85681	307	36206	8433
2	2-1-2	Внутрішні санітарно-технічні роботи	6762		6762	15	1792	666
3	2-1-3	Внутрішні електромонтажні роботи	11768		11768	41	4870	1158
4	2-1-4	Монтаж устаткування	837		837	4	428	82
5	2-1-5	Пусконалогуджувальні роботи	1690		1690	11	1322	166
6	2-1-6	Придбання устаткування, меблів та інвентарю		2994	2994			295
		<b>Всього по кошторису</b>	<b>106738</b>	<b>2994</b>	<b>109732</b>	<b>377</b>	<b>44617</b>	<b>10800</b>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		72

**16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**

**РОЗРАХУНКИ до глав 1, 3, 4, 5, 6, 7 ЗВЕДЕНОГО КОШТОРИСНОГО РОЗРАХУНКУ**

Площа забудови об'єкта, кв.м	635
Загальна площа об'єкта, кв.м	10160
Загальний обсяг об'єкта, куб.м	33020
Площа ділянки (території) об'єкта, кв.м	875     25*35
Периметр ділянки (території) об'єкта, м.п.	120     25*2+35*2

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

	Найменування глав, об'єктів, робіт і витрат	Одиниця виміру	Кількість, обсяг робіт	Вартість одиниці, тис.грн.	Загальна вартість, тис.грн.
<b>Глава 1. Підготовка території будівництва</b>		100 м2 ділянки			
1.1.	Відведення земельної ділянки, виготовлення землепорядної докум.	- "	8,75	31,12	272,300
1.2.	Створення геодезичної мережі для будівництва	- "	8,75	0,25	2,188
1.3.	Освоєння і інженерна підготовка території будівництва	- "	8,75	16,32	142,800
	<b>Разом</b>				<b>417,288</b>
<b>Глава 3. Об'єкти підсобного і обслуговувального призначення</b>		100м2 загальної площі об'єкта			
3.1.	Адміністративно-побутові приміщення	- "	101,6	7,44	755,904
3.2.	Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естакади, лабораторії)	- "	101,6	0,000	0,000
3.3.	Господарські будівлі і приміщення (охорона, прохідна, сміттєзбиральник тощо)	- "	101,6	1,51	153,416
	<b>Разом</b>				<b>909,320</b>
<b>Глава 4. Об'єкти енергетичного господарства</b>					
4.1.	Трансформаторна підстанція	об'єкт	1	2093,10	2093,100
4.2.	Лінії електропостачання	км	1,2	1153,27	1383,924
	<b>Разом</b>				<b>3477,024</b>
<b>Глава 5. Об'єкти транспортного господарства і зв'язку</b>					
5.1.	Автомобільні під'їзні та внутрішні дороги	об'єкт	1	785,74	785,740
5.2.	Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	об'єкт	0	542,47	0,000
5.3.	Паркінги, автостоянки	об'єкт	1	1129,17	1129,170
5.4.	Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	об'єкт	1	638,95	638,950
	<b>Разом</b>				<b>2553,860</b>
<b>Глава 6. Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації, тепlopостачання та газопостачання</b>					
6.1.	Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	км	1,2	283,67	340,404
6.2.	Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	км	1,2	468,19	561,828
6.3.	Зовнішні мережі тепlopостачання, бойлерні, котельні	км	1,2	771,83	926,196
6.4.	Зовнішні мережі газопостачання	км	0	640,32	0,000
	<b>Разом</b>				<b>1828,428</b>
<b>Глава 7. Благоустрій та озеленення території</b>					
7.1.	Огорожа території	100 м.п. периметру	1,2	37,87	45,444
7.2.	Озеленення та малі архітектурні форми	100 м2 ділянки	8,75	12,30	107,625
7.3.	Зовнішнє освітлення	100 м2 ділянки	8,75	3,90	34,125
7.4.	Пішохідні доріжки, тротуари	об'єкт	1	625,45	625,450
7.5.	Спортивні та ігрові майданчики	об'єкт	1	176,26	176,260
	<b>Разом</b>				<b>988,904</b>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		73

Зведений кошторисний розрахунок в сумі

220857 тис.грн.

В тому числі зворотних сум

162 тис.грн.

Зведений кошторисний розрахунок вартості об'єкта будівництва №

**16-ти поверхова житлова будівля в м. Черкаси**

(найменування об'єкта будівництва)

Складений в поточних цінах станом на "6" червня 2023 р.

№ Ч.ч.	Номери кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, будівель, споруд, лінійних об'єктів інженерно-транспортної інфраструктури, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис.грн.			
			будівельних робіт	устаткування, меблів та інвентарю	інших витрат	загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
		<b>Глава 1</b>				
		<b>Підготовка території будівництва</b>				
	КНУ п.3.32	Відведення земельної ділянки	0	0	272	272
	КНУ п.3.32	Створення геодезичної мережі для будівництва			2	2
	КНУ п.3.32	Інженерна підготовка території	143	0	0	143
		<b>Разом по главі 1</b>	<b>143</b>	<b>0</b>	<b>274</b>	<b>417</b>
		<b>Глава 2</b>				
		<b>Об'єкти основного призначення</b>				
	КНУ п.3.33	Багатоповерховий житловий будинок в м. Києві	106738	2994		109732
		<b>Разом по главі 2</b>	<b>106738</b>	<b>2994</b>	<b>0</b>	<b>109732</b>
		<b>Глава 3</b>				
		<b>Об'єкти підсобного та обслуговуючого призначення</b>				
	КНУ п.3.34	Адміністративно-побутові приміщення	491,3	264,6		755,9
	КНУ п.3.34	Ремонтно-технічні майстерні (допоміжні цехи, майстерні, склади, естакади, лабораторії)	0,0	0,0		0,0
	КНУ п.3.34	Господарські будівлі і приміщення (охорона, прохідна, сміттєзбиральник тощо)	99,7	53,7		153,4
		<b>Разом по главі 3</b>	<b>591,1</b>	<b>318,3</b>		<b>909,3</b>
		<b>Глава 4</b>				
		<b>Об'єкти енергетичного господарства</b>				
	КНУ п.3.35	Трансформаторна підстанція	837	1256		2093
	КНУ п.3.35	Лінії електропостачання	554	830		1384
		<b>Разом по главі 4</b>	<b>1738,5</b>	<b>1738,5</b>		<b>3477</b>
		<b>Глава 5</b>				
		<b>Об'єкти транспортного господарства і зв'язку</b>				
	КНУ п.3.35	Зовнішні роботи і будівлі для усіх видів зв'язку	562,3	76,7		639
	КНУ п.3.35	Автомобільні під'їзні та внутрішні дороги	691,5	94,3		786
	КНУ п.3.35	Будівлі по обслуговуванню транспорту: депо, гаражі, стоянки	0,0	0,0		0
	КНУ п.3.35	Паркінги, автостоянки	993,7	135,5		1129
		<b>Разом по главі 5</b>	<b>2247,4</b>	<b>306,5</b>		<b>2554</b>
		<b>Глава 6</b>				
		<b>Зовнішні мережі та споруди водопостачання, каналізації, теплопостачання та газопостачання</b>				
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі водопостачання, водозабірні, насосні споруди	187,2	153,2		340,40
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі каналізації, очисні споруди	309,0	252,8		561,83
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі теплопостачання, бойлерні, котельні	509,4	416,8		926,2
	КНУ п.3.35	Зовнішні мережі газопостачання	0,0	0,0		0,0
		<b>Разом по главі 6</b>	<b>1005,6</b>	<b>822,8</b>		<b>1828,43</b>
		<b>Глава 7</b>				
		<b>Благоустрій та озеленення території</b>				
	КНУ п.3.35	Огорожа території	45,4			45,4
	КНУ п.3.35	Озеленення та малі архітектурні форми	107,6			107,6
	КНУ п.3.35	Зовнішнє освітлення	34,1			34,1
	КНУ п.3.35	Пішохідні доріжки, тротуари	625,5			625,5
	КНУ п.3.35	Спортивні та ігрові майданчики	176,3			176,3
		<b>Разом по главі 7</b>	<b>988,9</b>			<b>989</b>
		<b>Разом по главах 1-7</b>	<b>113452,7</b>	<b>6179,9</b>	<b>274,5</b>	<b>119907</b>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		74

		<b>Глава 8</b>			
КНУ п.3.36	<b>Тимчасові будівлі і споруди</b>				
КНУ п.4.18-4.21	Кошти на зведення та розбирання тимчасових будівель і споруд виробничого та допоміжного призначення	1078			1078
	<b>Разом по главі 8</b>	<b>1078</b>			<b>1078</b>
	<b>Разом по главах 1-8</b>	<b>114530,5</b>	<b>6180</b>	<b>274</b>	<b>120985</b>
		<b>Глава 9</b>			
		<b>Кошти на інші роботи та витрати</b>			
КНУ п.4.25, дод. 22	Кошти на виконання будівельних робіт у зимовий період	572,7			573
КНУ п.3.37 4.27-4.31	Інші витрати			665	665
	<b>Разом по главі 9</b>	<b>573</b>		<b>665</b>	<b>1238</b>
	<b>Разом по главах 1-9</b>	<b>115103,1</b>	<b>6180</b>	<b>940</b>	<b>122223</b>
		<b>Глава 10</b>			
КНУ п.3.38	<b>Утримання служби замовника та інжинірингові послуги</b>				
КНУ п.4.32	Утримання служби замовника (включаючи технічний нагляд)			3056	3056
КНУ п.4.32	Витрати замовника з проведення тендерів			244	244
КНУ п.4.32	Формування страхового фонду документації			69	69
	<b>Разом по главі 10</b>			<b>3369</b>	<b>3369</b>
		<b>Глава 11</b>			
		<b>Підготовка експлуатаційних кадрів</b>			
КНУ п.3.38	Підготовка експлуатаційних кадрів			0	0
	<b>Разом по главі 11</b>			<b>0</b>	<b>0</b>
		<b>Глава 12</b>			
		<b>Проектні, вишукувальні роботи, експертиза та авторський нагляд</b>			
КНУ п.4.34	Вартість проектно-вишукувальних робіт			4374	4374
КНУ п.4.34	Вартість експертизи проектної документації			140	140
КНУ п.4.35	Кошти на здійснення авторського нагляду			122	122
	<b>Разом по главі 12</b>			<b>4637</b>	<b>4637</b>
	<b>Разом по главах 1-12</b>	<b>115103</b>	<b>6180</b>	<b>8946</b>	<b>130229</b>
		0,88	0,05	0,07	1,000
КНУ п.4.38, дод.25	Кошторисний прибуток (П)	9208			9208
КНУ п.4.39, дод.27	Кошти на покриття адміністративних витрат будівельних організацій (АВ)			2302	2302
КНУ п.4.40, дод.28	Кошти на покриття ризиків всіх учасників будівництва (Р)	2878	154	224	3256
КНУ п.4.41	Кошти на покриття додаткових витрат, пов'язаних з інфляційними процесами (І)	37063	1990		39053
	<b>РАЗОМ (гл.1-12 + П + АВ + Р + І)</b>	<b>164252</b>	<b>8324</b>	<b>11471</b>	<b>184048</b>
	Податок на додану вартість			36810	36810
	<b>Всього по зведеному кошторисному розрахунку</b>	<b>164252</b>	<b>8324</b>	<b>48281</b>	<b>220857</b>
КНУ п.3.39	Зворотні суми				162

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		75

## НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Керівник

/ Віра КОЛЯКОВА /

Здобувач

/ Дмитро ТРЕТЯК /

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		76

## **1. Актуальність теми і постановка задачі досліджень**

1.1.Класифікація пожеж

1.2.Температурні режими пожеж, технічна класифікація пожеж:

Будівельні матеріали:

1.2.1. Будівельні конструкції

1.2.2. Протипожежні перешкоди

1.2.3. Будинки, приміщення. Сходи, сходові клітки

1.3. Актуальність проблем досліджень наслідків пожеж у багатоповерхових будівлях

1.3.1. Небезпека впливу пожежі на будівлю

1.3.2. Наслідки впливу пожеж на багатоповерхові будівлі

1.3.3 Аналіз наслідків пожеж веш всесвітнього торгового центра WTC при атаці терористів 11 вересня 2001 р

## **2. Вогнестійкість будівельних матеріалів**

2.1. Бетон. Опір бетону при стиску та розтязі.

2.2. Арматура.

## **3. Методика розрахунку залізобетонних конструкцій, які зазнають впливу пожежі**

3.1.Загальні положення

3.2.Спрощені методи розрахунку

## **4. Приклади розрахунків залізобетонних конструкцій на вогнестійкість**

4.1.Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонної плити перекриття над укриттям товщиною 500мм

4.2.Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонного пілона

4.3. Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонної плити перекриття товщиною 200мм

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		77

## 1. Актуальність теми і постановка задачі досліджень

Актуальність теми дослідження впливу високих температур на залізобетонні конструкції обумовлена їх широким використанням у сучасному будівництві, зокрема у висотних будівлях, мостах, промислових об'єктах та інших спорудах. Пожежі є одним із найсерйозніших факторів, які можуть значно знизити несучу здатність залізобетонних елементів, спричиняючи руйнування конструкцій та значні матеріальні й соціальні втрати.

Сучасні тенденції урбанізації та висотного будівництва створюють додаткові виклики для забезпечення вогнестійкості конструкцій, оскільки пожежі у багатоповерхових будівлях мають серйозні наслідки через складність евакуації та високий ризик руйнувань. Під час пожежі бетон і сталева арматура зазнають значних змін властивостей: бетон втрачає свою міцність при температурах понад  $300^{\circ}\text{C}$ , а при  $600^{\circ}\text{C}$  руйнується значна частина його структури. Арматура починає втрачати міцність вже при  $400^{\circ}\text{C}$ , що може призвести до втрати несучої здатності конструкції.

Підвищення вогнестійкості є однією з ключових вимог до проектування сучасних залізобетонних конструкцій. Чинні нормативи вимагають забезпечення конструкціями здатності зберігати свою несучу здатність і теплоізоляцію протягом певного часу пожежі. Однак для цього необхідно глибоко вивчати термодинамічну поведінку залізобетонних елементів, зокрема нерівномірне нагрівання, теплове розширення, утворення тріщин та залишкову міцність після дії високих температур.

Соціальна та економічна значущість досліджень також є важливим фактором актуальності. Руйнування залізобетонних конструкцій під час пожеж спричиняє значні економічні втрати, пов'язані з реконструкцією, зупинкою об'єктів чи бізнесів, а також загрожує людському життю. Тому дослідження вогнестійкості спрямоване не лише на зниження ризиків, але й на підвищення безпеки населення та об'єктів критичної інфраструктури.

Постановка задачі дослідження полягає у вивченні змін фізико-механічних властивостей бетону та арматури під впливом високих температур, оцінці залишкової несучої здатності залізобетонних конструкцій після пожежі, а також у розробці ефективних методик розрахунку та рекомендацій для проектування більш вогнестійких конструкцій. Дослідження включає моделювання температурного впливу, оцінку ефективності вогнезахисних покриттів та розробку спрощених методик розрахунку для інженерної практики.

Результати досліджень сприятимуть підвищенню безпеки будівель та споруд, забезпечуючи довговічність і надійність конструкцій в умовах пожеж. Це має вирішальне значення для розвитку сучасного будівництва та вдосконалення протипожежних норм.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		78

## 1.1. Класифікація пожеж

Залежно від виду горючих матеріалів і речовин пожежі поділено на класи А, В, С, D, Е та підкласи А1, А2, В1, В2, D1, D2 і D3.

- До пожеж класу А відноситься горіння твердих речовин. При цьому якщо горять речовини, що здатні до тління, наприклад деревина, папір, текстильні вироби тощо, то пожежі відносяться до підкласу А1. При горінні речовин, які не здатні до тління, наприклад пластмаси, – пожежі відносяться до підкласу А2.
- До класу В відносяться пожежі легкозаймистих і горючих рідин. Вони будуть відноситися до підкласу В1, якщо рідини не розчинні у воді (бензин, дизпаливо, нафта та ін.) і до підкласу В2 – якщо це горючі рідини, що розчинні у воді (наприклад, кетони, спирти, органічні кислоти).
- До класу С відносяться пожежі, якщо відбувається горіння горючих газів, наприклад водню, пропану та ін.
- До класу D відносяться пожежі горючих металів та металовмісних сполук. До підкласу D1 відносять горіння “легких” металів, які використовуються в аерокосмічній галузі, наприклад алюмінію, магнію та їх сплавів. До підкласу D2 відносять горіння лужних та лужноземельних металів, що здатні до хімічної взаємодії з водою, наприклад натрію і калію. До підкласу D3 відносять горіння металовмісних сполук, наприклад металоорганічних, або гідридів.
- До класу Е відносяться пожежі електроустановок під напругою, незалежно від властивостей матеріалу, з якого їх вироблено, та речовин, що в них обертаються.

Для практики гасіння пожеж розглянута класифікація на рисунку, що наведений нижче.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		79

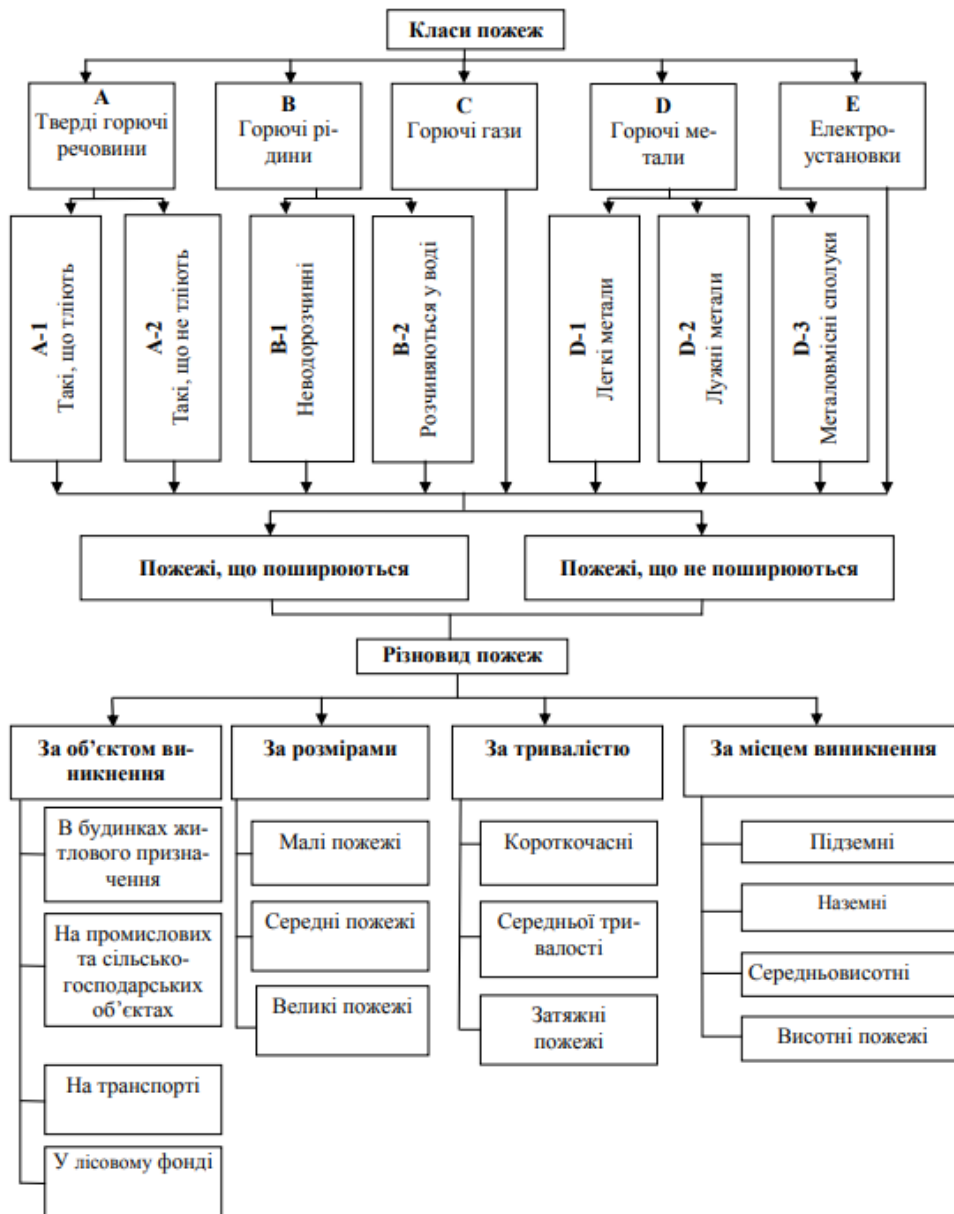


Рис. 38. Класифікація пожеж.

## 1.2. Температурні режими пожеж, технічна класифікація пожеж:

### Температурні режими пожеж

Температурні режими пожеж визначаються залежно від типу горючих матеріалів, умов розвитку пожежі та геометрії об'єкта. У будівлях температура пожежі може досягати:

- 300–400°C на початковій стадії розвитку;
- 600–800°C при розповсюдженні полум'я;
- 1000–1200°C на стадії повного розвитку, особливо в умовах високої горючості матеріалів.

Температурний вплив впливає на будівельні матеріали, конструкції та здатність приміщень виконувати свої функції під час евакуації.

## Технічна класифікація пожеж

Класифікація пожеж здійснюється за типом горючих матеріалів і середовищем поширення. Для будівельних матеріалів, конструкцій і приміщень важливими є такі аспекти:

- Клас А: тверді матеріали (деревина, текстиль, папір).
- Клас В: рідкі речовини (нафтопродукти, лаки, фарби).
- Клас С: гази (метан, пропан).
- Клас D: горючі метали.
- Клас F: жири та масла, особливо в кухонному обладнанні.

## Будівельні матеріали

### 1.2.1. Будівельні конструкції

Будівельні конструкції класифікуються за їх вогнестійкістю, яка визначається часом, протягом якого вони здатні виконувати свої функції в умовах пожежі. Основні типи конструкцій:

- Залізобетонні конструкції: мають високу вогнестійкість, але зазнають деградації при температурах понад 500°C (бетон) та 400–500°C (арматура).
- Металеві конструкції: швидко втрачають несучу здатність при температурах понад 400°C, потребують вогнезахисту.
- Дерев'яні конструкції: схильні до займання, але можуть зберігати часткову міцність за рахунок утворення захисного шару обвуглення.
- Скло та кераміка: здебільшого нестійкі до різких температурних змін, можуть руйнуватися при нагріванні.

### 1.2.2. Протипожежні перешкоди

Протипожежні перешкоди (стіни, перекриття, двері) спрямовані на обмеження поширення вогню й диму між приміщеннями. Основні типи:

- Протипожежні стіни й перекриття: поділяють будівлю на окремі пожежні секції, мають високий ступінь вогнестійкості (до 2–4 годин).
- Протипожежні двері: перешкоджають поширенню вогню і диму, забезпечуючи герметичність. Їхній клас вогнестійкості визначається в годинах (EI 60, E – втрата цілісності, I – теплоізолюючої здатності конструкції виробу, 60 – час у хвилинах).
- Протипожежні штори та завіси: використовуються для ізоляції ділянок відкритих просторів.

### 1.2.3. Будинки, приміщення. Сходи, сходові клітки

Елементи будівельного планування відіграють вирішальну роль у забезпеченні пожежної безпеки.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		81

## **Будинки та приміщення**

Приміщення повинні проектуватися з урахуванням їхньої пожежної небезпеки. Протипожежні секції обмежують поширення вогню, а будівлі мають бути забезпечені проти димними системами вентиляції.

## **Сходи та сходові клітки**

Сходові клітки є основним шляхом евакуації, тому мають бути:

- Захищені від задимлення (протипожежні двері, системи вентиляції).
- Обладнані системами природного димовидалення.
- Проектовані з урахуванням нормативів щодо ширини маршів та виходів.
- Зроблені з матеріалів із високою вогнестійкістю (залізобетонні сходи).

Для висотних будівель передбачаються спеціальні евакуаційні сходи, ізольовані від основного об'єму будівлі.

Дотримання вимог до будівельних матеріалів, конструкцій і планування будівель дозволяє знизити ризики, пов'язані з пожежами, і забезпечити безпечну евакуацію людей.

### **1.3. Актуальність проблем досліджень наслідків пожеж у багатоповерхових будівлях**

Актуальність досліджень наслідків пожеж у багатоповерхових будівлях обумовлена зростанням урбанізації, інтенсивним будівництвом висотних житлових та комерційних споруд, а також складністю евакуації людей у таких об'єктах. Багатоповерхові будівлі часто мають високу щільність населення, що підвищує ризики загибелі людей у разі пожежі, а також ускладнює роботу рятувальників. У конструкціях сучасних будівель використовуються різноманітні матеріали, серед яких є горючі або токсичні при нагріванні, що створює додаткові загрози для здоров'я та безпеки. Крім того, системи вентиляції, електропроводки та оздоблення можуть сприяти швидкому розповсюдженню полум'я, диму й токсичних речовин. Особливу увагу слід приділяти розробці сучасних систем протипожежного захисту, включаючи сигналізацію, автоматичне пожежогасіння та плани евакуації. Також важливим є дослідження економічних наслідків пожеж, включаючи витрати на відновлення будівель та компенсацію збитків. Аналіз цих факторів допомагає знижувати ризики та удосконалювати нормативну базу.

#### **1.2.1. Небезпека впливу пожежі на будівлю**

Небезпека впливу пожежі на будівлю, особливо на залізобетонні конструкції, є критично важливою темою для дослідження, оскільки пожежа викликає суттєві зміни у фізико-механічних властивостях цих матеріалів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		82

Висока температура, що може досягати 1000°C і більше, призводить до зниження міцності залізобетону, втрати несучої здатності конструкцій і потенційного обвалення будівлі.

Під дією тепла бетон зазнає деградації, зокрема втрачає вологу, що спричиняє утворення мікротріщин і збільшення пористості. Високі температури, що виникають під час пожежі, ініціюють низку складних фізико-хімічних процесів у матеріалах залізобетону, які супроводжуються значними змінами їхніх властивостей:

1. Дегідратація цементного каменю:

- При температурі близько 100°C починається випаровування вільної води з пор та капілярів бетону.
- У діапазоні температур 200-300°C відбувається інтенсивна дегідратація гель-подібної структури цементного каменю, що призводить до порушення його мікроструктури та зниження міцності.
- При подальшому підвищенні температури відбувається розклад кристалогідратів, що входять до складу цементного каменю, що супроводжується виділенням великої кількості пари та утворенням пор.

2. Термічне розширення та утворення тріщин:

- Різні коефіцієнти теплового розширення бетону та арматури призводять до виникнення значних термічних напружень, що можуть призвести до утворення тріщин як у бетоні, так і в зоні контакту бетон-арматура.

3. Втрата адгезії між бетоном і арматурою:

- При високих температурах відбувається розклад органічних речовин, що забезпечують адгезію між бетоном і арматурою, що призводить до втрати міцності з'єднання.

4. Окислення арматури:

- При температурах понад 500-600°C починається інтенсивне окислення сталеві арматури, що супроводжується збільшенням її об'єму та утворенням лусок оксидів. Це призводить до зменшення поперечного перерізу арматури та втрати її несучої здатності.

Окрім механічного впливу, пожежа створює значні термічні напруження між зовнішніми та внутрішніми шарами залізобетону. Це зумовлено різницею температур, що викликає відшарування зовнішнього шару бетону (ефект "вибухового спалювання"). Відшарування посилює нагрівання арматури, прискорюючи її деградацію.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		83

Додаткову небезпеку становлять токсичні продукти горіння матеріалів, що використовуються в оздобленні та ізоляції будівель, а також можливість порушення цілісності будівельних вузлів, через що пожежа може швидко поширюватися до інших частин будівлі.

З огляду на це, дослідження впливу пожежі на залізобетонні конструкції є актуальним для вдосконалення технологій проектування, розробки протипожежних заходів та вибору матеріалів з підвищеною термічною стійкістю. Такий підхід дозволить мінімізувати ризики руйнування будівель і покращити безпеку експлуатації багатоповерхових споруд.

### **1.3.2. Наслідки впливу пожеж на багатоповерхові будівлі**

Наслідки впливу пожеж на багатоповерхові будівлі, зокрема на залізобетонні конструкції, є одним із ключових аспектів вивчення стійкості будівельних матеріалів і безпеки сучасного будівництва. Пожежа викликає як фізико-механічні, так і функціональні пошкодження конструкцій, що можуть призвести до часткової або повної втрати будівлі.

Високі температури, які досягають 800–1200°C, призводять до деградації залізобетону. Основні наслідки включають зниження міцності бетону через втрату зв'язності цементного каменю та утворення мікротріщин. При нагріванні відбувається поступове випаровування вологи, яке створює внутрішні термічні напруження. Це спричиняє відшарування та розтріскування зовнішнього шару бетону, що не лише зменшує його несучу здатність, але й ускладнює евакуацію тепла з внутрішніх шарів.

Металева арматура, що входить до складу залізобетону, також зазнає значних змін. Підвищення температури до 500–600°C призводить до зниження пластичності та міцності сталі, що критично впливає на здатність конструкцій протистояти статичним і динамічним навантаженням. У багатоповерхових будівлях це може викликати прогресуюче руйнування, особливо в умовах складної взаємодії між несучими елементами.

Пожежа може спричинити втрату локальної стійкості конструкцій, таких як колони чи перекриття, що часто стає причиною обвалення всієї будівлі. Крім того, значні пошкодження отримують інженерні системи (електропостачання, вентиляція, водопровід), що унеможлиблює подальшу експлуатацію будівлі без суттєвої реконструкції.

Соціально-економічні наслідки включають евакуацію мешканців, втрату житла та значні витрати на відновлення об'єкта. У випадках повного руйнування будівлі витрати можуть включати демонтаж залишків, проектування та будівництво нової споруди.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		84

З точки зору екології, продукти горіння оздоблювальних матеріалів і теплоізоляції можуть спричинити забруднення навколишнього середовища. Викиди токсичних газів впливають на якість повітря, а залишки згорілих конструкцій часто стають джерелом хімічного забруднення.

Аналіз цих наслідків дозволяє не лише оцінити вплив пожежі на залізобетонні конструкції, але й розробити ефективні методи зниження ризиків, використання термостійких матеріалів і вдосконалення систем протипожежного захисту для багатоповерхових будівель.

### **1.3.3 Аналіз наслідків пожеж веж Всесвітнього торгового центру WTC при атаці терористів 11 вересня 2001 р**

Аналіз наслідків пожеж у вежах Всесвітнього торгового центру (WTC) під час терористичної атаки 11 вересня 2001 року є одним із ключових прикладів вивчення впливу пожеж на багатоповерхові сталеві й залізобетонні конструкції. Ця трагедія стала переломним моментом у розумінні поведінки будівель під час пожежі та в умовах екстремального впливу.

Основні аспекти аналізу наслідків:

- **Первинний вплив і руйнування конструкцій**

При ударі літаків у будівлі WTC значна кінетична енергія зруйнувала зовнішні стіни та внутрішні конструкції. Внаслідок цього було пошкоджено вертикальні несучі колони та порушено горизонтальну жорсткість перекриттів, що вже на початковому етапі послабило стійкість веж.

- **Розвиток пожежі**

Велика кількість авіаційного палива спричинила масштабну пожежу, яка поширювалася по кількох поверхах. Температури в осередках пожежі досягали 900–1100°C, що перевищує межі термостійкості сталевих конструкцій. Висока температура призвела до втрати міцності сталі, яка при 600°C втрачає 50% своєї несучої здатності, а при 1000°C – майже повністю деформується.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		85



Рис. 39. Пожежа у вежах (WTC) у наслідок займання авіаційного палива.

- **Ефект "прогресуючого руйнування"**

Основною причиною обвалення стало прогресуюче руйнування, коли втрата несучої здатності перекриттів і вертикальних колон на пошкоджених поверхах спричинила каскадне обвалення верхніх рівнів. Це викликало падіння всієї конструкції через величезне навантаження на нижні поверхи, які не були здатні утримувати додаткову вагу. Наслідки можна побачити на рисунку 40.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		86

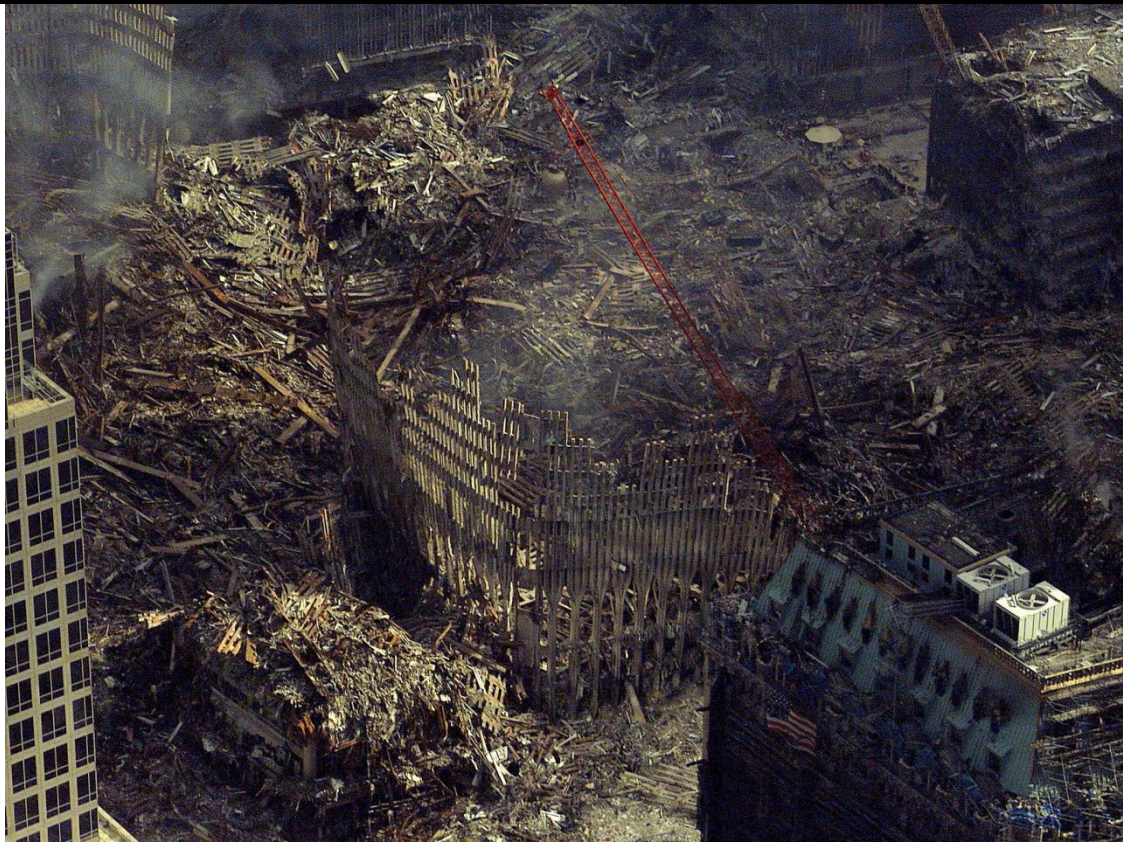


Рис.40. Наслідки прогресуючого руйнування.

- **Руйнування залізобетонних елементів**

Пожежа викликала значну деградацію залізобетонних конструкцій. Бетон потріскався через теплове розширення арматури, що послабило загальну стійкість конструкцій.

- **Соціальні та економічні наслідки**

Катастрофа призвела до загибелі майже 3000 осіб і завдала величезних матеріальних збитків. Повне руйнування веж спричинило втрату робочих місць, руйнування інфраструктури та багатомільярдні витрати на відновлення району.

- **Зміни у будівельних нормах**

Наслідки цієї трагедії викликали масштабний перегляд стандартів проектування хмарочосів і пожежної безпеки. Удосконалилися системи протипожежного захисту, були введені вимоги до використання матеріалів з підвищеною вогнестійкістю, а також збільшилися обмеження на евакуацію та резервні конструктивні елементи.

Ця подія підкреслила важливість урахування впливу екстремальних температур і термічних напружень під час проектування багатоповерхових будівель, особливо конструкцій зі сталі та залізобетону, що стають вразливими під час пожеж.

## 2. Вогнестійкість будівельних матеріалів

### 2.1. Бетон. Опір бетону при стиску та розтязі.

Бетон є одним із найважливіших будівельних матеріалів завдяки його високій міцності на стиск, довговічності та здатності витримувати високі температури. Проте під впливом вогню та екстремальних температур його механічні характеристики поступово знижуються.

Міцність бетону на стиск, яка зазвичай становить 20–50 МПа, при нагріванні починає зменшуватися. До 100°C її зміни незначні, оскільки випаровування вологи з капілярних пор ще не впливає на зв'язність матеріалу. При температурах 100–300°C починається дегідратація цементного каменю, що призводить до втрати 10–25% міцності. У діапазоні 300–500°C руйнуються хімічні зв'язки цементного каменю, і міцність знижується на 30–50%. Після 500°C процеси руйнування прискорюються: при 600°C бетон втрачає до 60% своєї початкової міцності, а при 1000°C залишає лише 10–15% від неї.

Міцність бетону на розтяг значно нижча за міцність на стиск і становить лише 2–5 МПа. Вона швидше знижується під впливом високих температур. У діапазоні до 100°C вплив незначний, однак при нагріванні до 300°C формуються мікротріщини через різницю температурного розширення компонентів бетону, що зменшує міцність на 20–30%. При 500°C залишкова міцність бетону на розтяг становить лише 10–15% від початкової, а при температурах понад 600°C бетон майже повністю втрачає здатність чинити опір розтягуванню.

На вогнестійкість бетону впливає його склад, щільність і вологість. Високоякісні цементы та вогнестійкі наповнювачі, такі як базальт або діабаз, підвищують стійкість до високих температур. Щільні бетони швидше нагріваються через вищу теплопровідність, що може спричинити утворення тріщин. Початкова вологість також відіграє значну роль: висока вологість може викликати вибухове руйнування через утворення пари всередині матеріалу.

Для підвищення вогнестійкості бетону застосовують додавання поліпропіленових волокон, які під час нагрівання утворюють мікроканали для виходу пари, що зменшує ризик руйнування. Використовують також спеціальні вогнестійкі добавки, термостійкі покриття, такі як штукатурки або теплоізоляційні матеріали. Крім того, зменшення кількості цементного каменю та використання наповнювачів із низькою термічною активністю сприяє покращенню вогнестійких властивостей бетону.

Попри свою відносну вогнестійкість, бетон суттєво втрачає свої механічні властивості при температурах вище 300°C, що потрібно враховувати при

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		88

проектуванні будівельних конструкцій. Нище показана крива зниження характеристичного опору бетону на стиск залежно від температури.

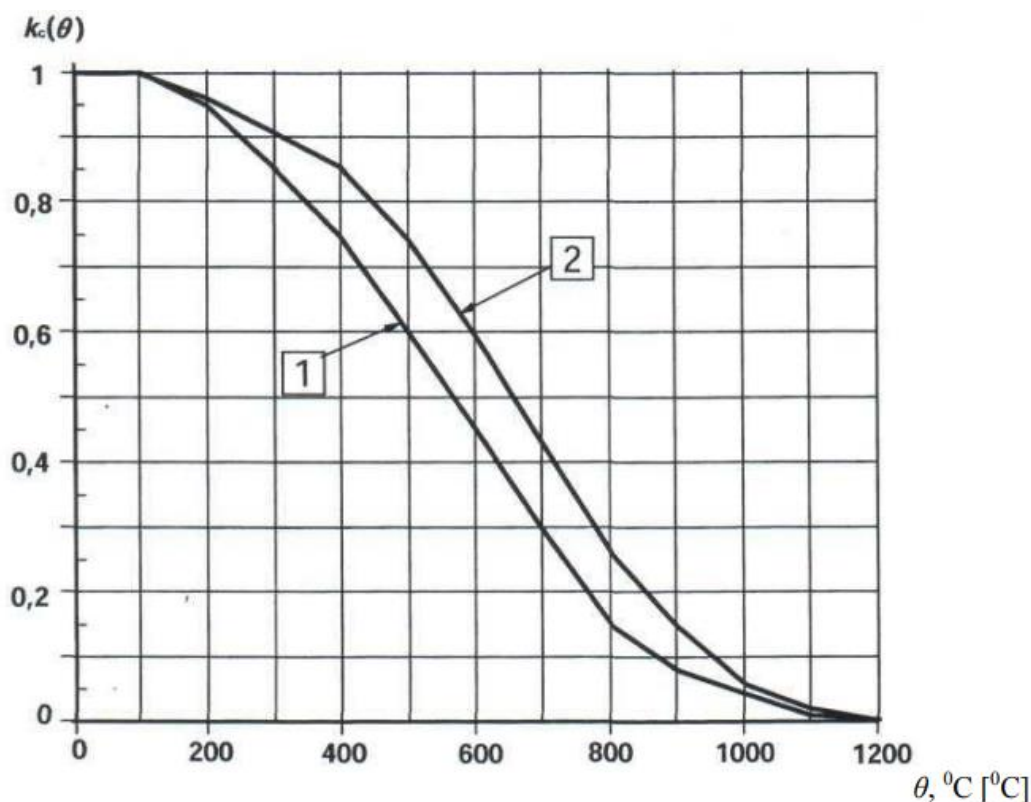


Рис. 41. Коефіцієнт  $k_c(\theta)$  зниження характеристичної міцності  $f_{ck}$  бетону де 1 – бетон на силікатному заповнювачі; 2 – бетон на карбонатному заповнювачі.

## 2.2. Армура.

Армура є одним із ключових елементів залізобетонних конструкцій, забезпечуючи їхню міцність і стійкість до навантажень. Проте вплив високих температур значно змінює механічні властивості сталі, з якої виготовляється армура, що може суттєво впливати на несучу здатність конструкцій у випадку пожеж або тривалого нагрівання.

Сталь, яка використовується для виготовлення армури, має високу теплопровідність, що сприяє швидкому підвищенню її температури в умовах пожежі. До 200°C механічні властивості сталі практично не змінюються, а армура зберігає свою міцність і пластичність. У температурному діапазоні 200–400°C спостерігається поступова втрата міцності, яка становить близько 10–15%. При подальшому нагріванні, у межах 400–600°C, залишкова міцність армури може знизитися до 50–60% від початкових значень. Температури 600–800°C спричиняють критичні зміни у кристалічній структурі сталі, знижуючи її міцність до 20–30%. У разі нагрівання понад 800°C армура втрачає несучу здатність, її міцність падає до 5–10%.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		89

Важливим чинником, який впливає на вогнестійкість арматури, є її тип. Звичайна арматура (клас N) виготовляється зі стандартної вуглецевої сталі і зберігає свої властивості до температури 300–400°C. Така арматура використовується у конструкціях загального призначення. Для умов підвищених температур застосовується термостійка арматура (клас X), яка виготовляється з легованих сталей із додаванням хрому, нікелю або молібдену. Вона витримує тривалий вплив температур до 600°C і зберігає до 70–90% своєї початкової міцності.

У залізобетонних конструкціях арматура зазвичай оточена шаром бетону, який виконує роль теплоізоляції. Час нагрівання арматури залежить від товщини цього шару. Для підвищення вогнестійкості конструкцій застосовуються різні методи, серед яких збільшення товщини захисного шару бетону, нанесення вогнезахисних покриттів, використання додаткових теплоізоляційних систем та впровадження термостійкої арматури.

Вогнестійка арматура широко використовується у будівлях із високими вимогами до пожежної безпеки, таких як торгові центри, лікарні, транспортні тунелі, мости та промислові об'єкти. Її застосування дозволяє підвищити надійність конструкцій у надзвичайних умовах і запобігти їх обваленню.

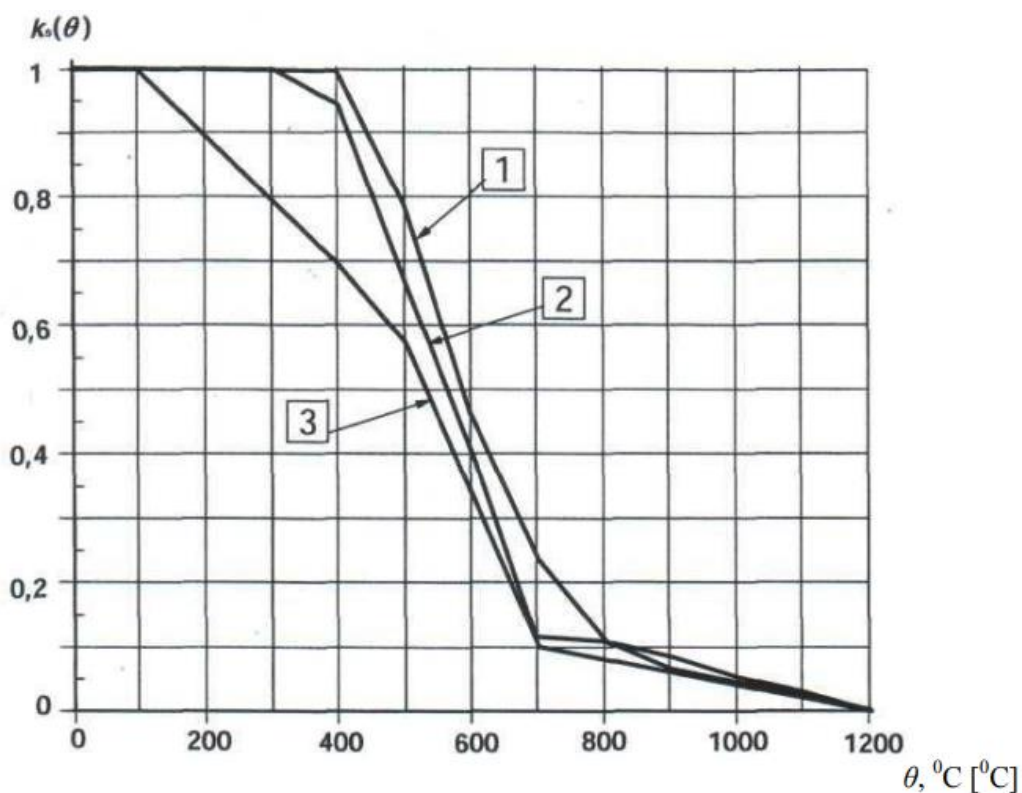


Рис. 42. Коефіцієнт зниження  $k_s(\theta)$  характеристичного опору  $f_{yk}$  розтягнутої та стиснутої арматури (значення класу N)

де 1 – розтягнута арматура(гарячекатана) для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$ ; 2 – розтягнута арматура(холоднодеформована) для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$ , 3 –

стиснута та розтягнута арматура для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} < 2\%$ ,  $\varepsilon_{s,fi}$  – деформація ненапруженої та попередньо напруженої арматури за температурою  $\theta$ .

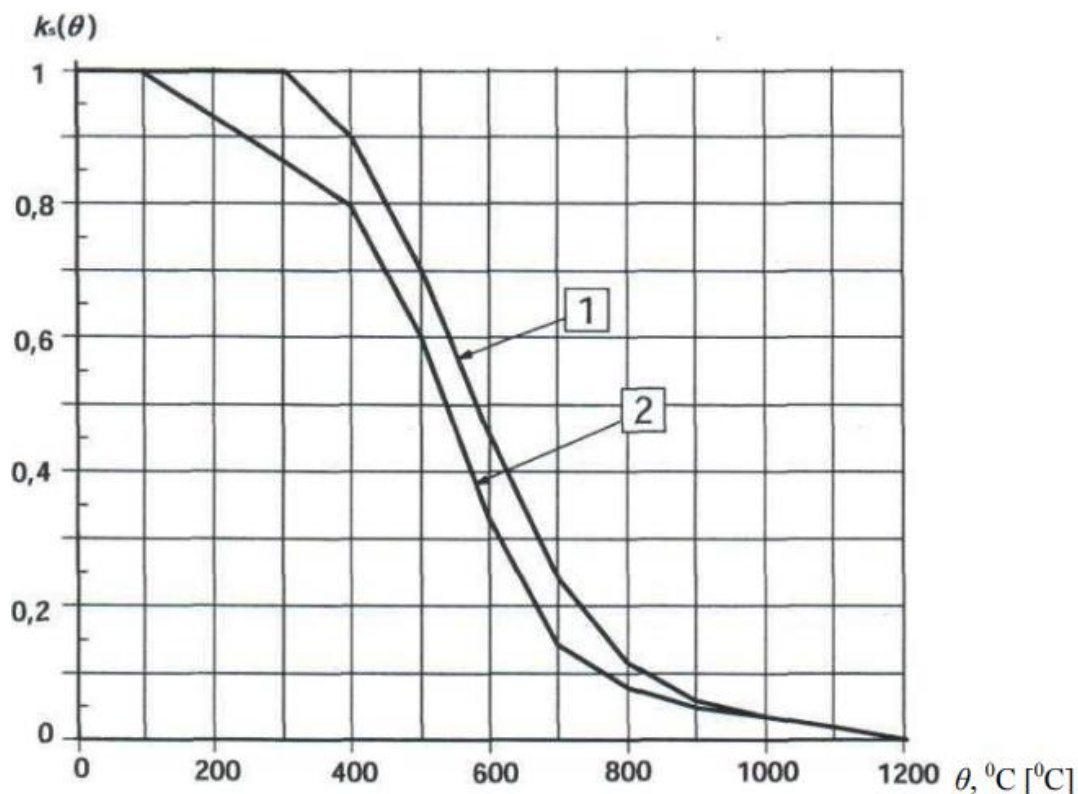


Рис. 43. Коефіцієнт зниження  $k_s(\theta)$  характеристичного опору  $f_{yk}$  розтягнутої та стиснутої арматури (значення класу X)

де 1 – розтягнута арматура для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} \geq 2\%$ ; 2 – стиснута та розтягнута арматура для деформацій  $\varepsilon_{s,fi} < 2\%$ ,  $\varepsilon_{s,fi}$  – деформація ненапруженої та попередньо напруженої арматури за температурою  $\theta$ .

### 3. Методика розрахунку залізобетонних конструкцій, які зазнають впливу пожежі

#### 3.1. Загальні положення

Розрахунок залізобетонних конструкцій, що зазнають впливу пожежі, є невід'ємною складовою забезпечення їхньої безпеки та експлуатаційної надійності. Головна мета такого розрахунку — визначити здатність конструкцій зберігати несучу здатність, цілісність і теплоізоляційні властивості в умовах високотемпературного впливу протягом заданого часу.

Розрахунок проводиться відповідно до діючих нормативних документів, таких як ДСТУ Б В.1.1-7:2016, [22] EN 1992-1-2 (Eurocode 2) [23], а також інших стандартів, що регламентують вимоги до вогнестійкості будівельних конструкцій.

Основні аспекти розрахунку включають:

- Оцінка температурного впливу: моделювання температурного поля в конструкції залежно від тривалості пожежі та її інтенсивності.
- Механічний аналіз: визначення напружено-деформованого стану конструкції з урахуванням зниження міцності матеріалів при високих температурах.
- Критерії вогнестійкості: перевірка відповідності конструкції вимогам щодо несучої здатності, межі цілісності та теплоізоляції.

У процесі розрахунку враховуються наступні ключові фактори:

- Тип пожежі: визначається залежно від умов експлуатації будівлі та можливого сценарію розвитку пожежі.
- Фізико-механічні характеристики матеріалів: зміна властивостей бетону та арматури при підвищених температурах.
- Геометричні параметри: вплив товщини конструкцій, захисного шару бетону та арматури на їхню вогнестійкість.
- Початкові умови: напружений стан конструкції до початку пожежі, вологість матеріалів тощо.

### 3.2. Спрощені методи розрахунку

Спрощені методи розрахунку залізобетонних конструкцій, які зазнають впливу пожежі, дозволяють виконати оцінку вогнестійкості з мінімальними витратами часу і ресурсів. Такі методи базуються на стандартизованих припущеннях і емпіричних залежностях, що відображають поведінку конструкцій у реальних умовах пожежі.

Основні підходи спрощеного розрахунку:

- Використання температурних кривих: стандартні температурні криві (ДСТУ ISO 834-1:2023)[24] застосовуються для моделювання впливу пожежі.
- Нормативні таблиці і графіки: на основі експериментальних даних визначаються допустимі параметри конструкцій (наприклад, товщина захисного шару бетону, мінімальний переріз арматури).
- Допущення про рівномірний розподіл температури: спрощує теплотехнічний аналіз, що дозволяє уникнути складних чисельних розрахунків.

Переваги спрощених методів:

- Швидкість розрахунку: підходять для попередньої оцінки або типових конструкцій.
- Простота використання: не вимагають застосування складного програмного забезпечення.
- Уніфікованість: забезпечують узгодженість результатів завдяки використанню нормативних баз даних.

Обмеження спрощених методів:

- Низька точність для складних конструкцій або нестандартних умов пожежі.
- Не враховують індивідуальних характеристик матеріалів або геометрії.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		92

Спрощені методи розрахунку є корисними інструментами для попереднього проектування та аналізу залізобетонних конструкцій, що зазнають впливу пожежі. У складніших випадках рекомендується використовувати точні чисельні методи або експериментальні підходи.

#### **4. Приклади розрахунків залізобетонних конструкцій на вогнестійкість**

Розрахункова схема запроектована в ПК «ЛІРА-САПР» і являє собою 16-ти поверховий житловий будинок з укриттям під будинком.

Вертикальні елементи – пілони, г-подібні розмірами 900х900 шириною 400мм, пілони 1500х400 та 2000х400, та монолітні залізобетонні стіни. Для цих конструкцій використовується бетон класу С25/30 та арматура класу А400С.

Горизонтальні елементи – монолітні залізобетонні плити перекриття, товщиною 200мм, з бетону класу С25/30 та арматури А400С. Монолітна залізобетонна плита перекриття на укриттям, товщиною 500мм, з бетону С30/35 та арматури А400С.

Фундаменти – бурін'єкційні палі, товщиною 620мм, довжиною 12м. Також запроектовано також ростверк товщиною 1000мм під всією будівлею.

Розрахунок вогнестійкості в ПК «ЛІРА-САПР».

##### **4.1. Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонної плити перекриття над укриттям товщиною 500мм**

Згідно з ДБН В 1.1 – 7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» залізобетонним міжповерховим перекриттям для ступені вогнестійкості будівлі II слід призначати клас вогнестійкості REI45. Також приймаємо нижню грань схильну до нагріву, тому що в даному випадку пожежа почалась в підвальному приміщенні і через це нагріву верхньої грані не може бути.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		93

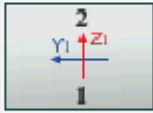
**Умови горіння** ✕

ДСТУ Н Б EN 1992-1-2:2012

**Межа вогнестійкості і час горіння**

Користувач 45 хв.

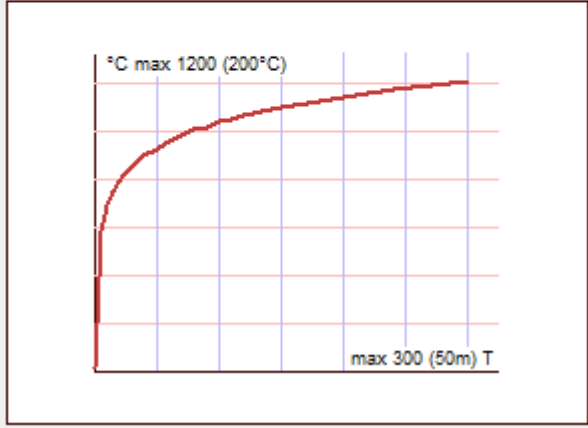
**Грані схильні до нагріву**



	Бетон	Жорстка арматура	
$\lambda$	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">0.975</span>	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">56.6</span>	Дж/(с*м * С)
$c$	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">959</span>	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">669</span>	Дж/(кг * С)
$\rho$	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">23030</span>	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">77028</span>	Н/(м3)
$a$	<span style="border: 1px solid gray; padding: 2px;">25</span>		Дж/(с*м2 * С)

Розраховувати поперечну арматуру

**Температурно-часова залежність**



**Температурний режим**

Стандартний ✕

#	Time	°C
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738
5	20.0	781
6	25.0	810
7	30.0	841
8	40.0	885
9	50.0	915
10	60.0	945
11	70.0	970
12	80.0	990
13	90.0	1000
14	100.0	1025
15	110.0	1035
16	120.0	1049
17	150.0	1082
18	180.0	1110
19	210.0	1133
20	240.0	1153
21	270.0	1170
22	300.0	1186

Рис. 41 Умови горіння плити перекриття над укриттям.

Tb, °C  
betona

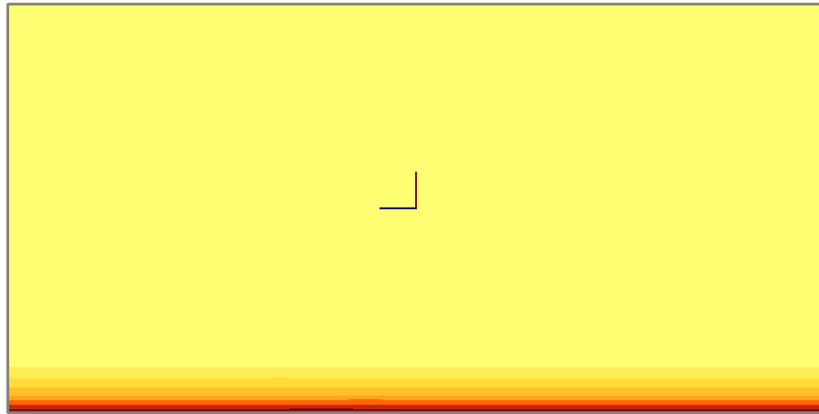
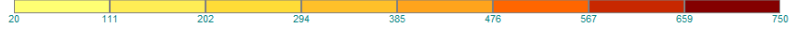


Рис. 42 Температура бетона, °С.

f<sub>ck,prizm</sub>, МПа  
betona

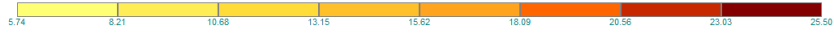


Рис. 43 Величина  $f_{ck,prizm}$ , МПа.

f<sub>ctm</sub>, МПа  
betona

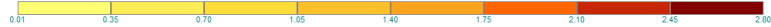


Рис. 44 Величина  $f_{ctm}$ , МПа.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		95

E<sub>cm</sub>, GPa  
Волона

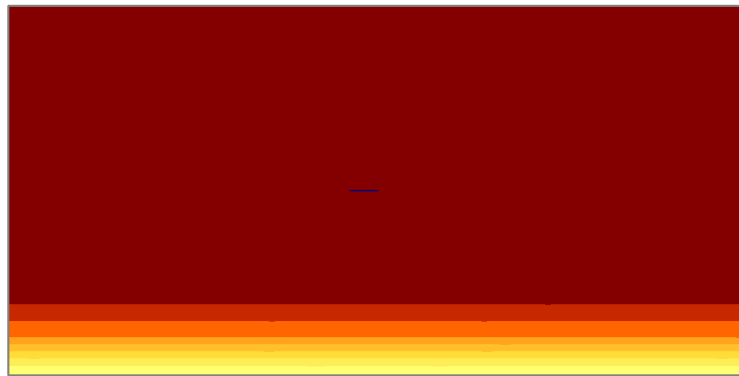
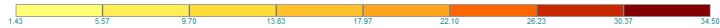


Рис. 45 Величина  $E_{cm}$ , ГПа.

T<sub>b</sub>, °C  
Волона  
Підбір  
YOZ

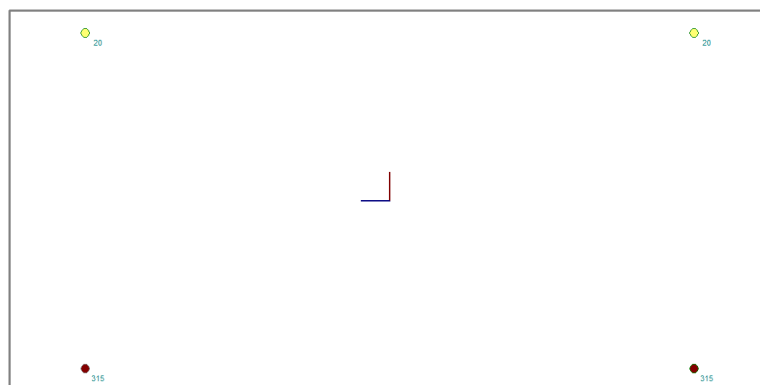
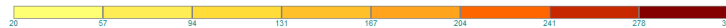


Рис. 46 Температура арматури, °C.

f<sub>yk</sub>, MPa  
Волона  
Підбір  
YOZ

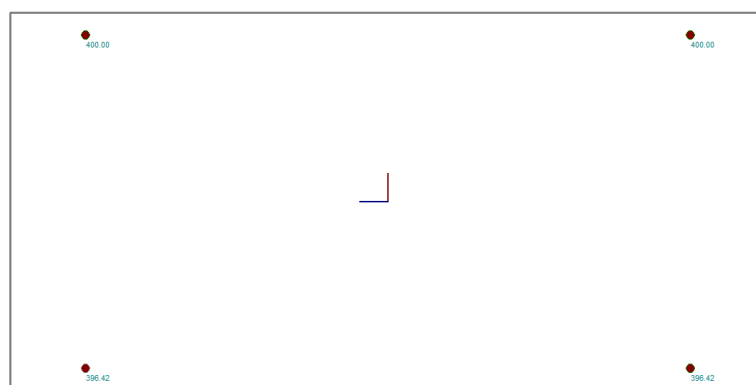


Рис. 48 Величина  $f_{yk}$ , МПа.

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»

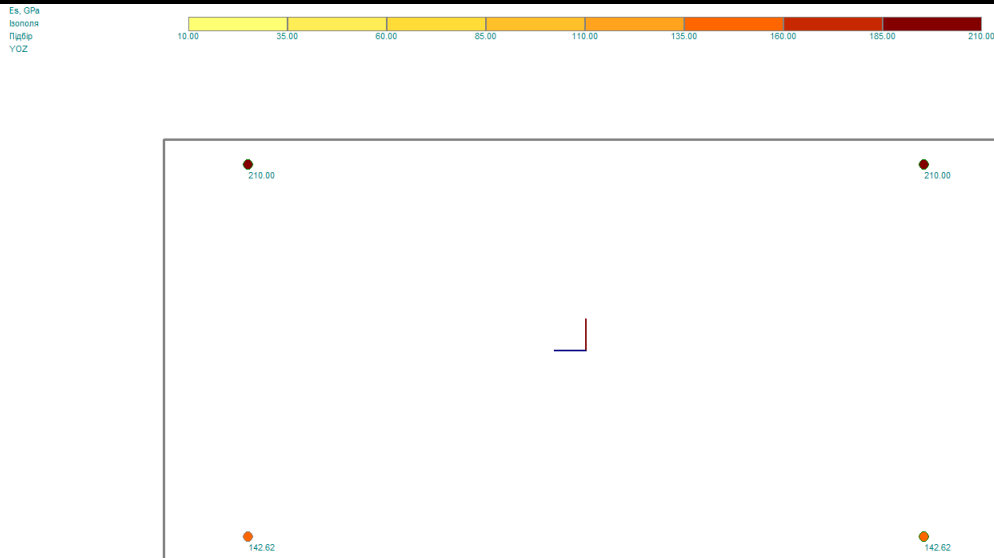


Рис. 49 Величина  $E_s$ , ГПа.

Після розрахунку в ПК ЛІРА-САПР отримано наступні результати. За час пожежі в 45 хвилин нижня грань бетону нагрілася до 750 °С, арматура нижньої грані нагрілася до 315 °С. Міцність бетону на стиск зменшилася з нормальних 25.5 Мпа до 5.74 Мпа у нижній зоні бетону. Модуль пружності бетону зменшився з нормальних 34.5 ГПа до 1.43 ГПа у нижній зоні бетону. Межа текучості арматури класу А400С зменшилася з нормальних 400 МПа до 396.42 МПа у нижній зоні. Модуль пружності арматури зменшився з нормальних 210 ГПа до 142.62 ГПа.

#### 4.2. Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонного пілона

Згідно з ДБН В 1.1 – 7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» залізобетонним міжповерховим перекриттям для ступені вогнестійкості будівлі II слід призначати клас вогнестійкості R120. Також приймаємо рівномірний нагрів з усіх сторін, тому що в даному випадку пожежа почалась в підвальному приміщенні і вся конструкція знаходиться під впливом пожежі. Через візуальне відображення вогнестійкості лише вибраного елемента в ПК «ЛІРА-САПР» можна побачити лише центр пілона.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		97

Межа вогнестійкості і час горіння

R120 120 хв.

Грані схильні до нагріву



Бетон

Жорстка арматура

$\lambda$  0.975 56.6 Дж/(с\*м \* С)

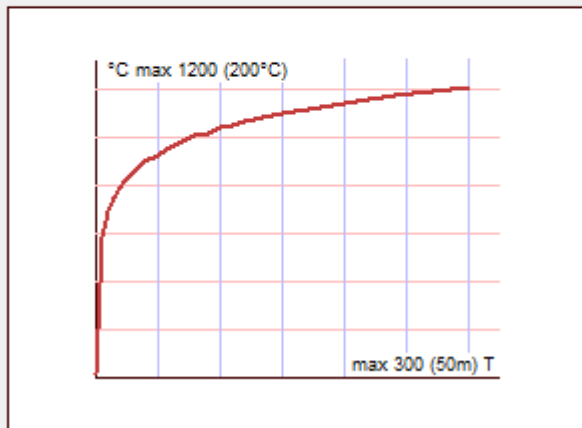
c 959 669 Дж/(кг \* С)

$\rho$  23030 77028 Н/(м3)

a 25 Дж/(с\*м2 \* С)

Розраховувати поперечну арматуру

Температурно-часова залежність



Температурний режим

Стандартний

#	Time	°C
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738
5	20.0	781
6	25.0	810
7	30.0	841
8	40.0	885
9	50.0	915
10	60.0	945
11	70.0	970
12	80.0	990
13	90.0	1000
14	100.0	1025
15	110.0	1035
16	120.0	1049
17	150.0	1082
18	180.0	1110
19	210.0	1133
20	240.0	1153
21	270.0	1170
22	300.0	1186



Рис. 50 Умови горіння монолітного пілона.

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

Tb, °C  
бетон

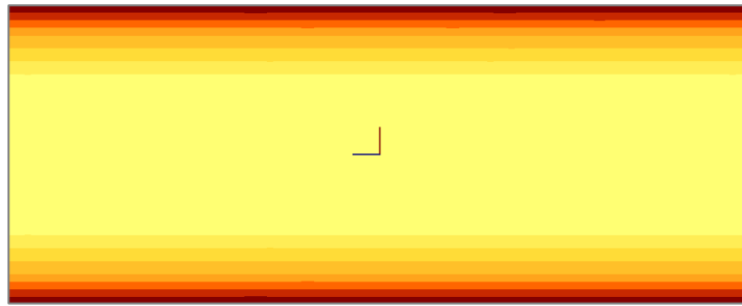
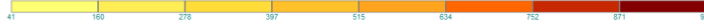


Рис. 51 Температура бетона, °С.

f<sub>ck,prizm</sub>, МПа  
бетон

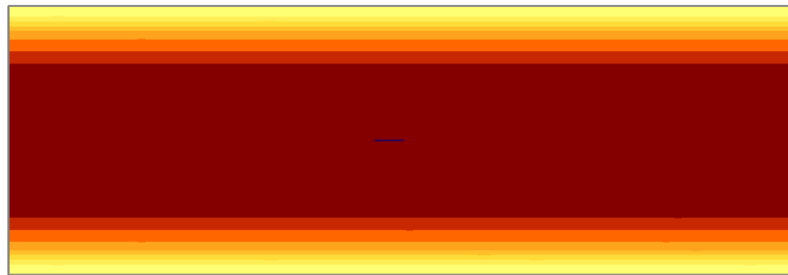
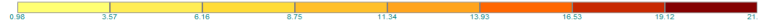


Рис. 52 Величина  $f_{ck,prizm}$ , МПа.

f<sub>ctm</sub>, МПа  
бетон

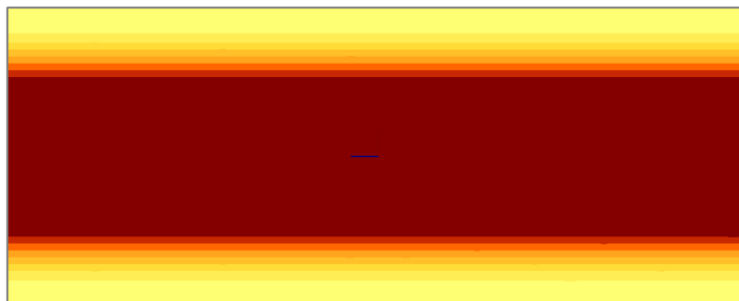
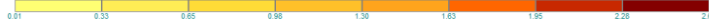


Рис. 53 Величина  $f_{ctm}$ , МПа.

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»

Лист

99

E<sub>cm</sub>, GPa  
benona

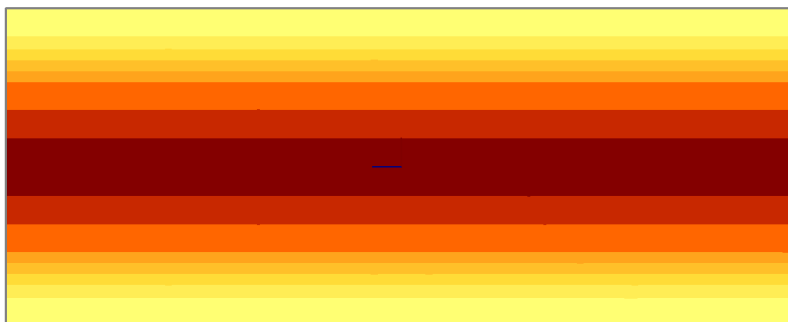
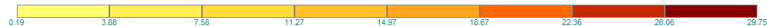


Рис. 54 Величина  $E_{cm}$ , ГПа.

T<sub>b</sub>, °C  
benona  
PrBr  
YOZ

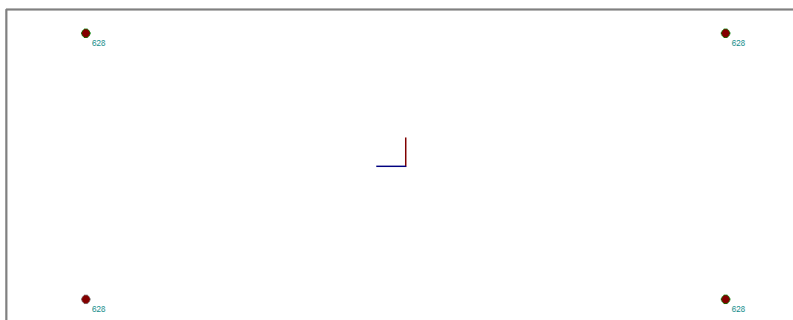
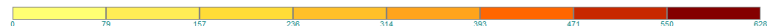


Рис. 55 Температура арматури, °C.

f<sub>yk</sub>, MPa  
benona  
PrBr  
YOZ

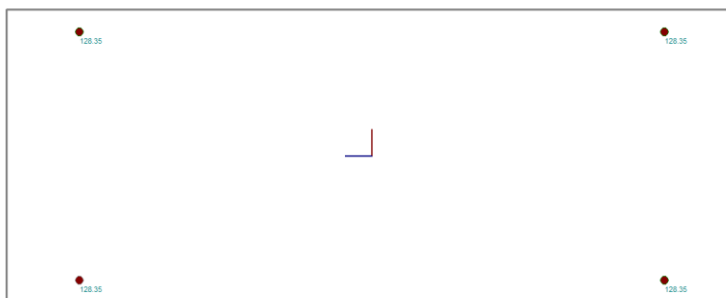
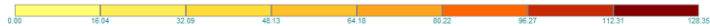


Рис. 56 Величина  $f_{yk}$ , МПа.

Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»

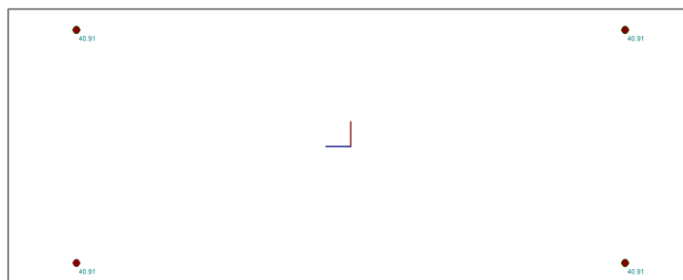
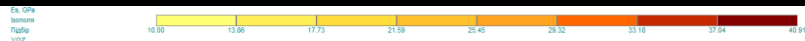


Рис. 57 Величина  $E_s$ , ГПа.

Після розрахунку в ПК ЛІРА-САПР отримано наступні результати. За час пожежі в 120 хвилин бетон нагрівся до 989 °С, арматура нагрілася до 628 °С. Міцність бетону на стиск зменшилася з нормальних 22 МПа до 3.57 МПа. Модуль пружності бетону зменшився з нормальних 32.5 ГПа до 3.88 ГПа. Межа текучості арматури класу А400С зменшилася з нормальних 400 МПа до 128.35 МПа. Модуль пружності арматури зменшився з нормальних 210 ГПа до 40.91 ГПа.

#### 4.3. Розрахунок в ПК «ЛІРА-САПР» 2022 залізобетонної плити перекриття товщиною 200мм

Згідно з ДБН В 1.1 – 7:2016 «Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги» залізобетонним міжповерховим перекриттям для ступені вогнестійкості будівлі II слід призначати клас вогнестійкості REI45. Також приймаємо нижню грань схильну до нагріву, тому що в даному випадку пожежа почалась в підвальному приміщенні і через це нагріву верхньої грані не може бути.

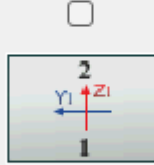
					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		101

ДСТУ Н Б EN 1992-1-2:2012

Межа вогнестійкості і час горіння

Користувач  хв.

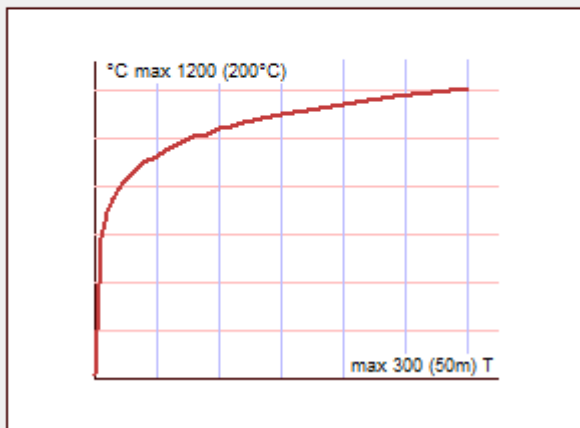
Грані схильні до нагріву



	Бетон	Жорстка арматура	
$\lambda$	0.975	56.6	Дж/(с*м * С)
$c$	959	669	Дж/(кг * С)
$\rho$	23030	77028	Н/(м3)
$a$	25		Дж/(с*м2 * С)

Розраховувати поперечну арматуру

Температурно-часова залежність



Температурний режим

Стандартний

#	Time	°C
1	0.0	20
2	5.0	576
3	10.0	679
4	15.0	738
5	20.0	781
6	25.0	810
7	30.0	841
8	40.0	885
9	50.0	915
10	60.0	945
11	70.0	970
12	80.0	990
13	90.0	1000
14	100.0	1025
15	110.0	1035
16	120.0	1049
17	150.0	1082
18	180.0	1110
19	210.0	1133
20	240.0	1153
21	270.0	1170
22	300.0	1186



Рис. 58 Умови горіння плити перекриття.

Ть, °C  
Ізоіопла

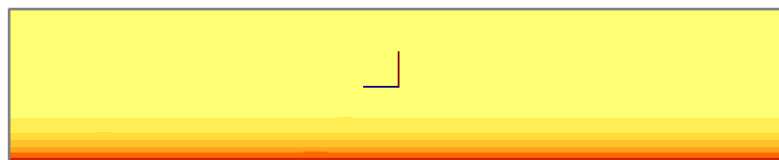
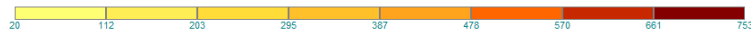


Рис. 59 Температура бетона, °C.

$f_{ck,prizm}$ , МПа  
Ісполня

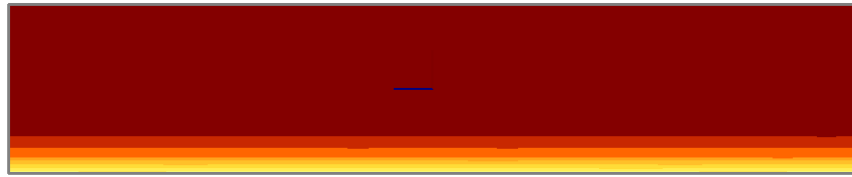
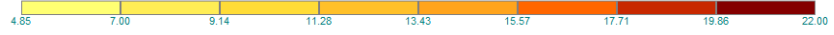


Рис. 60 Величина  $f_{ck,prizm}$ , МПа.

$f_{ctm}$ , МПа  
Ісполня

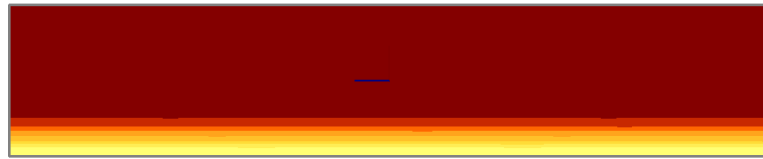
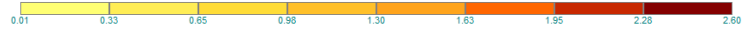


Рис. 61 Величина  $f_{ctm}$ , МПа.

$E_{cm}$ , ГПа  
Ісполня

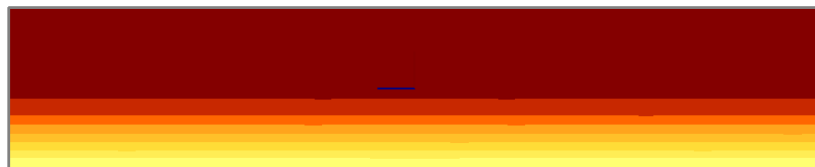
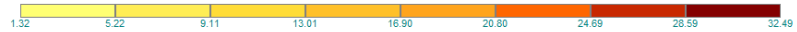


Рис. 62 Величина  $E_{cm}$ , ГПа.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		103

T<sub>s</sub>, °C  
 Ізолює  
 Підбір  
 YOZ

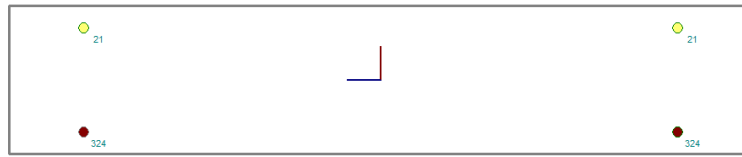
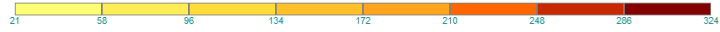


Рис. 63 Температура арматури, °С.

f<sub>yk</sub>, МПа  
 Ізолює  
 Підбір  
 YOZ

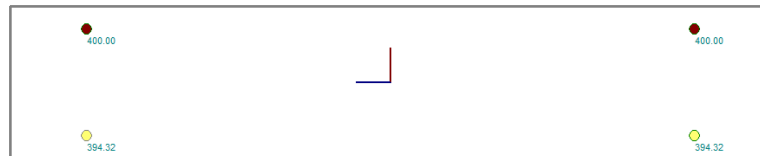
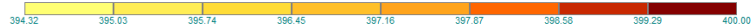


Рис. 64 Величина  $f_{yk}$ , МПа.

E<sub>s</sub>, ГПа  
 Ізолює  
 Підбір  
 YOZ

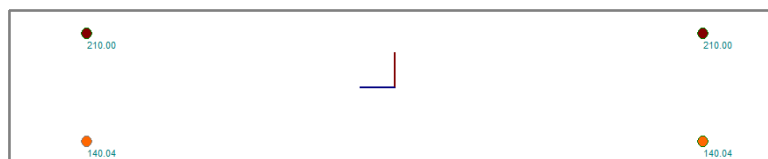
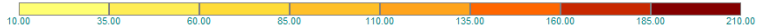


Рис. 65 Величина  $E_s$ , ГПа.

Після розрахунку в ПК ЛІРА-САПР отримано наступні результати. За час пожежі в 45 хвилин нижня грань бетону нагрілася до 753 °С, арматура нижньої грані нагрілася до 324 °С. Міцність бетону на стиск зменшилася з нормальних

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		104

22 Мпа до 4.85 Мпа у нижній зоні бетону. Модуль пружності бетону зменшився з нормальних 32.5 ГПа до 1.32 ГПа у нижній зоні бетону. Межа текучості арматури класу А400С зменшилася з нормальних 400 МПа до 394.32 МПа у нижній зоні. Модуль пружності арматури зменшився з нормальних 210 ГПа до 140.04 ГПа.

Проаналізувавши розрахунки вогнестійкості різних елементів можна занести всі данні в таблицю.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		105

Назва елемента	Клас вогнестійкості	Характеристики бетону і арматури до пожежі				Характеристики бетону і арматури після пожежі				Зменшення характеристик, %			
		$f_{ck,prizm}$ МПа	$E_{cm}$ ГПа	$f_{yk}$ МПа	$E_s$ ГПа	$f_{ck,prizm}$ МПа	$E_{cm}'$ ГПа	$f_{yk}'$ МПа	$E_s'$ ГПа	$\frac{f_{ck,prizm}}{f_{ck,prizm}}$	$\frac{E_{cm}'}{E_{cm}}$	$\frac{f_{yk}'}{f_{yk}}$	$\frac{E_s'}{E_s}$
Плита перекриття над укриттям 500мм	REI45	25.5	34.5	400	210	5.74	1.43	396.42	142.62	77.5	95.85	0.89	32.08
Пілон 2000х400 мм	R120	22	32.5	400	210	3.57	3.88	128.35	40.91	83.7	88.06	67.9	80.51
Плита перекриття 200мм	REI45	22	32.5	400	210	4.85	1.32	394.32	140.04	77.95	95.93	1.42	33.31

## Список використаної літератури

1. ДБН В.1.1-25-2009 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення». Мінрегіонбуд України – Київ, 2010. – 51 с.
2. ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2018. – 57 с.
3. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2017. – 47 с.
4. ДБН В.1.2-14:2018 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів». Міністерство розвитку громад та територій України – Київ, 2022. – 38 с.
5. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». Мінрегіон України – Київ, 2018. – 137 с.
6. ДБН В.2.2-15:2019 «Житлові будинки. Основні положення». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2019. – 42 с.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія». Мінрегіонбуд України – Київ, 2011. – 127 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель». Міністерство розвитку громад та територій України – Київ, 2022. – 68 с.
9. ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Мінбуд України – Київ, 2006. – 77 с.
10. Мурашко Л.А., Колякова В.М., Сморгалов Д.В. Розрахунок за міцністю перерізів нормальних та похилих до повздовжньої осі згинальних залізобетонних елементів за ДБН В.2.6-98-2009. Навчальний посібник.-Київ:КНУБА, 2012. - 71с.
11. ДСТУ Б В.2.1-12:2009 «Основи та фундаменти будинків і споруд. Ґрунти». Мінрегіонбуд України – Київ, 2010. – 19 с.
12. Корнієнко М.В. Механіка ґрунтів. Навчальний посібник. – Київ:КНУБА, 2007. – 40 с. (Методичні вказівки до виконання індивідуальної розрахункової роботи).
13. ДСТУ Б В.2.1-27:2010 «Основи та фундаменти споруд. Палі. Визначення несучої здатності за результатами польових випробувань». Мінрегіонбуд України – Київ, 2011. – 14 с.
14. ДСТУ-Н Б EN 1997-1:2010 Єврокод 7. «Геотехнічне проектування. Частина 1. Загальні правила». Міністерство регіонального розвитку та будівництва України – Київ, 2010. – 148 с.
15. Технологія будівництва: методичні вказівки до виконання курсової роботи з освітньої компоненти для здобувачів вищої освіти на першому бакалаврському рівні. Уклад. Махія О.М., Уманець І.М. – Київ: КНУБА, 2021. – 56 с.
16. ДБН А.3.2-2-2009 «Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення». Міністерство регіонального розвитку та будівництва України – Київ, 2012. – 8 с.
17. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2016. – 49 с.
18. ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві». Міністерство регіонального розвитку та будівництва України – Київ, 2012. – 21 с.
19. ДСТУ Б А.3.1-22:2013 «Визначення тривалості будівництва об'єктів». Мінрегіон України – Київ, 2014. – 34 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Лист
					Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	107
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		

20. ДСТУ Б В.2.8-43:2011 «Огородження інвентарні будівельних майданчиків та ділянок виконання будівельно-монтажних робіт. Технічні умови». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2012. – 12 с.
21. Тактики гасіння пожеж: навч. посіб. / В.В. Сировий, Ю.М. Сенчихін, А.А. Лісняк, І.Г Дерев`яно. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – 216 с.
22. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги». Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України – Київ, 2017. – 47 с.
23. ДСТУ-Н Б EN 1992-1-2:2012 Єврокод 2. «Проектування залізобетонних конструкцій. Частина 1-2. Загальні положення. Розрахунок конструкцій на вогнестійкість (EN 1992-1-2:2004, IDT)». Мінрегіон України – Київ, 2013. – 135 с.
24. ДСТУ ISO 834-1:2023 «Випробування на вогнестійкість. Елементи будівельних конструкцій. Частина 1. Загальні вимоги (ISO 834-1:1999/Amd 1:2012, IDT)».
25. «Будівлі та споруди та їх поведінка в умовах пожежі»: навчальний посібник / Андрієнко В.М., Поздєєв С.В., Отрош Ю.А., Єременко С.А., Тищенко О.М., Некора О.В., Нуянзін О.М. – Київ: ІДУЦЗ, 2014. - 295 с.
26. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції: будівлі, споруди та їх частини: Підручник – Полтава, ПолтНТУ, 2017. – 284 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Здобувача ступеню вищої освіти «магістр»	Лист
Зм.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата		108