

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет  
(повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет архітектури, будівництва та дизайну  
(повне найменування факультету)

Кафедра будівництва та цивільної інженерії  
(повне найменування кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «МАГІСТР»

**ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК у м. РІВНЕ**  
спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Будівництво та цивільна інженерія»  
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи БЦІм-21  
**МАРКОВ Михайло Русланович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
**ЧАПЮК Олександр Сергійович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
« 12 » 12 2025 р.  
к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
**КИСЛЮК Дмитро Ярославович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2025 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет архітектури, будівництва та дизайну

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Ступінь вищої освіти: магістр

Галузь знань: 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність: 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: «Будівництво та цивільна інженерія»

Індивідуальна освітня траєкторія здобувача: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О. УЖЕГОВА

" 23 " жовтня 2025 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

МАРКОВУ Михайлу Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК у м. РІВНЕ

Керівник роботи Олександр ЧАПЮК, к.т.н., доцент

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

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

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

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

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
об'ємно-планувальне рішення; архітектурно-конструктивне рішення; інженерне обладнання (принципове вирішення водопостачання і водовідведення, теплогазопостачання); будівельна фізика (теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни, покриття або розрахунок освітлення); техніко-економічні показники проєкту. Обґрунтування вибору конструкцій. Проєктування таких несучих конструкцій будівлі: монолітної плити перекриття, монолітних колон, монолітна фундаментної плити  
Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів; складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування бюджету плану об'єкта, розробка технологічної карти на виконання монолітних робіт

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

Наукова частина.

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

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

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

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

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

7. Дата видачі завдання " 05 " лютого 2025 року

#### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_  
(підпис)

Михайло МАРКОВ  
(ім'я та прізвище)

Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Олександр ЧАПЮК  
(ім'я та прізвище)

## РЕЗЮМЕ

Марков М.Р. Тема: "Житловий будинок у м. Рівне".

Кваліфікаційна робота магістра, ОП «Будівництво та цивільна інженерія», спеціальність 192, Луцький національний технічний університет, Луцьк, 2025.

Житловий будинок складної форми в плані, розміри 14,5 × 26,8 м, висота 28,25 м. Це 9-поверхова монолітно-каркасна будівля з підвалом. Висота підвалу – 3,65 м, першого і типових поверхів – 2,8 м. На першому поверсі розміщені торговий центр, стоматологічний кабінет та офіс; на типових – дві двокімнатні та дві трикімнатні квартири.

Зовнішні стіни – газобетонні блоки товщиною 400 мм, утеплені мінераловатними плитами 200 мм та оздоблені штукатуркою. Загальна товщина стіни – 610 мм. Фундамент – монолітна плита 600 мм. Покрівля плоска з внутрішнім водостоком, підключеним до існуючої дощової каналізації.

Розрахунки виконані в САПФІР і ПК ЛІРА-САПР. Плити перекриття 160 мм армуються Ø12 А400С у двох напрямках із кроком 200 мм; додаткове армування Ø10–Ø16 А400С встановлюється у прольотах та над опорами. Колони 400×400 мм з бетону С25/30, арматура Ø12–Ø16 А400С. Фундаментна плита армована Ø16 А400С із додатковою арматурою у зонах максимальних навантажень.

Технологічно плита покриття монтується за 6 днів; опалубка та арматура подаються баштовим краном КБ-503, бетон – автобетононасосом. Будівництво триває 262 дні, середня кількість працівників – 18, максимальна – 68. Будгенплан враховує зону дії крана, тимчасові будівлі, дороги та інженерні мережі.

Локальний кошторис на загально-будівельні роботи – понад 57 млн грн. Наукова частина досліджує зчеплення металевої арматури різних діаметрів класу А500С з важким бетоном.

Ключові слова: максимальні напруження зчеплення, дотичні напруження арматури з бетоном, розрахункові залежності, арматура різних діаметрів.

## SUMMARY

Markov M.R. Topic: "Residential Building in Rivne City"

Master's Thesis, Educational Program "Construction and Civil Engineering,"  
Specialty 192, Lutsk National Technical University, Lutsk, 2025

The residential building has a complex floor plan with dimensions of  $14.5 \times 26.8$  m and a height of 28.25 m. It is a 9-story monolithic frame structure with a basement. The basement height is 3.65 m, while the first and typical floors are 2.8 m. The first floor includes a shopping center, a dental office, and an office; typical floors contain two two-bedroom and two three-bedroom apartments.

External walls are made of 400 mm aerated concrete blocks, insulated with 200 mm mineral wool slabs, and finished with plaster, giving a total wall thickness of 610 mm. The foundation is a 600 mm monolithic slab. The roof is flat with an internal drainage system connected to the existing stormwater network.

Structural calculations were performed using SAPFIR and LIRA-SAPR software. Floor slabs of 160 mm thickness are reinforced with  $\text{Ø}12$  A400C bars in two directions at 200 mm spacing; additional  $\text{Ø}10$ – $\text{Ø}16$  A400C reinforcement is placed in spans and above supports. Columns measure  $400 \times 400$  mm, made of C25/30 concrete, reinforced with  $\text{Ø}12$ – $\text{Ø}16$  A400C bars. The foundation slab is reinforced with  $\text{Ø}16$  A400C, with additional reinforcement in high-stress zones.

The roof slab is constructed within 6 days; formwork and reinforcement are delivered by a KB-503 tower crane, and concrete is poured using a concrete pump. Construction lasts 262 days, with an average of 18 workers and a maximum of 68. The site plan includes the crane operation zone, temporary buildings, roads, and engineering networks.

The local estimate for general construction works exceeds 57 million UAH. The scientific part investigates the bond behavior of steel reinforcement of various diameters (class A500C) with heavy concrete.

Keywords: maximum bond stress, tangential stress of reinforcement with concrete, design dependencies, reinforcement of various diameters

## ЗМІСТ

	Вихідні дані проекту	7
<b>Розділ 1.</b>	<b>Архітектурно-будівельна частина</b>	<b>8</b>
1.1.	Об'ємно-планувальне рішення	8
1.2.	Архітектурно-конструктивне рішення	9
1.3.	Інженерні мережі	10
1.4.	Будівельна фізика. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни і покрівлі	13
1.5.	Техніко-економічні показники	15
<b>Розділ 2.</b>	<b>Розрахунково-конструктивна частина</b>	<b>16</b>
2.1.	Проектування багатоповерхової житлової будівлі і програмі КОМПОНОВКА	16
2.2.	Розрахунок і конструювання монолітної з/б плити перекриття	22
2.3.	Розрахунок і конструювання колон	25
2.4.	Розрахунок і конструювання монолітної з/б плити фундаментної	
<b>Розділ 3.</b>	<b>Технологія і організація будівельного виробництва</b>	<b>30</b>
3.1.	Визначення номенклатури та об'ємів робіт	30
3.2.	Вибір монтажних кранів	34
3.3.	Розробка технологічної карти на влаштування з/б монолітного фундаменту	36
3.3.	Складання календарного графіка виконання робіт	40
3.4.	Проектування буд генплану об'єкта	41
<b>Розділ 4.</b>	<b>Економіка будівництва</b>	<b>44</b>
4.1.	Пояснювальна записка до економічної частини проекту	44
4.2.	Локальний кошторис на загально будівельні роботи в додатку 1	44
<b>Розділ 5.</b>	<b>Охорона праці</b>	<b>45</b>
<b>Розділ 6.</b>	<b>Наукова частина</b>	<b>47</b>
	Порівняння видів з'єднань арматури	47
<b>Додаток 1</b>	<b>Локальний кошторис</b>	<b>59</b>
<b>Література</b>		<b>73</b>

## Вихідні дані проекту

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на тему «Житловий будинок у місті Рівному» відповідно до індивідуального завдання на проектування. Проектні рішення прийняті з урахуванням кліматичних умов району будівництва згідно з чинними нормативними документами.

Відповідно до ДСТУ-Н В.1.1-27:2010, територія міста Рівне належить до II кліматичного району.

Розрахункова температура зовнішнього повітря найбільш холодної доби становить  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а середня температура найхолоднішого п'ятиденного періоду дорівнює  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Нормативна глибина промерзання ґрунту для м Рівне прийнята рівною 0,95 м.

Значення снігового навантаження становить 1320 Па відповідно до вимог ДБН В.1.2-3:2006 а розрахункове вітрове навантаження для даного району будівництва прийнято рівним 530 Па.

В результаті інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що ґрунтову основу ділянки складають суглинки з відповідними фізико-механічними показниками:

- Коефіцієнт пористості ґрунту становить 0,75,
- Питоме зчеплення дорівнює 17 кПа,
- Кут внутрішнього тертя складає  $18^{\circ}$
- Питома вага ґрунту прийнята рівним  $16\text{ кН/м}^3$

## 1 Розділ

### Архітектурно-будівельна частина

Проектом передбачено зведення багатоквартирного житлового будинку складної конфігурації у плані. Габаритні розміри будівлі в осях становлять: у напрямку А–Ж - 14,5 м, у напрямку 1–12 - 26,8 м. Загальна висота будинку від рівня землі до верху покрівельних конструкцій складає 28,25 м.

Будівля є дев'ятиповерховою, запроектована за монолітно-каркасною конструктивною схемою та має підвальний поверх. Висота підвалу в чистоті становить 3,65 м, тоді як висота першого та всіх типових поверхів прийнята 2,8 м, що відповідає чинним будівельним нормам і забезпечує комфортні умови експлуатації.

На першому поверсі розміщено приміщення громадського призначення, а саме: торговий центр, стоматологічний кабінет та офісні приміщення. Планувальне рішення і перелік приміщень першого поверху детально наведені в експлікації, представлений на аркуші 1 графічної частини проєкту.

Типові поверхи житлової частини будинку запроектовані з урахуванням раціонального зонування та функціональної зручності. На кожному поверсі розташовано чотири квартири, з яких дві двокімнатні та дві трикімнатні, що забезпечує різноманітність житлового фонду та відповідає потребам сімей різного складу.

Зовнішні огорожувальні конструкції будинку утеплюються мінераловатними теплоізоляційними плитами товщиною 100 мм, що сприяє підвищенню енергоефективності будівлі. Віконні та дверні блоки виконані з металопластикових профілів і мають нормативний опір теплопередачі понад  $2\text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . Цокольна частина утеплена плитами екструдованого пінополістиролу та оздоблена керамічною фасадною плиткою з метою підвищення довговічності та архітектурної виразності.

Вертикальне сполучення поверхів забезпечується ліфтом вантажопідйомністю 400 кг. Ліфтова шахта запроектована зі стінами товщиною 400 мм. Машинне відділення ліфтової установки розташоване на покрівлі будинку.

Приміщення квартир, включаючи житлові кімнати та кухні, мають комбіновану систему освітлення — природну за рахунок віконних прорізів та штучну, що забезпечує необхідний рівень освітленості у темний час доби та за несприятливих погодних умов.

## **1.1. Архітектурно-конструктивне рішення**

### **Фундаменти**

Конструктивним рішенням прийнято улаштування суцільного фундаменту у вигляді монолітної залізобетонної плити, що забезпечує рівномірний розподіл навантажень від будівлі на основу та підвищує просторову жорсткість споруди. Застосування плитного фундаменту обґрунтоване поверховістю будівлі та інженерно-геологічними умовами будівельного майданчика.

Фундаментна плита виконується з важкого бетону класу C16/20 з показниками морозостійкості F100 та водонепроникності W8. Робоче армування передбачене зі стрижневої арматури класу A400C. Такі матеріальні характеристики забезпечують необхідну міцність, тріщиностійкість та довговічність фундаментних конструкцій.

Під фундаментною плитою влаштовується піщано-щебенева підготовка товщиною 100 мм, яка розміщується на відмітці  $-3,800$  м та слугує вирівнювальним і дренажним шаром, що зменшує вплив нерівномірних деформацій основи.

Стіни підвалу, які контактують із ґрунтом, підлягають обов'язковому гідроізоляційному захисту. Вертикальна гідроізоляція виконується із застосуванням бітумно-полімерної мембрани типу Ceresit CR-42, що забезпечує надійний захист від ґрунтової вологи. Горизонтальна гідроізоляція передбачена з двох шарів євроруберойду з наплавленням, що перешкоджає капілярному підсосу вологи у надземні конструкції.

### **Стіни**

Зовнішні стіни будівлі запроєктовані з газобетонних блоків, укладених на клейовому розчині, товщиною 400 мм. Застосування газобетону дозволяє досягти оптимального поєднання теплоізоляційних та міцнісних характеристик, а також зменшити навантаження на фундаменти.

Зовні стіни утеплюються мінераловатними плитами з подальшим улаштуванням декоративно-захисного штукатурного шару. Загальна товщина фасадної системи з утеплювачем становить 110 мм. Сумарна товщина зовнішньої стіни з урахуванням утеплення та оздоблення дорівнює 510 мм, що відповідає вимогам енергоефективності та теплозахисту будівель.

### **Перекриття та покриття**

Міжповерхові перекриття запроєктовані у вигляді монолітних безбалкових залізобетонних плит товщиною 160 мм. Перекриття виконуються з бетону класу C20/25 та армовані арматурою класу A400C. Плити спираються

на монолітні колони та стіни ліфтової шахти, утворюючи просторово жорстку та стійку конструктивну систему будівлі.

Прийняте рішення забезпечує достатню несучу здатність, зменшення будівельної висоти поверху та покращення планувальної гнучкості приміщень.

### **Колони**

Каркас будівлі сформований монолітними залізобетонними колонами перерізом 400×400 мм. Колони виготовляються з бетону класу С16/20 з армуванням поздовжньою та поперечною арматурою класів А400С та А240С. Таке конструктивне рішення забезпечує сприйняття вертикальних та горизонтальних навантажень, а також просторову стійкість будівлі.

### **Покрівля та водовідведення**

Покрівля будівлі запроєктована плоскою, суміщеною, з організованим внутрішнім водовідведенням, що підключається до існуючої системи дощової каналізації. Перекриття над добудованими приміщеннями також прийняті плоскими з внутрішнім водостоком.

Конструкція покрівлі передбачає такі шари (зверху вниз):

1. Наплавлювальний євроруберойд із захисним покриттям — 10 мм;
2. Цементно-піщана стяжка — 20 мм;
3. Теплоізоляційний шар з пінополіуретану;
4. Пароізоляційний шар — 5 мм;
5. Вирівнювальна цементно-піщана стяжка — 20 мм;
6. Монолітна залізобетонна плита перекуття — 160 мм.

У місцях примикання покрівельного килима до парапетних стін передбачено улаштування двох додаткових шарів євроруберойду. Рулонний матеріал піднімається на висоту не менше 700 мм та захищається фартухом із покрівельної сталі, що запобігає проникненню атмосферних опадів у вузлах примикання.

Водовідведення з поверхні покрівлі здійснюється за допомогою внутрішніх водостічних воронок, розташованих у понижених ділянках покрівлі, що забезпечує ефективне відведення дощових та талих вод.

## **1.3 Інженерні мережі**

Інженерне забезпечення житлового будинку запроєктовано з урахуванням сучасних вимог до комфортності проживання, енергоефективності, санітарно-гігієнічних норм та пожежної безпеки. Усі системи інженерних мереж взаємопов'язані та функціонують як єдиний комплекс, що забезпечує безперебійну експлуатацію будівлі протягом усього строку служби.

## **Система водопостачання**

Холодне водопостачання житлового будинку здійснюється від централізованих міських мереж. Вода використовується для господарсько-побутових потреб мешканців, а також для роботи індивідуальних теплогенераторів у квартирах.

Внутрішні мережі холодного водопостачання виконані з полімерних труб, стійких до корозії та впливу тиску. Розводка трубопроводів передбачена прихованою — у технічних шахтах та конструкціях підлог. Для забезпечення стабільного тиску води на верхніх поверхах передбачено насосне обладнання з автоматичним керуванням.

Гаряче водопостачання в будинку є індивідуальним і забезпечується двоконтурними газовими котлами, встановленими в кожній квартирі. Такий підхід дозволяє мешканцям самостійно регулювати температуру гарячої води та зменшувати витрати енергоресурсів.

## **Система каналізації**

Внутрішня система каналізації запроектована для відведення побутових стічних вод від санітарно-технічних приладів квартир і приміщень громадського призначення першого поверху. Водовідведення здійснюється самопливом до зовнішньої міської каналізаційної мережі.

Каналізаційні трубопроводи та стояки виконані з полімерних матеріалів з підвищеними шумоізоляційними властивостями. Для нормальної роботи системи та запобігання утворенню вакууму передбачено вентиляцію каналізаційних стояків з виведенням їх вище рівня покрівлі.

Проходи труб через перекриття та стіни виконуються з улаштуванням гільз, заповнених еластичними матеріалами, що забезпечує компенсацію температурних деформацій і підвищує пожежну безпеку.

## **Опалення та теплозабезпечення**

Система опалення будинку прийнята децентралізованою з індивідуальним теплопостачанням кожної квартири. Для опалення та приготування гарячої води в кожній квартирі встановлюється індивідуальний двоконтурний газовий котел із закритою камерою згоряння.

Котли розміщуються у спеціально відведених зонах квартир відповідно до вимог чинних нормативних документів. Видалення продуктів згоряння здійснюється за допомогою коаксіальних димохідних каналів або індивідуальних димоходів, виведених вище рівня покрівлі.

Опалення приміщень здійснюється водяною радіаторною системою. Як опалювальні прилади застосовуються сталеві або алюмінієві радіатори, встановлені під віконними прорізами. Для кожного радіатора передбачені

термостатичні клапани, що дозволяють індивідуально регулювати тепловий режим у приміщеннях.

Прийнята система індивідуального опалення забезпечує високий рівень енергоефективності, незалежність від централізованих тепломереж та можливість оптимізації експлуатаційних витрат.

### **Газопостачання**

Газопостачання житлового будинку здійснюється від міської газорозподільної мережі. Газ використовується для роботи індивідуальних газових котлів та побутових газових приладів у квартирах.

Внутрішні газопроводи виконані зі сталевих труб із антикорозійним покриттям та прокладені відкритим способом відповідно до вимог безпеки. Перед кожним газовим котлом передбачено встановлення запірної арматури та газового лічильника.

Для забезпечення безпечної експлуатації газового обладнання у приміщеннях котлів передбачена природна вентиляція та системи контролю загазованості.

### **Вентиляція**

Вентиляція будівлі запроектована припливно-витяжною з природним спонуканням. Видалення повітря здійснюється з кухонь, санвузлів та приміщень, де встановлено газове обладнання, через окремі вентиляційні канали.

Приплив свіжого повітря забезпечується через віконні конструкції та припливні клапани. Для приміщень з індивідуальними котлами передбачено нормативний повітрообмін, необхідний для безпечної роботи газового обладнання.

Громадські приміщення першого поверху мають автономні вентиляційні системи, що виключає вплив на житлову частину будівлі.

### **Електропостачання та освітлення**

Електропостачання будинку здійснюється від зовнішніх електричних мереж. Для кожної квартири передбачено індивідуальний облік електроенергії. Внутрішні електромережі виконані з мідних кабелів у негорючій ізоляції та прокладені приховано.

Освітлення квартир та місць загального користування запроектоване з використанням енергоефективних світильників. У сходових клітинах і коридорах встановлюються датчики руху, що сприяє зменшенню споживання електроенергії.

## 1.4. Будівельна фізика

### Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни виконано з метою перевірки відповідності огорожувальної конструкції вимогам чинних нормативних документів щодо теплозахисту будівель.

#### Вихідні дані

- Вологісний режим приміщень: **нормальний**
- Кліматичний район будівництва: **I температурна зона України**
- Розрахункова температура внутрішнього повітря:  $t_v = +18\text{ }^\circ\text{C}$
- Відносна вологість внутрішнього повітря:  $\phi = 53\text{ \%}$
- Мінімально допустимий опір теплопередачі зовнішніх стін:  
 $R_{eq,min} = 5,0\text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$   
(відповідно до ДБН В.2.6-31:2021)

#### Конструкція зовнішньої стіни

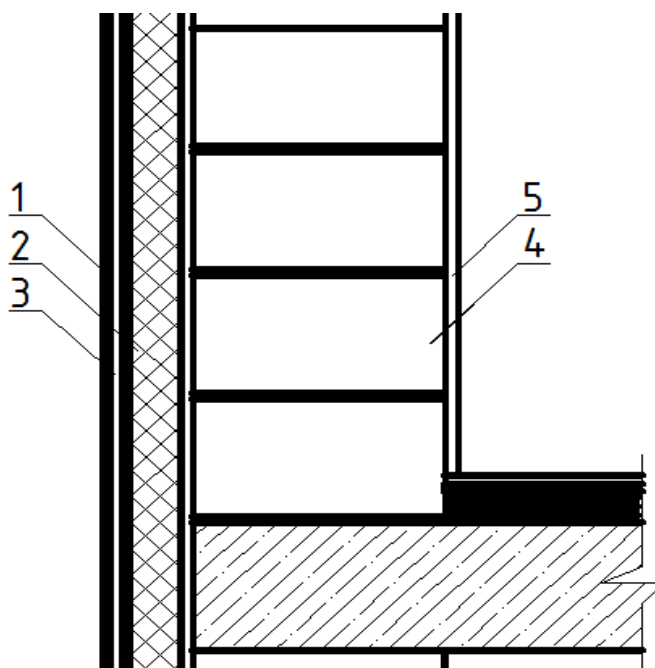


Рис.1.4.1. Конструкція стіни

1. Фасадне декоративне облицювання - 20 мм
2. Клейовий шар
3. Теплоізоляційний шар з мінераловатних плит - 200 мм
4. Несуча стіна з газобетонних блоків - 300 мм
5. Внутрішня цементно-піщана штукатурка - 20 мм

Таблиця 1.4.1. Теплотехнічні показники стіни

№ шару	Матеріал шару стіни	Об'ємна маса $\gamma_0, \frac{кг}{м^3}$	Товщина $\delta, мм$	Розрах коефіц тепло-провід $\lambda, \frac{Вт}{м \cdot К}$	Розрах коефіц теплозасвоєн $S, \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$
1	Облицювання	1900	20	0.93	11.2
2	Мінвата	35	100	0.041	0.35
3	Газоблоки	1000	300	0.44	6.54
4	Внутр штукатурка	1900	20	0.93	11.2

Загальний термічний опір:

$$R_m = 6,2 м^2 К/Вт$$

Приймаємо товщину 200 мм.

### Теплотехнічний розрахунок покрівлі

Згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель», мінімально допустимий опір теплопередачі огорожувальної конструкції покрівлі для житлових будівель становить:

$$R_m = 7 м^2 К/Вт$$

Кліматичний район будівництва — I температурна зона України. Вологісний режим приміщень — нормальний.

### Конструкція покрівлі

1. Рулонний покрівельний килим — 20 мм
2. Цементно-піщана стяжка — 20 мм
3. Теплоізоляційний шар з плит пінополіуретану — ? мм
4. Пароізоляційний шар — 2 мм
5. Вирівнювальна цементно-піщана стяжка — 20 мм
6. Монолітна залізобетонна плита перекриття — 160 мм

Згідно ДБН В.В.2.6-31-2021 «Теплова ізоляція будівель» мін допустиме значення опору теплопередачі конструкції покрівлі  $R_{q,min}=7 м^2 \cdot К/Вт$

Запроектована конструкція покрівлі з утеплювачем з пінополіуретану товщиною 300 мм відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021 щодо теплозахисту будівель і забезпечує нормативний рівень енергоефективності.

## 1.5. Техніко-економічні показники

Запроектований житловий будинок належить до багатоквартирних житлових будівель середньої поверховості та характеризується раціональними об'ємно-планувальними рішеннями, що забезпечують ефективне використання забудованої території.

Загальна кількість квартир у будинку становить 16. Квартирний склад сформований з урахуванням потреб різних категорій мешканців і включає 8 двокімнатних та 8 трикімнатних квартир, що забезпечує збалансовану структуру житлового фонду.

Сумарна житлова площа будівлі становить 1328,5 м<sup>2</sup>, що дозволяє забезпечити комфортні умови проживання та нормативні показники забезпеченості житловою площею. Загальна площа будинку складає 2337,95 м<sup>2</sup> і включає житлові, допоміжні та громадські приміщення.

Площа забудови будівлі дорівнює 672 м<sup>2</sup>, що відповідає прийнятому планувальному рішенню та вимогам містобудівної документації. Будівельний об'єм будинку становить 12090,75 м<sup>3</sup>.

Об'єм підземної частини будівлі, до якої входить підвальний поверх, складає 13275,75 м<sup>3</sup>. Підвальна частина використовується для розміщення інженерних мереж та допоміжних приміщень, що дозволяє оптимізувати функціональне зонування надземної частини будинку.

Загалом техніко-економічні показники свідчать про ефективність прийнятих архітектурно-планувальних і конструктивних рішень, а також про доцільність реалізації проєкту з точки зору експлуатації та економічної ефективності.

## Розділ 2

### Розрахункова частина

#### 2.1. Проектування житлового будинку у ПК САПФІР

##### Формування моделі житлової будівлі

У програмному комплексі САПФІР була створена просторово-розрахункова модель житлового будинку на основі заданої координатної сітки плану. Геометричні параметри будівлі та її поверховість були введені відповідно до прийнятих архітектурно-планувальних рішень.

Розташування основних несучих і огорожувальних конструкцій, зокрема фундаментів, монолітних колон, стін, діафрагм жорсткості, а також плит міжповерхових перекриттів і покриття, виконувалося по вузлах координатної сітки з урахуванням проєктних координат. Формування елементів здійснювалося в інтерактивному діалоговому режимі, що дозволило забезпечити точність просторової моделі та коректне взаємне розташування конструктивних елементів.

Створена модель була використана для подальшого виконання розрахунків напружено-деформованого стану конструкцій, аналізу розподілу зусиль та перевірки несучої здатності елементів будівлі.

##### Збір навантажень

Таб. 2.1. Збір навантажень на 1м<sup>2</sup> покриття

№ пп	Види навантажень	Характеристич е навантажен., кПа	Коефіц		Розрахунк навантаження, кПа
			$\gamma_f$	$\gamma_n$	
1	Рулонні, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 600$ кг/м <sup>3</sup>	0,125	1,1	0,95	0,128
2	Стяжка М100, армована сіткою 150×150 діам. 4 А240С, $\delta = 0,04$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,720	1,2	0,95	0,825
3	Плити пінополіуретанові, $\delta = 0,20$ м, $\rho_m = 80$ кг/м <sup>3</sup>	0,160	1,3	0,95	0,185
4	Пароізоляційна плівка	0,014	1,2	0,95	0,018
5	Стяжка, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,380	1,2	0,95	0,415
6	З/б плита покриття, $\delta = 0,16$ м, $\rho_m = 2500$ кг/м <sup>3</sup>	Навантаження враховано автоматично			
Всього:		1,380			1,532
	снігове	1,320	1,14	0,95	1,462
	Повне	2,585			2,965

Таб. 2.2. Збір навантажень на 1м<sup>2</sup> перекриття

№ пп	Види навантажень	Характерис навант., кПа	Коефіцієнти		Розрахункове навантажен, кПа
			$\gamma_{fn}$	$\gamma_n$	
1	Керамічна плитка на спец розчині, $\delta = 0,015$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,283	1,1	0,95	0,275
2	Стяжка, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,365	1,2	0,95	0,423
3	Утеплювач – пінополіуретан $\delta = 0,05$ м, $\rho_m = 80$ кг/м <sup>3</sup>	0,042	1,3	0,95	0,052
4	Стяжка, $\delta = 0,02$ м, $\rho_m = 1900$ кг/м <sup>3</sup>	0,368	1,2	0,95	0,425
5	З/б плита перекриття, $\delta = 0,16$ м, $\rho_m = 2500$ кг/м <sup>3</sup>	Навантаження врахується автоматично			
Всього:		1,05			1,175
	<i>Змінне, у т.ч.:</i>	1,50			1,712
	квазіпост	0,35	1,2	0,95	0,365
	короткочас	1,15	1,2	0,95	1,325
	<i>Повне</i>	2,65			2,862

### Снігове навантаження

Розрахунок снігового навантаження виконано відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2021 «Навантаження і впливи. Норми проектування».

Згідно з картою снігових районів України, місто Рівне відноситься до II снігового району. Для даного району характеричне значення ваги снігового покриву становить 1,2 кПа.

Покрівля будівлі запроєктована плоскою, тому коефіцієнт, який враховує форму покрівлі, приймається рівним 1,0. У зв'язку з цим снігове навантаження на покрівлю приймається рівним характеричному значенню ваги снігового покриву без зменшення.

Отримане значення снігового навантаження прикладається до плити покриття у вигляді рівномірно розподіленого навантаження та враховується при розрахунку несучої здатності конструкцій покрівлі.

## **Вітрове навантаження**

Згідно з картою вітрових районів України, місто Рівне належить до I вітрового району. Для даного району характеристичне значення тиску вітру становить 0,23 кПа, що відповідає 230 Па.

Будівля розташована у межах міської забудови, тому умови місцевості приймаються як тип В (збудована територія). Вплив вітру враховується з урахуванням висоти будівлі та аеродинамічних характеристик споруди.

Вітрове навантаження прикладається до зовнішніх огорожувальних конструкцій будівлі у вигляді рівномірно розподіленого тиску та відсмоктування. При розрахунку конструкцій враховується дія вітру на фасади, покрівлю, а також передача горизонтальних зусиль на несучі елементи каркаса та фундаменти.

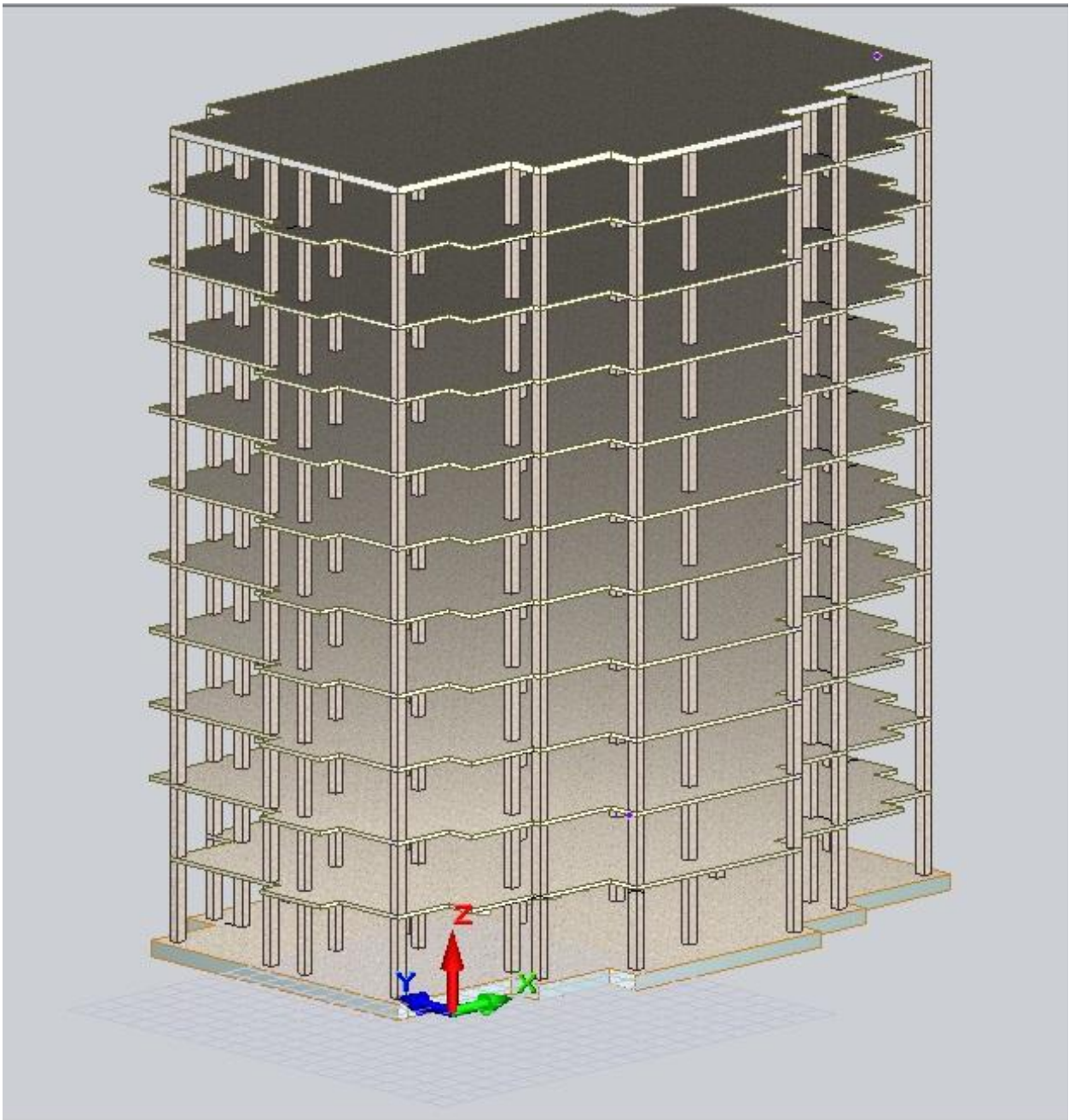
Отримане значення вітрового навантаження використовується при розрахунку міцності, стійкості та просторової жорсткості будівлі.

## ***Розрахунок будівлі. Результати***

Після формування просторової розрахункової схеми будівлі та задання всіх необхідних постійних і тимчасових навантажень було виконано розрахунок конструкції у програмному комплексі **ПК ЛІРА-САПР**. Розрахункова модель враховує геометричні параметри будівлі, конструктивну схему, жорсткісні елементи, а також умови спирання та взаємодії конструкцій.

У процесі розрахунку визначено напружено-деформований стан основних несучих елементів будівлі, зокрема плит перекриттів і покриття, колон, стін та діафрагм жорсткості. Отримані результати дозволили проаналізувати розподіл внутрішніх зусиль, переміщень і деформацій конструкцій під дією заданих навантажень.

Результати розрахунку використано для подальшого проектування та перевірки несучої здатності основних конструктивних елементів будівлі, а також для прийняття оптимальних конструктивних рішень з урахуванням вимог міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності.



*Рис. 2.1.1. Розрахункова схема будівлі 3D*

Після розрахунку будівлі, ми отримало переміщення в напрямку  $Z$  від різних завантажень (рис. 2.1.2, 2.1.3, 2.1.4, 2.1.5, 2.1.6).

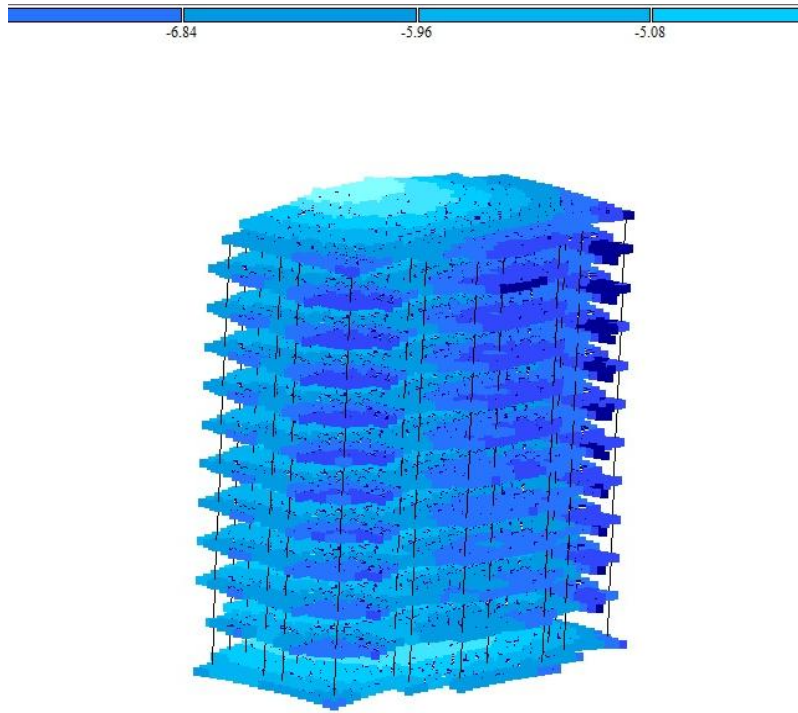


Рис. 2.1.2. Переміщення по осі Z від власної ваги конструкції

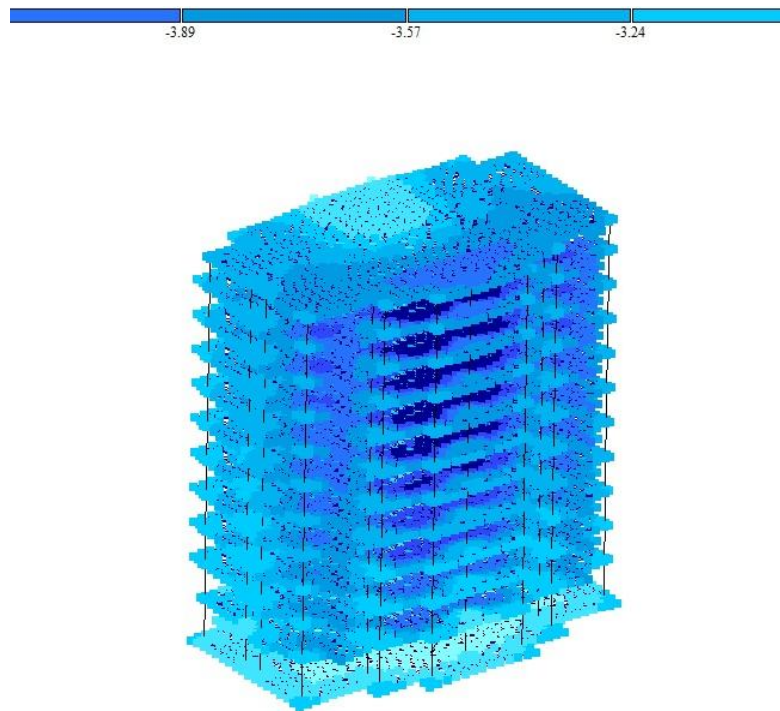


Рис. 2.1.3. Переміщення по осі Z від квазіпостійних завантажень

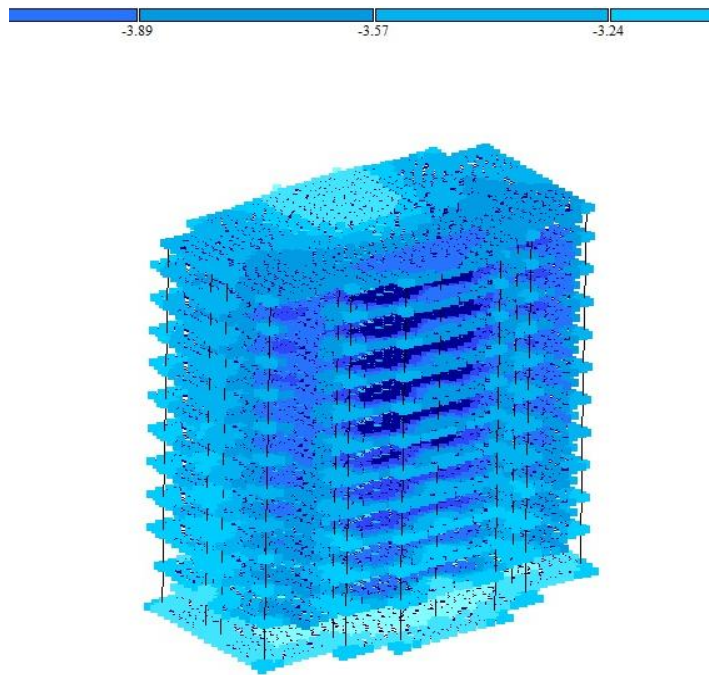


Рис. 2.1.4. Переміщення по осі Z від короткочасних завантажень

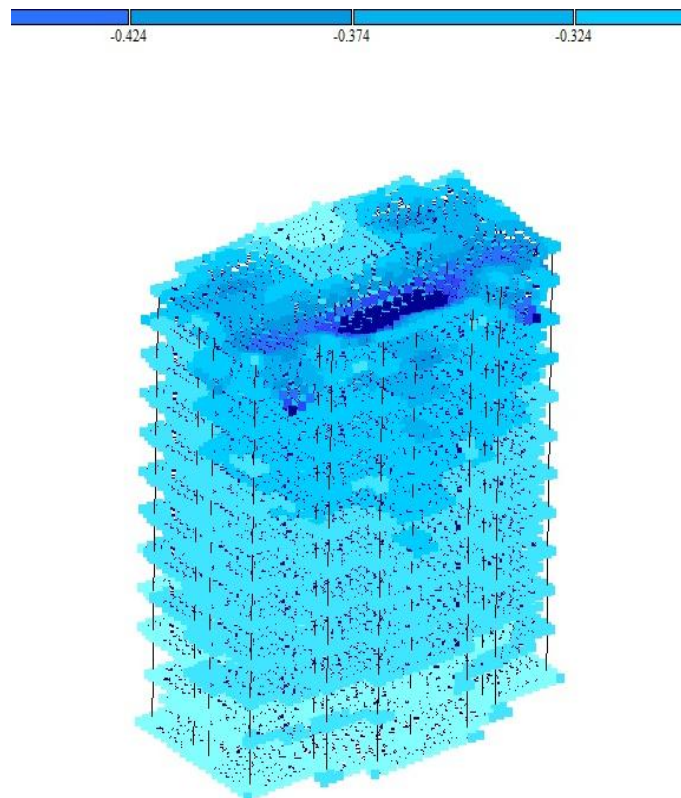


Рис. 2.1.5. Переміщення по осі Z від снігового завантаження

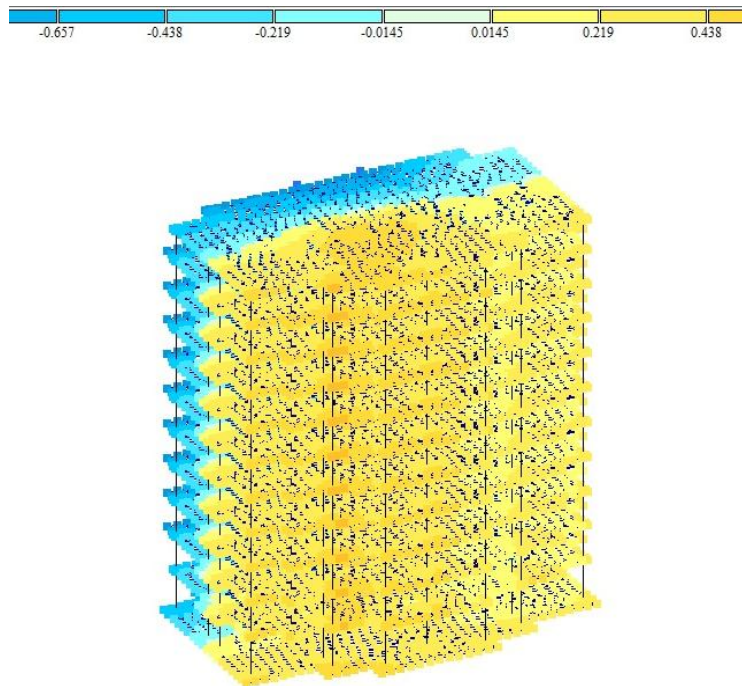


Рис. 2.1.6. Переміщення по осі Z від вітрових завантажень

## 2.2. Розрахунок і конструювання з/б монолітної плити перекриття на відмітці +14.400

Після формування просторової розрахункової схеми будівлі та задання всіх постійних, тимчасових і кліматичних навантажень було виконано чисельний розрахунок у програмному комплексі **ПК ЛІРА-САПР**. Розрахункова модель будівлі відображає прийнятну конструктивну схему, геометричні параметри, поверховість, а також взаємодію основних несучих елементів між собою.

У процесі розрахунку було визначено напружено-деформований стан конструкцій під дією нормативних навантажень та їх комбінацій. Особливу увагу приділено роботі плит перекриттів і покриття, монолітних колон, стін та діафрагм жорсткості, які забезпечують просторову стійкість будівлі та сприйняття горизонтальних навантажень.

За результатами розрахунку проаналізовано значення внутрішніх зусиль, переміщень та прогинів конструктивних елементів. Отримані дані дозволили оцінити рівень жорсткості будівлі, перевірити відповідність переміщень допустимим нормативним значенням та виключити виникнення надмірних деформацій.

Загалом виконаний розрахунок підтвердив правильність прийнятої конструктивної схеми та її відповідність вимогам чинних нормативних документів з міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності.

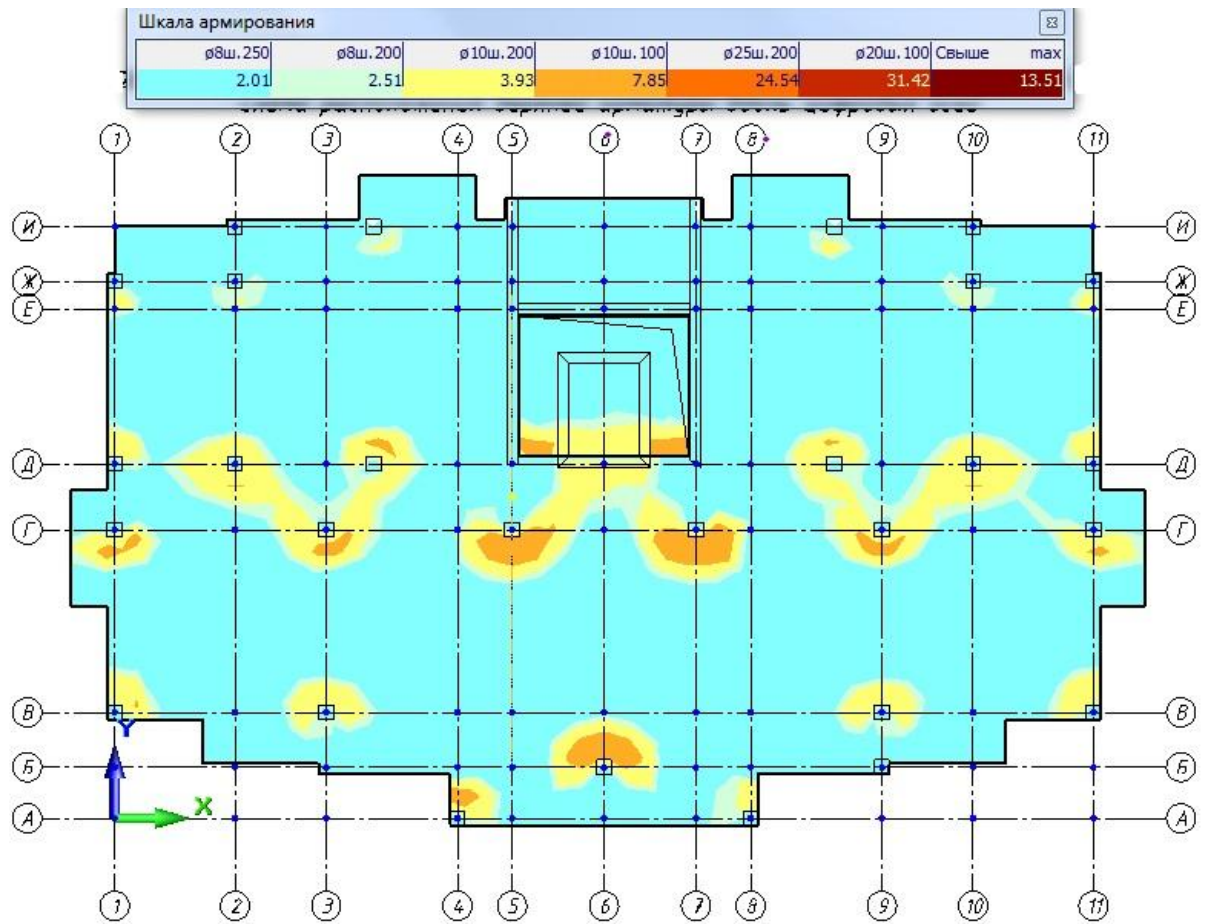


Рис.2.2.1. Мозаїка армування для плити нижньої зони по осі X

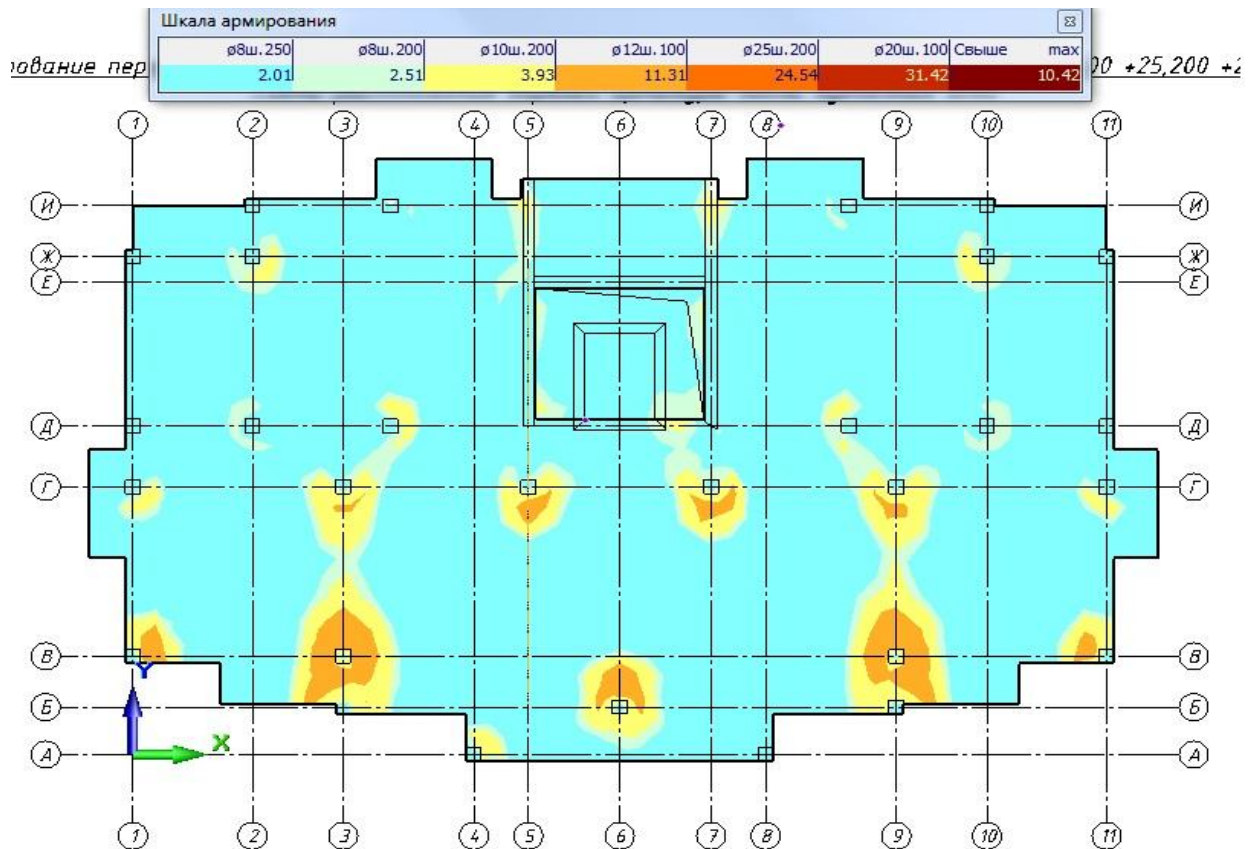


Рис.2.2.2. Мозаїка армування плити нижньої зони по осі Y

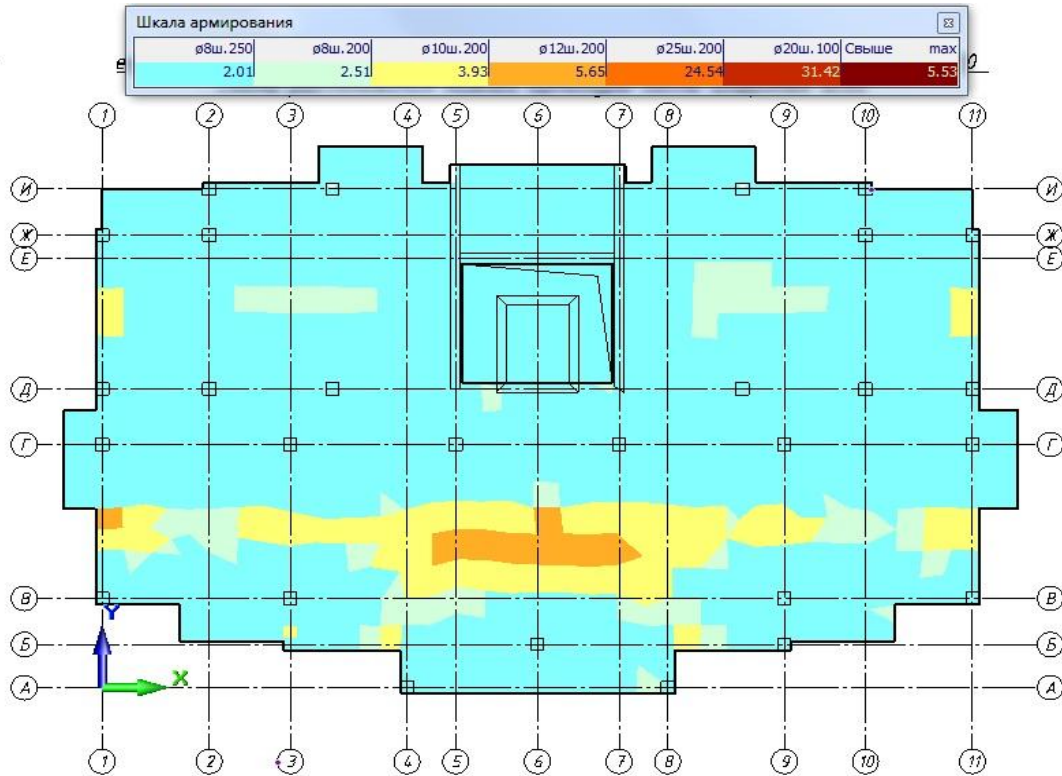


Рис.2.2.3. Мозаїка армування плити верхньої зони по осі X

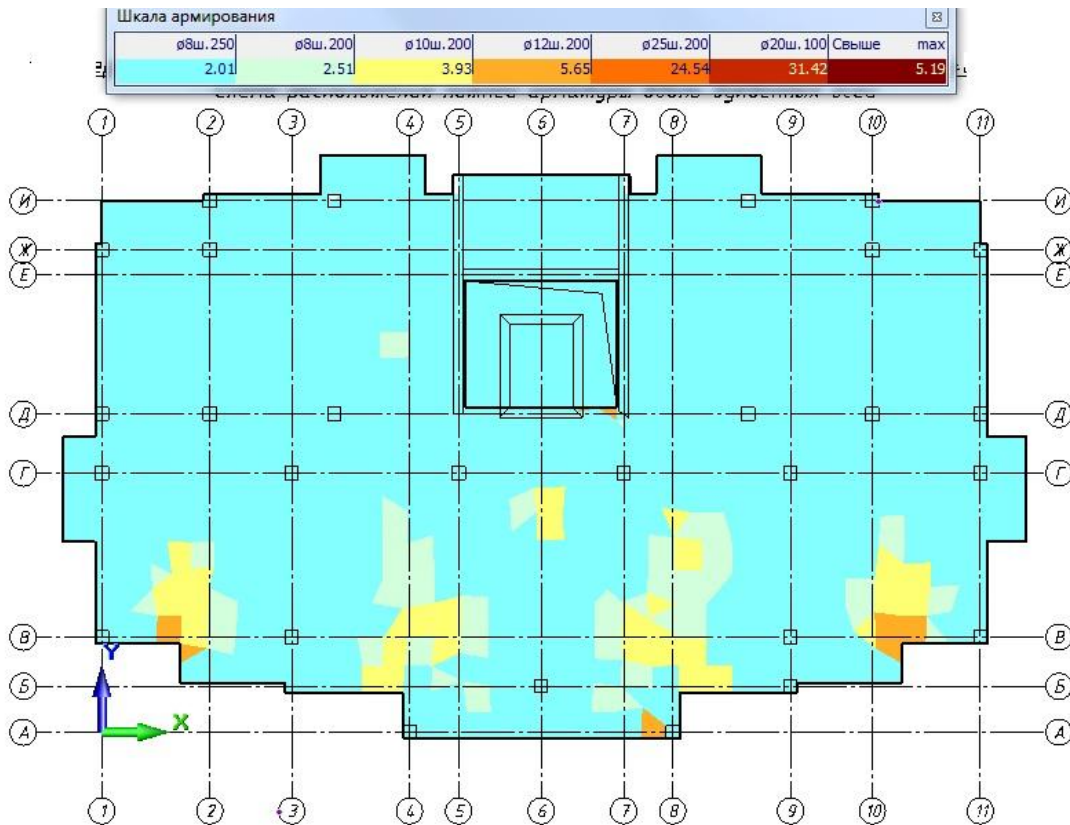


Рис.2.2.4. Мозаїка армування плити верхньої зони по осі Y

Армування плити перекриття виконано у вигляді окремих стрижнів відповідно до результатів розрахунку та вимог чинних нормативних документів. Конструктивне рішення забезпечує сприйняття згинальних моментів і поперечних зусиль, а також необхідну тріщиностійкість плити.

У нижній зоні плити перекриття передбачено робочу арматуру діаметром **Ø12** класу **A400C**, яка розташовується у двох взаємно перпендикулярних напрямках із кроком **200 мм**. Дане армування призначене для сприйняття розтягувальних зусиль у прольотах плити.

У верхній зоні плити також запроєктовано арматуру **Ø12** класу **A400C** у двох напрямках з кроком **200 мм**, яка забезпечує сприйняття розтягувальних напружень у зонах над опорами та підвищує загальну жорсткість конструкції.

Окрім основної арматури, у конструкції плити передбачено встановлення додаткової арматури діаметром **Ø10**, **Ø12** та **Ø16** класу **A400C** у місцях концентрації зусиль. Додаткові стрижні нижньої зони розміщуються в прольотах плити, де виникають максимальні позитивні згинальні моменти, а додаткова арматура верхньої зони — над опорами, в зонах дії найбільших негативних згинальних моментів.

Прийняте рішення з армування забезпечує надійну роботу плити перекриття в експлуатаційних умовах та відповідає вимогам міцності й жорсткості. Конструктивні деталі армування плити перекриття наведені на аркуші 3 магістерської роботи.

### **2.3. Розрахунок і конструювання колон**

Розрахунок та конструювання монолітних залізобетонних колон виконувалися з використанням програмних комплексів **САПФІР** та **ЛІРА-САПР** на основі створеної просторової розрахункової моделі будівлі. У процесі розрахунку були враховані геометричні параметри колон, умови їх закріплення, а також взаємодія з плитами перекриттів, діафрагмами жорсткості та іншими несучими елементами каркаса.

На основі результатів розрахунку були визначені необхідні перерізи колон, класи бетону та параметри армування. Конструктивні рішення з армування приймалися з урахуванням вимог нормативних документів, а також забезпечення простоти виконання та надійності роботи колон у складі просторової системи будівлі.

Отримані результати розрахунку та прийняті конструктивні рішення забезпечують необхідну міцність, жорсткість і довговічність монолітних колон при експлуатації будівлі.

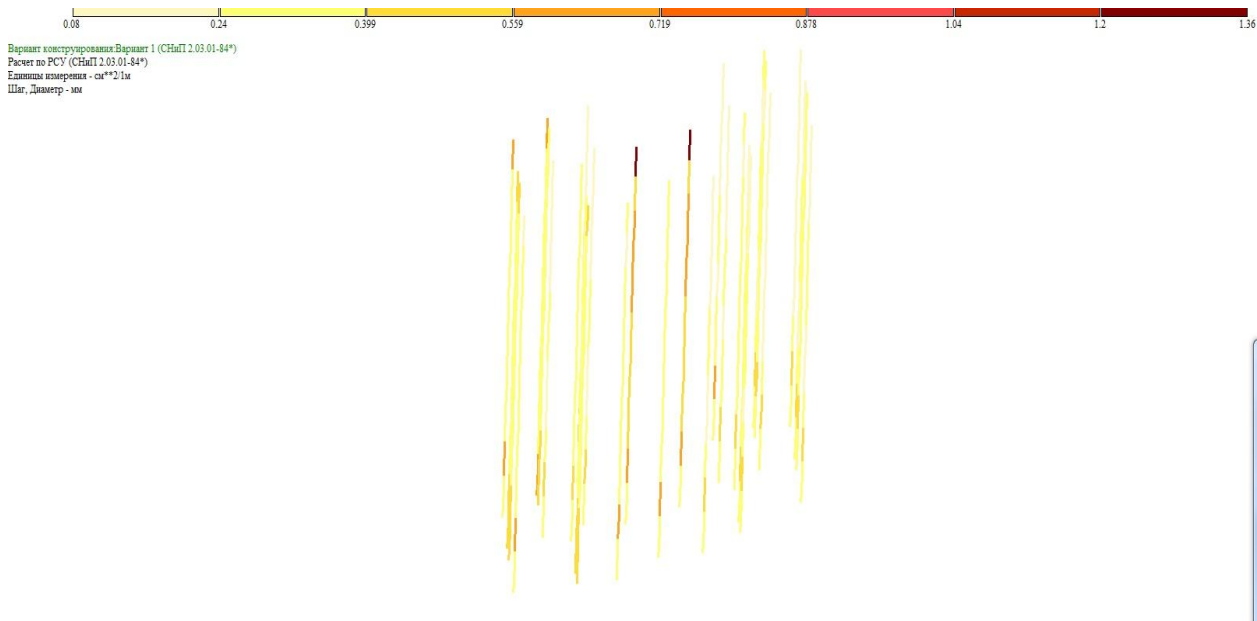


Рис.2.3.1. Загальна площа арматури колони ( $A_{s \min}$ )

Колони будівлі запроєктовано з квадратним перерізом  $40 \times 40$  см та виконано з важкого бетону класу С25/30. Для сприйняття розрахункових зусиль колони заармовано окремими стрижнями з арматури класу А400С.

Діаметри поздовжньої арматури приймалися залежно від величини навантажень, що діють на колону, при цьому мінімальний діаметр поздовжніх стрижнів становить 12 мм. Кількість і діаметр арматури визначалися відповідно до необхідної розрахункової площі армування елемента  $A_{s, \min}$ , що забезпечує виконання вимог першої групи граничних станів. Армування колон прийнято симетричним, що забезпечує рівномірну роботу елемента при центральному та позацентровому стиску.

Поперечне армування колон виконано у вигляді хомутів з арматури класу А240С. Діаметр поперечної арматури прийнято у межах  $\frac{1}{4}$  від максимального діаметра поздовжньої арматури, але не менше 6 мм, що відповідає нормативним вимогам. У даному випадку максимальний діаметр поздовжніх стрижнів становить  $\varnothing 28$  мм.

Крок встановлення поперечної арматури прийнято 200 мм. Значення кроку визначене з урахуванням вимоги, згідно з якою максимальний крок хомутів не повинен перевищувати 20-кратний мінімальний діаметр поздовжньої арматури, помножений на понижувальний коефіцієнт 0,6, що забезпечує необхідну жорсткість та тріщиностійкість колон.

Прийняті конструктивні рішення з армування колон забезпечують їх надійну роботу в складі просторової системи будівлі та відповідають вимогам чинних нормативних документів. Детальне конструювання колони наведено на аркуші 4 магістерської роботи.

## 2.4. Розрахунок та конструювання монолітної з/б фундаментної плити

Розрахунок і конструювання залізобетонної плити також виконувалися з використанням програмного комплексу ПК ЛІРА-САПР на основі просторової розрахункової моделі будівлі. Під час розрахунку були враховані постійні та тимчасові навантаження, а також результати їх поєднань, що діють на плиту.

Для фундаментної залізобетонної плити за результатами розрахунку було прийнято важкий бетон класу С25/30, який забезпечує необхідну міцність і довговічність конструкції. Армування плити запроєктовано зі стрижневої арматури класу А400С, що дозволяє ефективно сприймати розтягувальні зусилля, які виникають у плиті під дією навантажень.

На основі отриманих зусиль було визначено параметри армування плити, включаючи діаметри та крок розміщення арматурних стрижнів у верхній і нижній зонах. Прийняті конструктивні рішення забезпечують виконання вимог першої та другої груп граничних станів і гарантують надійну роботу фундаментної плити в процесі експлуатації будівлі.

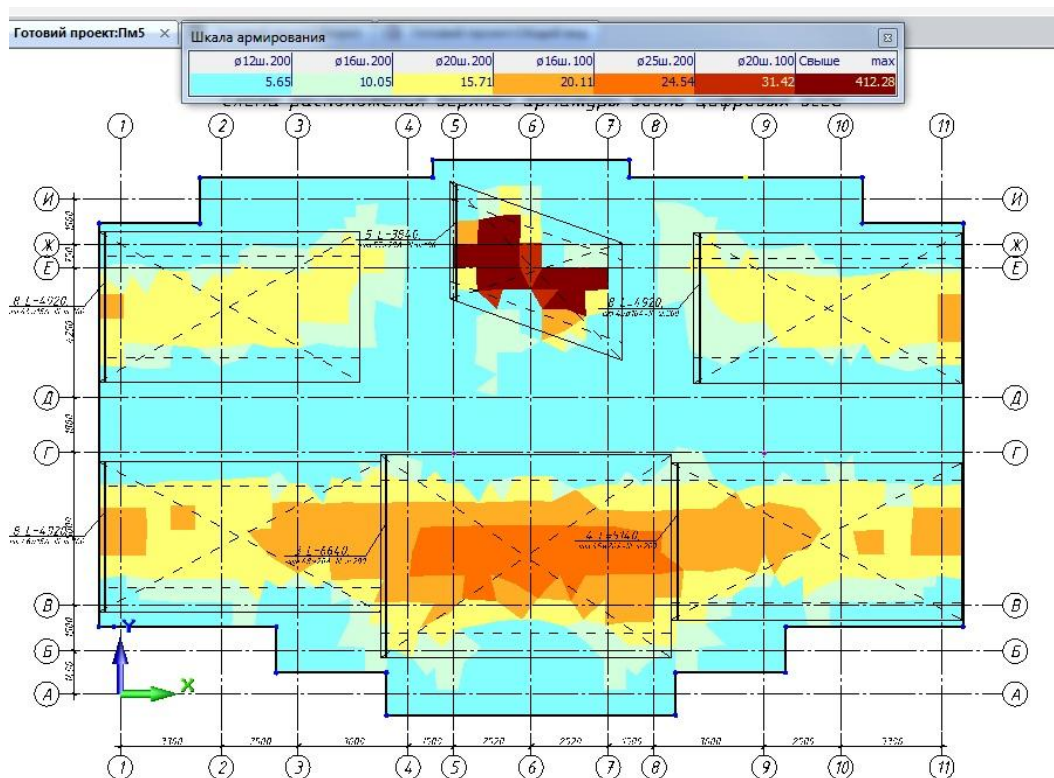


Рис. 2.4.1. Армування нижньої зони фундаментної плити по осі X

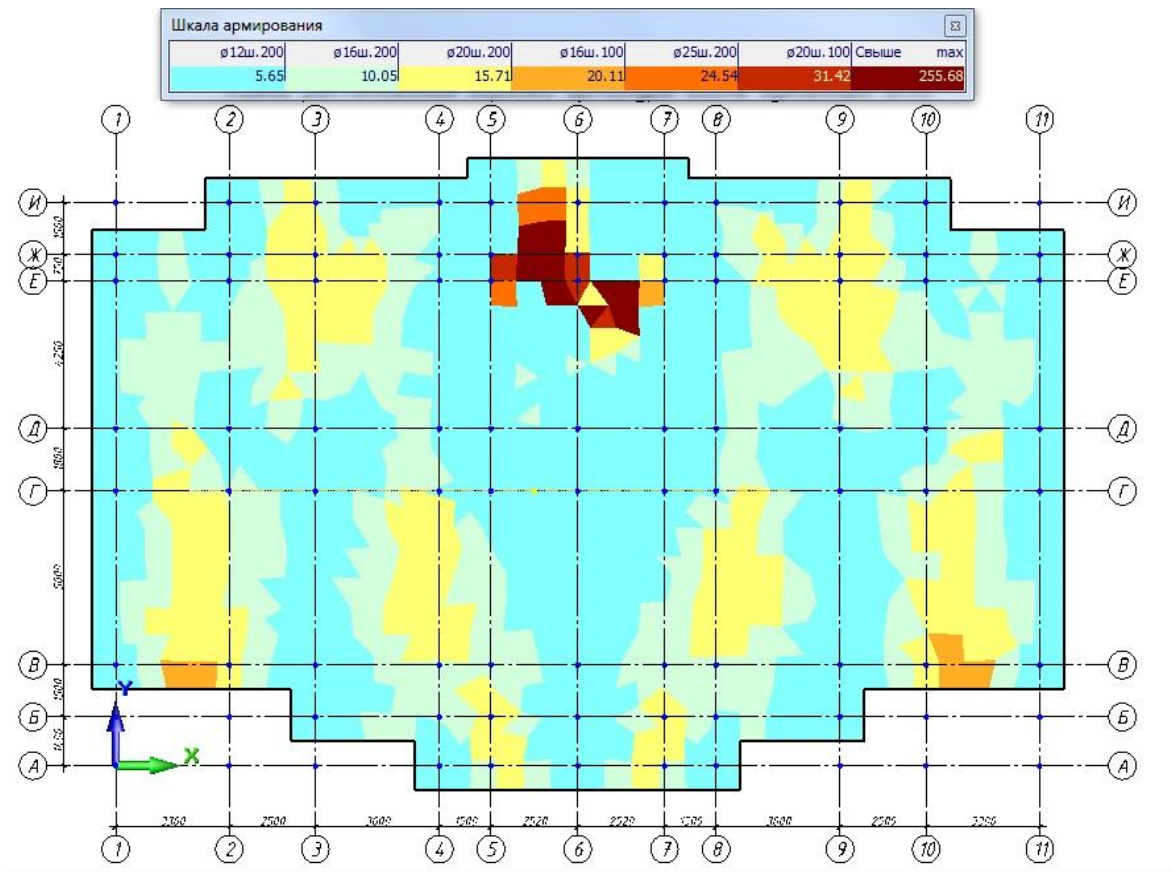


Рис. 2.4.2. Армування верхньої зони фундаментної плити по осі Y

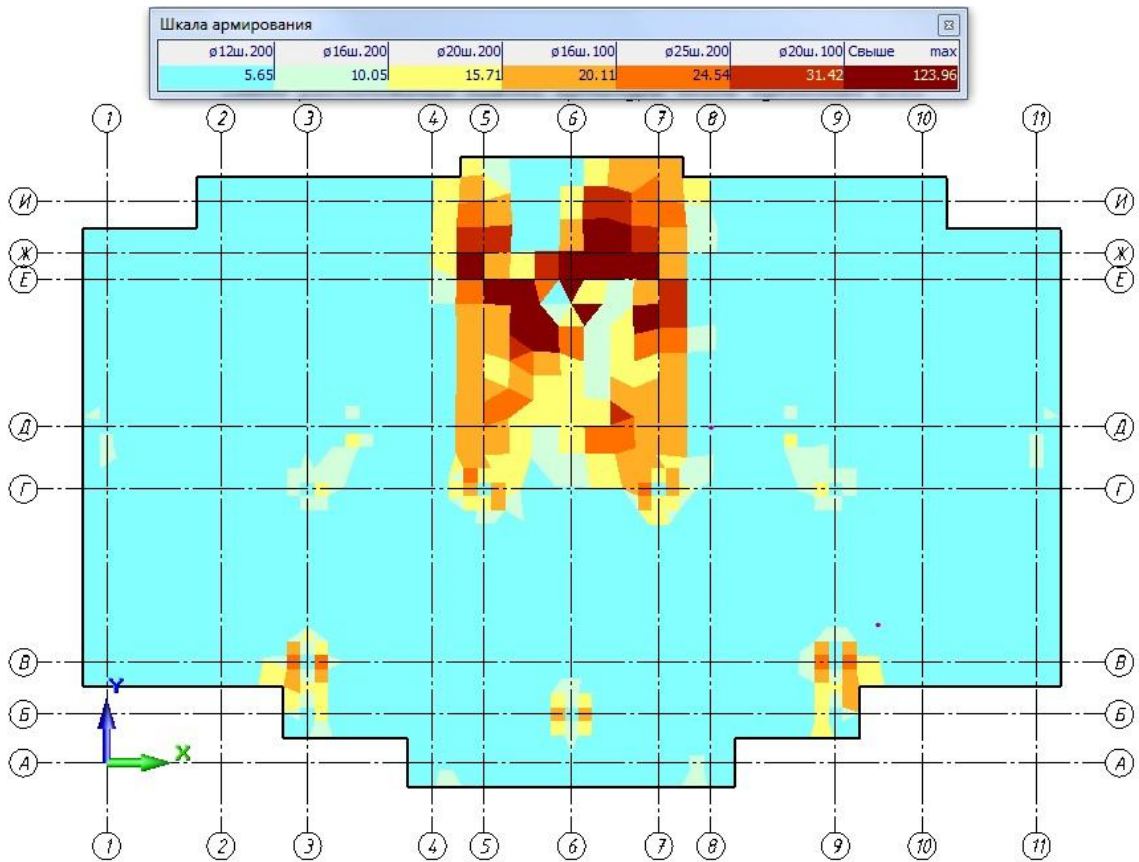


Рис. 2.4.3. Армування нижньої зони фундаментної плити по осі Y

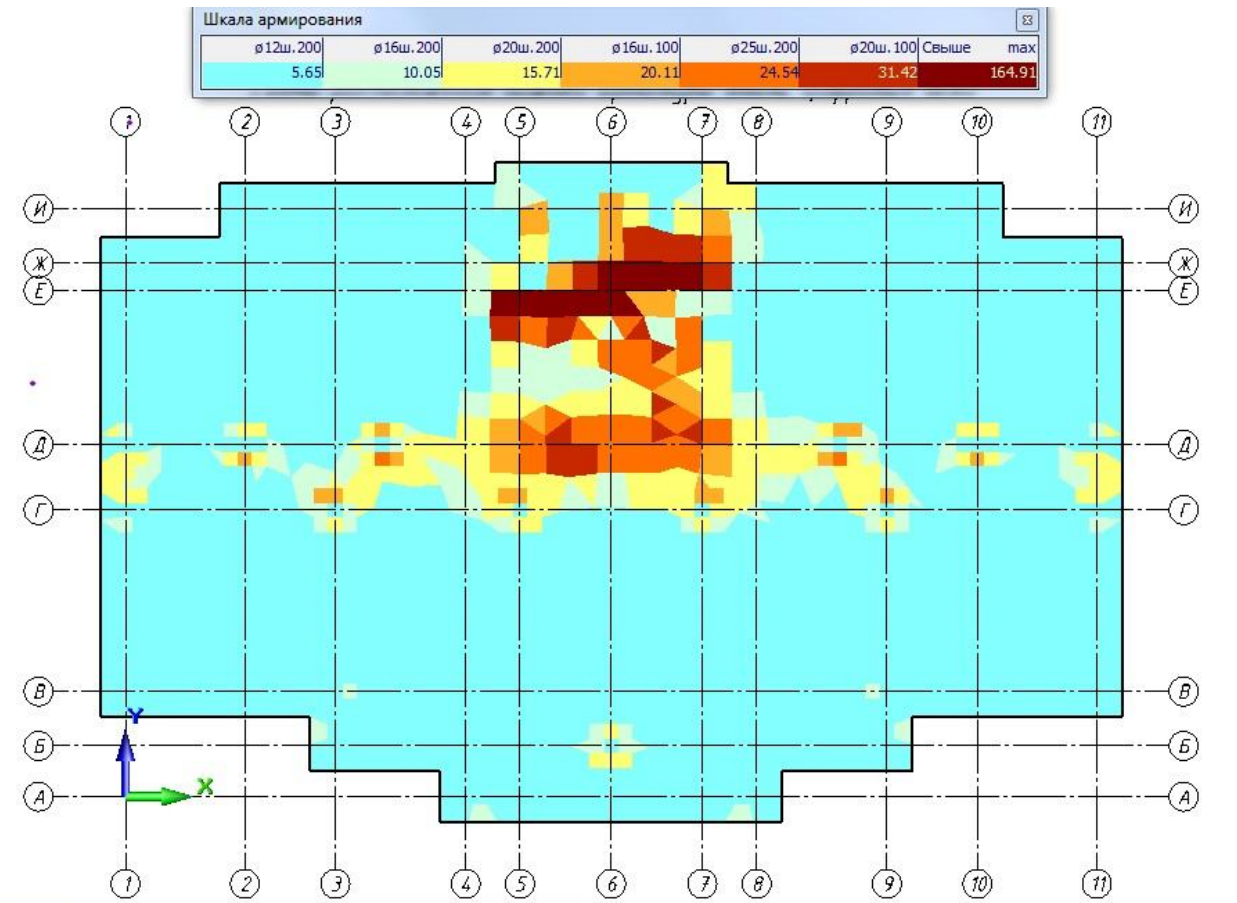


Рис. 2.4.4. Армування нижньої зони фундаментної плити по осі X

Фундаментна плита армується окремими стрижнями зі стрижневої арматури класу А400С. У нижній зоні плити передбачено робоче армування діаметром  $\varnothing 16$  мм з кроком 200 мм у напрямках X та Y, яке призначене для сприйняття розтягувальних зусиль у прольотних зонах.

У верхній зоні фундаментної плити також запроєктовано арматуру діаметром  $\varnothing 16$  мм з кроком 200 мм у двох взаємно перпендикулярних напрямках X та Y, що забезпечує сприйняття розтягувальних напружень у зонах над опорами та під колонами.

У місцях концентрації напружень, зокрема під колонами та в зонах підвищених згинальних моментів, передбачено улаштування додаткового армування, яке підвищує несучу здатність та тріщиностійкість фундаментної плити.

Прийняте конструктивне рішення з армування забезпечує надійну роботу фундаментної плити в складі будівлі. Детальне конструювання фундаментної плити наведено на аркуші 5 графічної частини дипломного проєкту.

### 3 РОЗДІЛ

#### Технологія і організація будівництва

##### 3.1. Визначення переліку та об'ємів робіт

Визначення переліку та обсягів будівельно-монтажних робіт є важливим етапом організаційно-технологічної частини дипломного проекту, оскільки воно є основою для подальшого планування будівництва, розрахунку трудових та матеріальних ресурсів, а також визначення тривалості виконання робіт і кошторисної вартості об'єкта. Підрахунок обсягів робіт виконано на підставі прийнятих архітектурно-планувальних та конструктивних рішень, робочих креслень та специфікацій елемент

До переліку включено основні види робіт, пов'язані з підготовкою будівельної площадки, улаштуванням фундаментів та підземної частини будівлі, зведенням монолітних та кам'яних конструкцій, монтажем перекриттів, сходів та ліфтового обладнання, а також виконанням оздоблювальних, покрівельних та інженерних робіт.

Підрахунок об'ємів будівельно-монтажних робіт показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Відомості підрахунку об'ємів робіт

№ п/п	Назва роботи	Од виміру	К-сть
1	Планування території для будівництва	1000 м <sup>2</sup>	0,315
2	Розробка котловану з застосування екскаватора	1000 м <sup>3</sup>	3,15
3	Ручне доопрацювання дна	1000 м <sup>3</sup>	0,236
4	Зворотна засипка пазух котловану	1000 м <sup>3</sup>	0,35
5	Улаштування бетон підготовки під фундамент	100 м <sup>3</sup>	1,25
6	Монтаж опалубки для з/б фундаментної плити	100 м <sup>2</sup>	1,235

7	Влаштування арматурного каркасу ф-ту	т.	40,125
8	Бетонування фундаментної з/б плити	100 м <sup>3</sup>	7,45
9	Демонтаж опалубки	100 м <sup>2</sup>	1,237
10	Встановлення опалубки для стін підвалу	100 м <sup>2</sup>	7,854
11	Влаштування арматурного каркасу стін підвалу	т.	14.85
12	Заливка бетоном стін підвалу	100 м <sup>3</sup>	1,157
13	Демонтаж опалубки стін підвалу	100 м <sup>2</sup>	7,856
14	Влаштування горизонтальна гідроізоляція	100 м <sup>2</sup>	0,512
15	Влаштування вертикальна гідроізоляція	100 м <sup>2</sup>	3,92
16	Влаштування опалубки монолітних стін	100 м <sup>2</sup>	21,25
17	Встановлення арматурних стержнів	т	47.25
18	Бетонування монолітних з/б стін	100 м <sup>3</sup>	3,145
19	Демонтаж опалубки після монолічення стін	100 м <sup>2</sup>	21,36
20	Влаштування опалубки з/б колон	100 м <sup>2</sup>	18,82

21	Влаштування арматури колон	т.	43,75
22	Заливка бетоном монолітних колон	100 м <sup>3</sup>	5,13
23	Демонтаж опалубки із з/б колон	100 м <sup>2</sup>	18,82
24	Влаштування опалубки на з/б перекриття	100 м <sup>2</sup>	80,75
25	Влаштування арматурного каркасу	т.	145,45
26	Бетонування з/б перекриття	100 м <sup>3</sup>	15,82
27	Демонтаж опалубки монолітного перекриття	100 м <sup>2</sup>	80,72
28	Кладка зовнішніх стін	м <sup>3</sup>	187,82
29	Кладка перегородок	м <sup>3</sup>	590,8
30	Монтаж вітражних вікон	м <sup>2</sup>	1832,8
31	Монтаж вікон	100 м <sup>2</sup>	8,52
32	Монтаж дверей	100 м <sup>2</sup>	11,52
33	Монтаж сходів і маршів	шт.	36
34	Монтаж ліфтів	шт.	2

35	Встановлення та розбирання зовнішн риштувань	100 м <sup>2</sup>	38,84
36	Утеплення фасадів мінватою	100 м <sup>2</sup>	9,32
38	Грунтовка поверхні	м <sup>2</sup>	932,8
39	Влаштування декоративної штукатурки	м <sup>2</sup>	932,8
40	Утеплення цоколю екструдованим пінополістир	100 м <sup>2</sup>	2,38
41	Монтаж риштування	100 м <sup>2</sup>	38,82
42	Штукатуреня стін	100 м <sup>2</sup>	127,73
43	Шпаклювання стелі	100 м <sup>2</sup>	72,42
44	Шпаклювання стін	100 м <sup>2</sup>	107,72
45	Фарбування стелі	100 м <sup>2</sup>	72,45
46	Фарбування стін	100 м <sup>2</sup>	107,72
47	Влаштування стяжки	100 м <sup>2</sup>	72,45
48	Облицювання підлог керамогранітною плиткою	100 м <sup>2</sup>	72,45

50	Влаштування теплоізоляційних плит	100 м <sup>2</sup>	9,92
52	Влаштування рулонної покрівлі	100 м <sup>2</sup>	9,92
53	Влаштування водостічних воронок	шт	10
55	Благоустрій території	%	6
56	Невраховані роботи	%	8
57	Опалення та вентиляція	%	3
58	Електромонтажні роботи	%	7
59	Газифікація	%	3
60	Сантехнічні роботи	%	5
61	Здача об'єкту	%	2

### 3.2. Підбір баштового крану

Для виконання монтажних та вантажно-розвантажувальних робіт під час будівництва житлового будинку прийнято баштовий кран **КБ-503**, який за своїми технічними характеристиками забезпечує виконання всіх необхідних операцій з монтажу конструкцій та подачі матеріалів у межах будівельного майданчика.

Підбір крана здійснено з урахуванням:

- габаритних розмірів будівлі в плані;
- максимальної висоти споруди;
- маси найбільш важких монтажних елементів;
- необхідного вильоту стріли;

- умов розміщення крана на будівельному майданчику.

Кран **КБ-503** належить до універсальних баштових кранів з поворотною баштою та горизонтальною стрілою і широко застосовується при зведенні житлових і громадських будівель середньої та підвищеної поверховості.

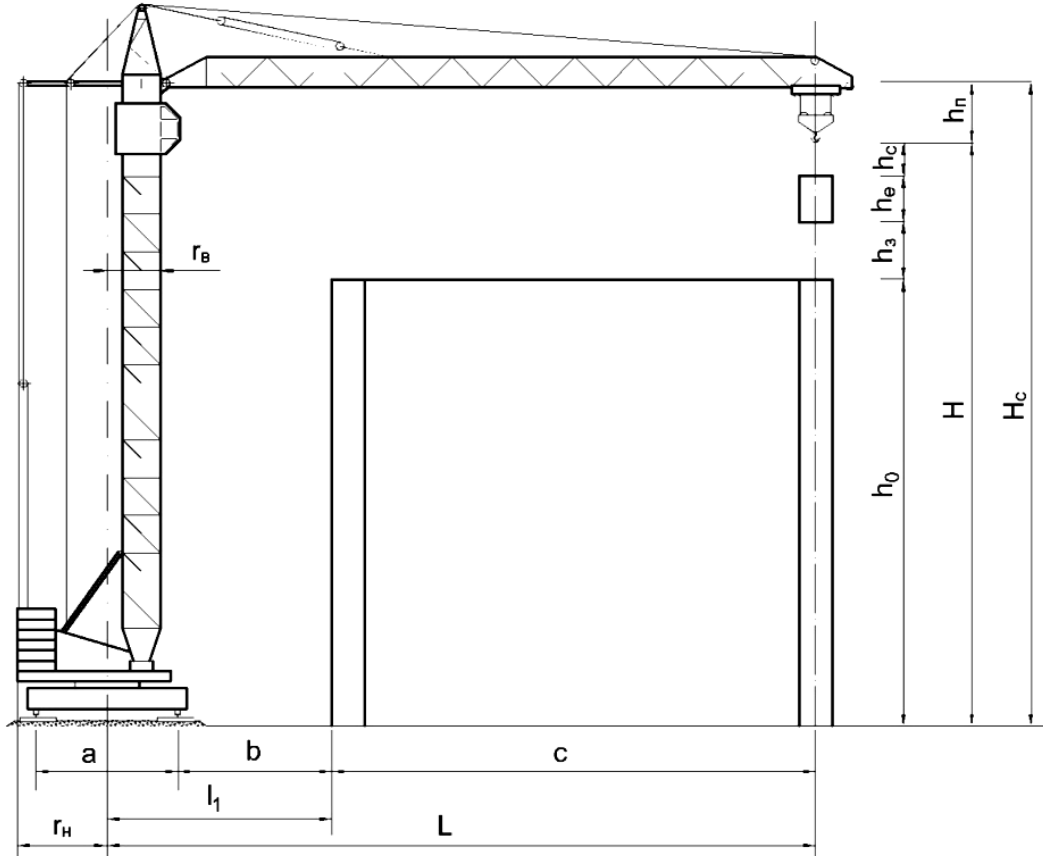


Рис. 3.1.1. Схема по визначенню монтажних характеристик баштового крана із поворотною баштою та нижнім розташуванням противаги

### Технічні характеристики баштового крана КБ-503

Таблиця 3.2.1. Характеристики крана КБ-503

Характеристика	Од. вимір	Значення
<b>Вантажопідйомність:</b>		
– при максимальному вильоті	т	7,5
– максимальна	т	10
<b>Виліт стріли:</b>		
– при максимальному вильоті	м	35
– при максимальній вантажопідйомності	м	28
<b>Висота підйому вантажу при максимальному вильоті:</b>		
– при горизонтальному положенні стріли	м	52
– при піднятому положенні стріли	м	67
Максимальний вантажний момент	кН·м	2500

Характеристика	Од. вимір	Значення
База крана	м	8
<p>Максимальна маса монтажних елементів (з урахуванням монтажних петель та такелажу) <b>не перевищує 10 т</b>, що відповідає максимальній вантажопідйомності крана КБ-503.</p> <p>Необхідний виліт стріли для обслуговування всієї площі будівлі та складів матеріалів становить до <b>35 м</b>, що забезпечується краном при допустимій вантажопідйомності <b>7,5 т</b>.</p> <p>Максимальна висота підйому вантажу <b>67 м</b> дозволяє виконувати монтаж конструкцій на повну висоту будівлі з урахуванням запасу по висоті, необхідного для безпечного виконання монтажних робіт.</p> <p>Вантажний момент крана <b>2500 кН·м</b> забезпечує стійку та безпечну роботу при виконанні основних будівельно-монтажних операцій. База крана <b>8м</b> дозволяє розмістити його в умовах обмеженого будівельного майданчика.</p>		

### 3.3. Розробка техкарти на влаштування монолітного з/б покриття

Дана технологічна карта призначена для виконання комплексу будівельно-монтажних робіт з улаштування монолітної залізобетонної плити покриття біля 38 днів. Конструкція плити передбачає використання важкого бетону класу міцності С20/25 з проектною товщиною 190 мм, що забезпечує необхідні показники несучої здатності та довговічності відповідно до чинних будівельних норм.

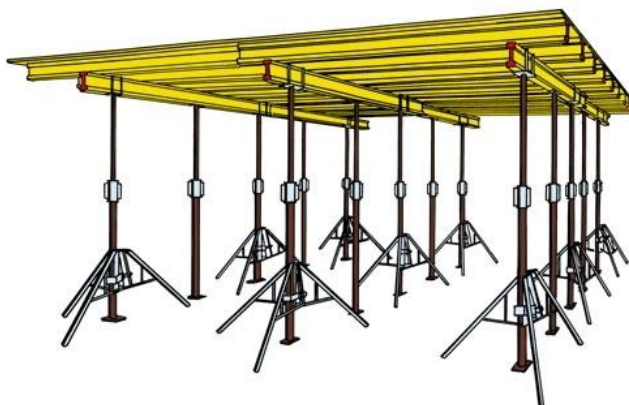
Армування плити виконується сталевими арматурними стрижнями класів А400С та А240С, які застосовуються відповідно для робочої та конструктивної арматури. Прийнята схема армування забезпечує сприйняття розрахункових навантажень та рівномірний розподіл напружень у тілі конструкції.

Для транспортування та укладання бетонної суміші в межах будівельної площадки в технологічній карті передбачено використання автобетононасосу марки CIFA R307 D6, що дозволяє підвищити продуктивність робіт, зменшити трудомісткість процесу та забезпечити безперервність бетонування.

Підйомно-транспортні операції, пов'язані з подачею опалубки, арматурних елементів та допоміжних матеріалів, виконуються за допомогою баштового крана КБ-503 з максимальною вантажопідйомністю до 10 т.

## Організація і технологія будпроцесу

Монтаж інвентарної опалубки плити покриття виконується відповідно до



вимог технологічної карти, робочого проекту та чинних нормативних документів. Роботи організуються по захватках, що забезпечує раціональне використання трудових ресурсів, механізмів та матеріалів, а також безперервність та безпечність будівельного процесу.

***Роботи з монтажу інвентарної опалубки виконуються у такій технології:***

1. На поверхні нижчерозташованої плити виконують геодезичну розмітку місць встановлення інвентарних стійок відповідно до проектних рішень.
2. За допомогою баштового крана здійснюють подачу інвентарних стійок, несучих та розподільчих балок на визначені захватки будівельної площадки.
3. Інвентарні стійки встановлюють у проектне положення з перевіркою вертикальності.
4. Для забезпечення просторової стійкості встановлені стійки закріплюють універсальними стягами.
5. На інвентарні стійки укладають несучі балки опалубки.
6. У місцях підвищених навантажень чи конструктивних особливостей виконують додаткове встановлення інвентарного обладнання.
7. По розподільчих балках настиляють листи вологостійкої фанери, формуючи суцільну поверхню опалубки плити покриття.
8. По периметру змонтованої опалубки встановлюють тимчасову інвентарну огорожу для забезпечення безпеки праці.
9. Робочу поверхню опалубки покривають мастильними матеріалами для полегшення розпалублення та покращення якості бетонної поверхні.

10. Після завершення монтажу виконують контроль якості опалубки, складають акт на приховані роботи та пред'являють конструкцію відповідальній особі від замовника.

Рис. 3.3.1. Загальний вигляд опалубки перекриття  
**Армування плити покриття**

Армування монолітної плити покриття виконується відповідно до робочих креслень та вимог чинних нормативних документів з дотриманням проектних діаметрів арматурних стержнів, їх кроку та класу сталі. Роботи з армування розпочинають після завершення монтажу опалубки, перевірки її геометричних параметрів та оформлення акту на приховані роботи.

Етапи армування плити:

1. За допомогою баштового крана здійснюють подачу мірних арматурних стержнів та заготовлених арматурних елементів на поверхню опалубки плити.
2. На робочому місці виконують в'язання арматурних каркасів відповідно до проектних рішень із застосуванням в'язальної проволочки.
3. На арматурні каркаси встановлюють фіксатори захисної кулі бетону, після чого каркаси монтують у проектне положення в опалубку балок або в зоні локального підсилення.
4. Відповідно до нанесеного шаблону виконують розкладання конструктивної арматури та в'язання нижньої арматурної сітки з дотриманням заданого кроку стрижнів.
5. До нижньої арматурної сітки встановлюють пластмасові фіксатори захисної кулі бетону, після чого з-під зв'язаної сітки видаляють тимчасові дерев'яні бруски-підкладки.
6. Після цього виконують в'язання верхньої арматурної сітки та закріплюють її над нижньою сіткою з забезпеченням проектної відст.
7. На завершальному етапі встановлюють технологічні арматурні стержні та інші закладні елементи, передбачені проектом, які необхідні для забезпечення якості формування та загладжування поверхні плити покриття.

Після завершення робіт з армування виконують контроль правильності розташування арматури, якості в'язання та товщини захисної кулі бетону. За результатами перевірки складають акт на приховані роботи і пред'являють армовану конструкцію для приймання представнику технічного

## **Бетонування плити покриття**

1. Підготовка майданчика: очищення поверхні від пилу, забруднень та води; встановлення опалубки та опорних елементів.
2. Приготування суміші: дотримання рецептури з урахуванням температури навколишнього середовища; використання води та цементу пропорційно нормам.
3. Заливання: поступове заповнення об'єму з постійним перемішуванням та використанням вібратора для видалення повітряних пустот.
4. Шліфування та вирівнювання: досягнення рівної поверхні з мінімальним відхиленням по товщині та площі.

### ***Умови твердіння та догляд:***

1. Режим твердіння: забезпечити контролювану температуру та вологість, уникати перегріву або охолодження.
2. Захист від тріщин: застосування деформаційних швів за потреби; використання армування та відповідних вставок.
3. Вологість після заливки: підтримання достатнього рівня вологості в перші дні до досягнення потрібної міцності.

### ***Контроль якості***

1. Випробування зразків на стиск: підтвердження відповідності заданої марці міцності.
2. Візуальний огляд: перевірка на тріщини, пори та рівність поверхні.
3. Контроль підйомних параметрів: точність розмірів, контроль відхилень від заданого профілю.

## **Вказівки до виконання робіт**

Перед вкладанням бетонної суміші поверхня опалубки має бути очищена від сміття, бруду та цементної плівки. Змити поверхню водою та дати висохнути, що запобігає швидкому абсорбуванню води з суміші.

1. Цегляні стіни та верхи колон необхідно змочити водою перед заливкою для зменшення втрат води з бетону та запобігання швидкому схоплюванню поверхні.
2. Участь арматурних конструкцій: перевірити чистоту арматури, видалити іржу за допомогою щітки і знежирити місця з'єднань перед зануренням у бетон.
3. Опалубка: забезпечити герметичність швів, відсутність тріщин або прилипання до форми; при необхідності використати розділювачі або мастило.

4. Вологість поверхні: підтримувати помірну вологість опалубки, уникати зайвої вологи, яка може призвести до розведення цементного розчину або вимивання цементу.
5. Температура та вологість: контролювати температурний режим на майданчику та запобігати різким коливанням, особливо при заливці.
6. Інструменти та обладнання: підготувати вібратори, лопати, маячки та рівні; перевірити роботу змішувальної техніки та форми подачі суміші.
7. Безпека: забезпечити використання засобів індивідуального захисту, зокрема рукавичок, окулярів та касок; організувати зони безпеки навколо майданчика.

### 3.4. Календарний план

Календарний графік будівництва розроблено з метою раціональної організації будівельного процесу та забезпечення виконання робіт у встановлені рядки. У графіку визначено послідовність виконання основних будівельно-монтажних робіт, їх тривалість та взаємозв'язок між окремими процесами. Під час складання графіка враховано прийняту технологію виконання робіт, склад та чисельність бригад, використання будівельних машин та механізмів, а також умови виконання робіт. Календарний графік забезпечує рівномірне використання трудових та технічних ресурсів та дотримання термінів будівництва.

Нормативний термін зведення об'єкта:  $T_{\text{норм}} = 283$  дні.

Фактична тривалість будівництва:  $T_{\text{фактична}} = 262$  дні.

Середня чисельність робітників:  $N_{\text{сер}} = 51$  чол.

Максимальна чисельність робітників:  $N_{\text{макс}} = 68$  чол.

Коефіцієнт завантаження робітників (пікове навантаження відносно середнього):  $K_{\text{заг}} = N_{\text{макс}} / N_{\text{сер}} = 68 / 51 \approx 1,33$ .

Загальна сумарна тривалість послідовного виконання всіх будівельних процесів:  $\sum t = 457$  днів.

Тривалість за графіком (за КП):  $T = 262$  дні.

Показник суміщення будівельних процесів у часі:  $K_{\text{сум}} = \sum t / T = 457 / 262 \approx 1,73$ .

### 3.4. Проектування будгенплану об'єкта Визначення потреби в інвентарних будинках

Будівельний генеральний план об'єкта розроблений на період повного розгортання будівельно-монтажних робіт і відображає організацію будівельної площадки під час зведення надземної частини будинку. Будгенплан визначає розміщення тимчасових будівель та споруд, складських майданчиків, інженерних мереж, під'їзних шляхів, зон роботи будівельних машин.

Вихідними даними для розробки будівельного генерального плану є календарний графік будівництва та прийняті методи виконання будівельно-монтажних робіт. При розробці будгенплану дотримано таких основних принципів: забезпечення зручності та мінімальної вартості перевезення матеріалів та конструкцій в межах будівельної площадки; зменшення витрат на тимчасові будівлі та споруди; виконання вимог охорони праці, техніки безпеки та пожежної безпеки; створення раціональних умов обслуговування будівельників з мінімальними витратами годин на переміщення; скорочення довжини тимчасових інженерних мереж.

#### ***Визначення кількості працюючих***

Загальна кількість працюючих на будівельному майданчику визначається за формулою:

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

де:

$N_{\text{заг}}$  — загальна чисельність працюючих, чол.;

$N_{\text{роб}}$  — кількість робітників за календарним графіком,  $N_{\text{роб}} = 68$  чол.;

$N_{\text{ІТР}}$  — кількість інженерно-технічних працівників,  $N_{\text{ІТР}} = 6$  чол.;

$N_{\text{служб}}$  — кількість службовців,  $N_{\text{служб}} = 4$  чол.;

$N_{\text{МОП}}$  — кількість молодшого обслуговуючого персоналу,  $N_{\text{МОП}} = 1$  чол.;

$k$  — коефіцієнт, що враховує відпустки, лікарняні та виконання громадських обов'язків,  $k = 1,05$ .

Підставляючи числові значення, одержимо:

$$N_{\text{заг}} = (68 + 6 + 4 + 1) \cdot 1,05 = 84 \text{ чол.}$$

#### ***Розрахунок запасу матеріалів на складі***

Кількість матеріалів, що одночасно зберігаються на складі, визначається за формулою:

$$Q_{\text{зап}} = (Q_{\text{заг}} \cdot \alpha \cdot n \cdot k) / T$$

де:

$Q_{\text{зап}}$  — кількість матеріалів, що знаходяться на складі;

$Q_{\text{заг}}$  — загальна потреба матеріалів на весь період будівництва;

- T — тривалість розрахункового періоду, днів;  
α — коефіцієнт нерівномірності постачання матеріалів (для автотранспорту α = 1,1);  
n — нормативний запас матеріалів у днях;  
k — коефіцієнт нерівномірності витрат матеріалів, k = 1,3.

**Визначення площі складських приміщень**

Корисна площа складу визначається за формулою:

$$F = Q_{\text{зап}} / q$$

де:

- F — корисна площа складу без урахування проходів, м<sup>2</sup>;  
q — кількість матеріалу, що зберігається на 1 м<sup>2</sup> площі складу.

Загальна площа складу визначається за формулою:

$$S = F / \beta$$

де:

- S — повна площа складу, м<sup>2</sup>;  
β — коефіцієнт використання площі складу.

**Розрахунок водопостачання будівельного майданчика**

Господарсько-побутові витрати води за годину визначаються за формулою:

$$Q_{\text{госп}} = (N \cdot D \cdot K1) / (n \cdot 1000)$$

де:

- N — максимальна кількість працюючих у зміну, чол.;  
D — питомі витрати води на одного працюючого за зміну, л;  
K1 — коефіцієнт нерівномірності водоспоживання;  
n — тривалість зміни, год.

Після підстановки числових значень:

$$Q_{\text{госп}} = (68 \cdot 60 \cdot 2,7) / (8 \cdot 1000) = 1,4 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Виробничі витрати води визначаються за формулою:

$$Q_{\text{вир}} = (r_{\text{пр}} \cdot D \cdot K2) / (n \cdot 1000)$$

де:

- r<sub>пр</sub> — обсяг робіт, що виконується за зміну;  
D — питомі витрати води на одиницю обсягу робіт;  
K2 — коефіцієнт нерівномірності водопостачання, K2 = 1,6.

Витрати води на охолодження двигунів внутрішнього згорання:

$$Q_{\text{дв}} = (1,2 \cdot W_t \cdot N_{\text{дв}}) / 1000$$

де:

- W<sub>t</sub> — питомі витрати води на 1 кінську силу двигуна;  
N<sub>дв</sub> — потужність двигуна, к.с.

Сумарні витрати води:

$$\Sigma Q = Q_{\text{госп}} + Q_{\text{вир}} + Q_{\text{дв}} = 53,9 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахункові секундні витрати води:

$$q_{\text{розр}} = (\Sigma Q \cdot 1000) / 3600 + q_{\text{пож}}$$

де:

$q_{\text{пож}}$  — витрати води на пожежогасіння, приймаються рівними 15 л/с.

### ***Визначення діаметра водопровідної труби***

Діаметр водопровідної лінії визначається за формулою:

$$d = \sqrt{(4 \cdot q_{\text{розр}} \cdot 1000 / (\pi \cdot V))}$$

де:

$V$  — швидкість руху води в трубі, м/с.

За результатами розрахунку приймається труба діаметром 200 мм.

### ***Розрахунок електропостачання будівельного майданчика***

Загальна розрахункова електрична потужність визначається за формулою:

$$P_{\text{заг}} = 1,1 \cdot [ (K1 \cdot \Sigma P_{\text{с}}) / \cos\varphi + K2 \cdot \Sigma P_{\text{т}} + K3 \cdot \Sigma P_{\text{он}} + K4 \cdot \Sigma P_{\text{ов}} ]$$

де:

$\cos\varphi$  — коефіцієнт потужності,  $\cos\varphi = 0,75$ ;

$K1 = 0,4$ ;  $K2 = 1,0$ ;  $K3 = 0,9$ ;  $K4 = 1,0$  — коефіцієнти попиту;

$\Sigma P_{\text{с}}$  — потужність електродвигунів, кВт;

$\Sigma P_{\text{т}}$  — потужність на технологічні потреби, кВт;

$\Sigma P_{\text{он}}$  — потужність освітлення території, кВт;

$\Sigma P_{\text{ов}}$  — потужність освітлення приміщень, кВт.

Після підстановки отримуємо:

$$P_{\text{заг}} = 120,7 \text{ кВт.}$$

### ***Розрахунок кількості прожекторів***

Кількість прожекторів для освітлення будівельного майданчика визначається за формулою:

$$n = (p \cdot E \cdot S) / P_{\text{л}}$$

де:

$p$  — питома потужність;

$E$  — нормативна освітленість;

$S$  — площа, що освітлюється;

$P_{\text{л}}$  — потужність однієї лампи прожектора.

Приймається 16 прожекторів типу ПЗС-35.

## Розділ 4

### Економіка будівництва

#### 4.1. Вступ до економічної частини проекту

Економічна частина проекту призначена для обґрунтування доцільності прийнятих проектних і організаційно-технологічних рішень з позиції ефективного використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів у процесі будівництва. Вона дає можливість оцінити витрати, необхідні для реалізації об'єкта, та визначити економічний результат від впровадження проекту.

Вартість, визначена локальним кошторисом, включає прямі витрати, загальновиробничі (накладні) витрати та кошторисний прибуток підрядної організації. Прямі витрати на загальнобудівельні роботи по основній будівлі визначені на підставі фактичних обсягів робіт із застосуванням районних одиничних розцінок або ресурсних показників і поточних цін на відповідні ресурси.

У локальному кошторисі наведено розрахунок прямих витрат за окремими видами робіт і в цілому за всіма розділами. Будівництво об'єкта передбачається на території Рівненської області, що враховано при виборі цінових показників.

Кошторисна документація складена з використанням ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи (РЕКН) відповідно до ДБН Д.2.2-99 і державних стандартів України (ДСТУ) на кошторисні норми.

Вартість матеріальних ресурсів і машино-годин прийнята за регіональними поточними цінами станом на дату складання кошторисної документації та за усередненими показниками, рекомендованими Держбудом України.

Загальновиробничі витрати визначені відповідно до усереднених нормативів, наведених у додатку 3 до ДБН Д.1.1-1-2000.

Загальна кошторисна вартість будівельно-монтажних робіт - **67 090 675 грн.**

Кошторисна трудомісткість робіт - **286 762 люд.-год.**

Кошторисна заробітна плата - **15 731 559 грн.**

#### 4.2. Локальний кошторис на загально-будівельні роботи

Розрахунок локального кошторису виконано із застосуванням спеціалізованого програмного комплексу **АВК-5**, який забезпечує автоматизоване формування кошторисної документації відповідно до чинних нормативних вимог у галузі будівництва і наведено в Додатку 1.

## 5 Розділ

### Охорона праці

Охорона праці є однією з найважливіших складових організації будівельного виробництва та спрямована на створення безпечних і здорових умов праці для всіх учасників будівельного процесу. Будівництво житлового будинку з монолітним залізобетонним каркасом у місті Рівне супроводжується значною кількістю потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, серед яких виконання робіт на висоті, застосування вантажопідіймальних механізмів, експлуатація електрообладнання, використання будівельних машин і механізмів, а також вплив шуму, пилу та вібрації. У зв'язку з цим виникає необхідність комплексного підходу до організації охорони праці на будівельному майданчику.

Організація охорони праці здійснюється відповідно до вимог Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека в будівництві», а також чинних державних стандартів і правил охорони праці під час виконання будівельних робіт. Загальну відповідальність за стан охорони праці на об'єкті несе генеральний підрядник, який зобов'язаний забезпечити функціонування системи управління охороною праці, призначити відповідальних осіб і здійснювати постійний контроль за дотриманням вимог безпеки.

Перед початком будівельно-монтажних робіт усі працівники проходять вступний інструктаж з охорони праці, а також первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці. У процесі виконання робіт проводяться повторні, позапланові та цільові інструктажі. Працівники, зайняті на роботах підвищеної небезпеки (монтаж опалубки, бетонування, роботи на висоті, керування кранами та іншими механізмами), допускаються до виконання робіт лише за наявності відповідної кваліфікації, посвідчень, проходження медичних оглядів та перевірки знань з охорони праці.

Значна увага приділяється забезпеченню працівників засобами індивідуального та колективного захисту. На будівельному майданчику обов'язковим є використання захисних касок, спецодягу, спецвзуття, рукавиць, захисних окулярів і страхувальних поясів. Для захисту від падіння з висоти передбачено застосування огорожень, захисних сіток і бортових дошок, а також використання інвентарних риштувань і помостів, що відповідають вимогам нормативних документів.

При зведенні монолітного каркаса особливо небезпечними є роботи на висоті та операції з переміщення важких вантажів. Вантажопідіймальні

механізми (баштові крани, автокрани, підймачі) повинні бути справними, мати відповідні дозволи та проходити регулярні технічні огляди. Робочі зони роботи кранів огорожуються, а перебування людей під піднятим вантажем суворо забороняється. Стропування вантажів здійснюється тільки навченими стропальниками з використанням справних вантажозахоплювальних пристроїв.

Безпека під час бетонних робіт забезпечується дотриманням правил експлуатації бетононасосів, глибинних і поверхневих вібраторів, а також опалубних систем. Перед початком бетонування проводиться перевірка стійкості опалубки, надійності кріплень і справності обладнання. Під час вібрування бетонної суміші працівники повинні використовувати засоби захисту від шуму та вібрації.

Електробезпека на будівельному майданчику забезпечується застосуванням тимчасових електричних мереж з обов'язковим заземленням та захисним відключенням. Усі електроінструменти та електроустановки повинні перебувати у справному стані й регулярно перевірятися. Роботи з електрообладнанням дозволяється виконувати лише працівникам, які мають відповідну групу з електробезпеки. У вологих та особливо небезпечних зонах застосовується понижена напруга.

Для забезпечення належних санітарно-гігієнічних умов на будівельному майданчику передбачено облаштування побутових приміщень: гардеробних, умивальних, душових, приміщень для прийому їжі та відпочинку. Працівники забезпечуються питною водою, а в холодний період року — місцями для обігріву.

Окрему увагу приділено питанням пожежної безпеки. На будівельному майданчику передбачено дотримання протипожежних розривів між тимчасовими та постійними будівлями, облаштування проїздів для пожежної техніки, встановлення первинних засобів пожежогасіння. Місця зберігання горючих матеріалів організуються з урахуванням вимог пожежної безпеки, а використання відкритого вогню допускається лише за наявності спеціального дозволу. Усі працівники проходять інструктаж з пожежної безпеки та знають порядок дій у разі виникнення пожежі.

Таким чином, впровадження комплексу організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів з охорони праці при будівництві 10-поверхового житлового будинку з монолітним каркасом у місті Рівне дозволяє забезпечити безпечні умови праці, знизити ризик виникнення нещасних випадків і професійних захворювань, а також сприяє ефективному та безперебійному виконанню будівельно-монтажних робіт відповідно до вимог чинного законодавства України.

## **Розділ 6. Наукова частина**

### **ЗЧЕПЛЕННЯ МЕТАЛЕВОЇ АРМАТУРИ РІЗНИХ ДІАМЕТРІВ КЛАСУ А500С З ВАЖКИМ БЕТОНОМ**

Зчеплення арматури з бетоном є однією з базових та визначальних властивостей залізобетону як конструкційного матеріалу. Саме рівень і характер цього зчеплення значною мірою зумовлюють несучу здатність, жорсткість і тріщиностійкість залізобетонних елементів. Надійна спільна робота бетону та арматури можлива лише за умови ефективної передачі зусиль між цими компонентами, що досягається завдяки механізмам зчеплення. Тому поглиблене експериментальне вивчення цього явища є необхідною передумовою раціонального та економічно доцільного використання залізобетону в сучасному будівництві.

Чим більша кількість експериментальних досліджень, виконаних з урахуванням різних конструктивних і технологічних чинників, тим повніше можна виявити закономірності роботи залізобетонних елементів і, відповідно, підвищити ефективність їх застосування. Розкриття механізмів процесів, що відбуваються у зонах активного зчеплення арматури з бетоном, можливе переважно експериментальним шляхом, оскільки аналітичні моделі не завжди здатні адекватно описати складну фізико-механічну природу цього явища.

Для експериментальних досліджень доцільно використовувати відносно прості зразки, зокрема центрально армовані бетонні призми або циліндри, у тому числі з попереднім напруженням арматури. Такі зразки зазвичай випробовують на осьовий розтяг або на висмикування арматурного стержня з бетонної маси. Разом з тим слід зазначити, що результати випробувань еталонних зразків не можуть повністю охопити весь спектр завдань, які виникають у реальній будівельній практиці. У зв'язку з цим, для отримання достовірної інформації щодо впливу різноманітних факторів - конструктивних, технологічних та силових - необхідно проводити дослідження не лише на стандартних зразках, але й на моделях, які адекватно відтворюють реальні умови роботи вузлів і елементів, а в окремих випадках - безпосередньо на натурних конструкціях.

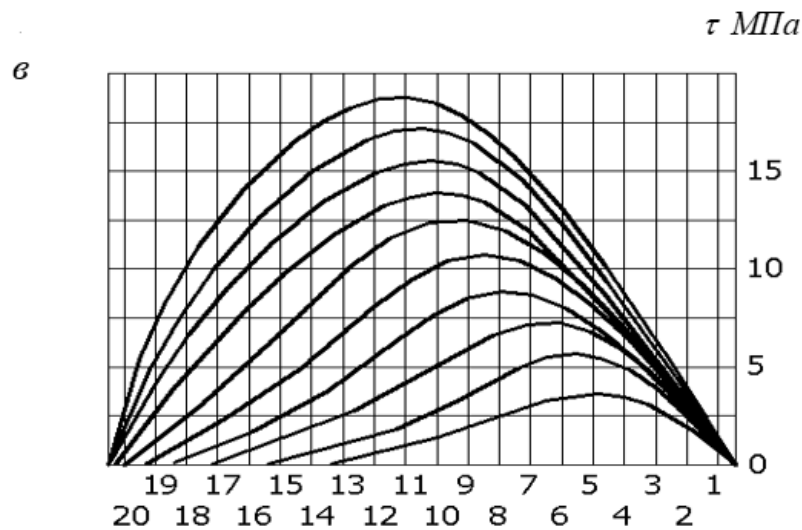
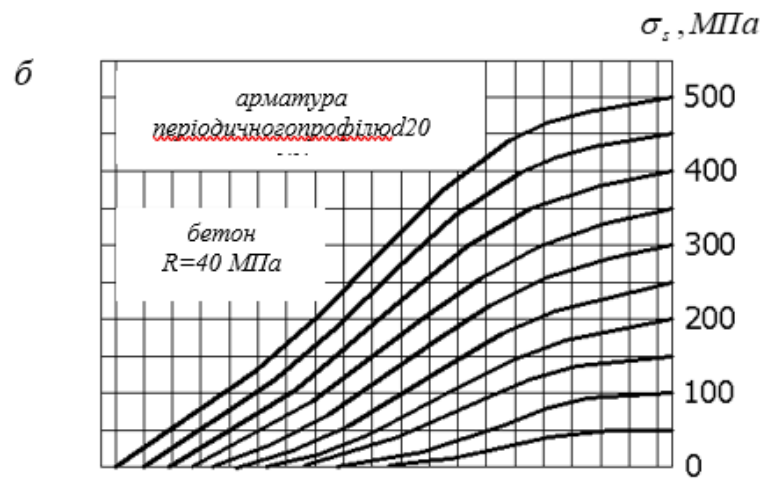
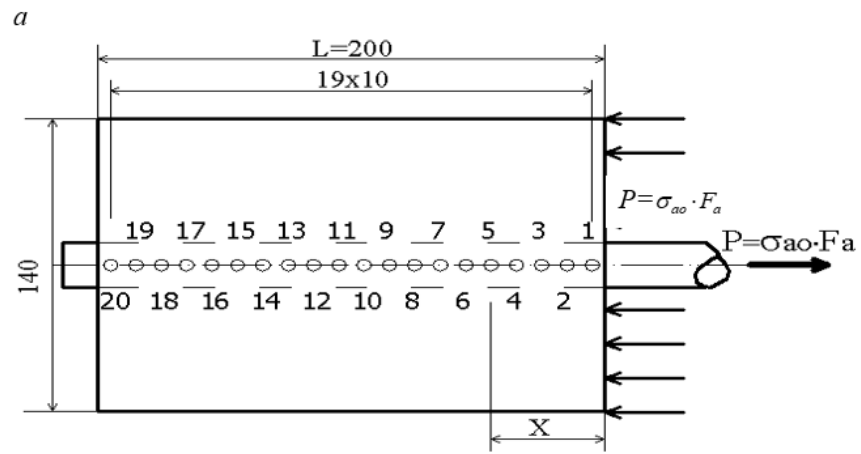


Рис. 6.1. Розподіл напружень в арматурному стержні та дотичних напружень зчеплення в зразку типу «на висмикування» (експериментальні дослідження виконані В. М. Цехмістровим, оброблення результатів здійснено за формулами Т. Гарай); цифрами на кривих позначено етапи поетапного зростання навантаження  $P$ .

Деформації арматури в процесі випробувань зазвичай вимірюють за допомогою тензометричних датчиків, які можуть бути встановлені як на поверхні стержнів, так і всередині них, а також із застосуванням механічних тензометрів. За умови коректної організації експерименту та достатньо щільного розміщення вимірювальних приладів, подальше графічне згладжування експериментальних даних дозволяє отримати досить надійні результати щодо розподілу деформацій уздовж арматури.

Водночас складною залишається проблема визначення граничних значень деформацій у торцях зразків, тобто кутів нахилу дотичних до епюр деформацій у цих зонах. Зазвичай у крайових ділянках бракує достатньої кількості експериментальних точок, що ускладнює точне відтворення початку та завершення епюри. Саме тому в наукових дослідженнях і досі відсутня єдина точка зору щодо достовірних значень ординат епюри деформацій у торцевих перерізах зразків.

Суттєвих позитивних результатів у напрямку зменшення металоємності залізобетонних конструкцій було досягнуто завдяки впровадженню попередньо напружених і тонкостінних елементів. Проте в сучасному будівництві частка конструкцій без попереднього напруження залишається надзвичайно значною. Однією з основних перешкод для ширшого застосування високоміцних сталей у таких елементах є істотне зростання ширини розкриття тріщин у процесі експлуатації. Для забезпечення необхідних вимог щодо жорсткості та тріщиностійкості в таких випадках виникає потреба у підвищенні рівня зчеплення арматури з бетоном.

Вагомий внесок у формування теорії зчеплення арматури з бетоном та розв'язання низки пов'язаних із цим наукових задач зробив В. Н. Байков. Міцність зчеплення арматури з бетоном зазвичай оцінюють за опором висмикуванню або вдавненню арматурних стержнів, замоноличених у бетоні.

Загалом міцність зчеплення визначається сукупною дією кількох основних чинників, а саме:

- механічним зачепленням бетонної матриці за виступи та ребра арматури періодичного профілю;
- силами тертя, що виникають на контактній поверхні металевої арматури з бетоном, зокрема внаслідок усадки бетонної суміші;
- адгезійною взаємодією, яка зумовлена клеючими властивостями цементного гелю та його здатністю зчіплюватися з поверхнею сталі.

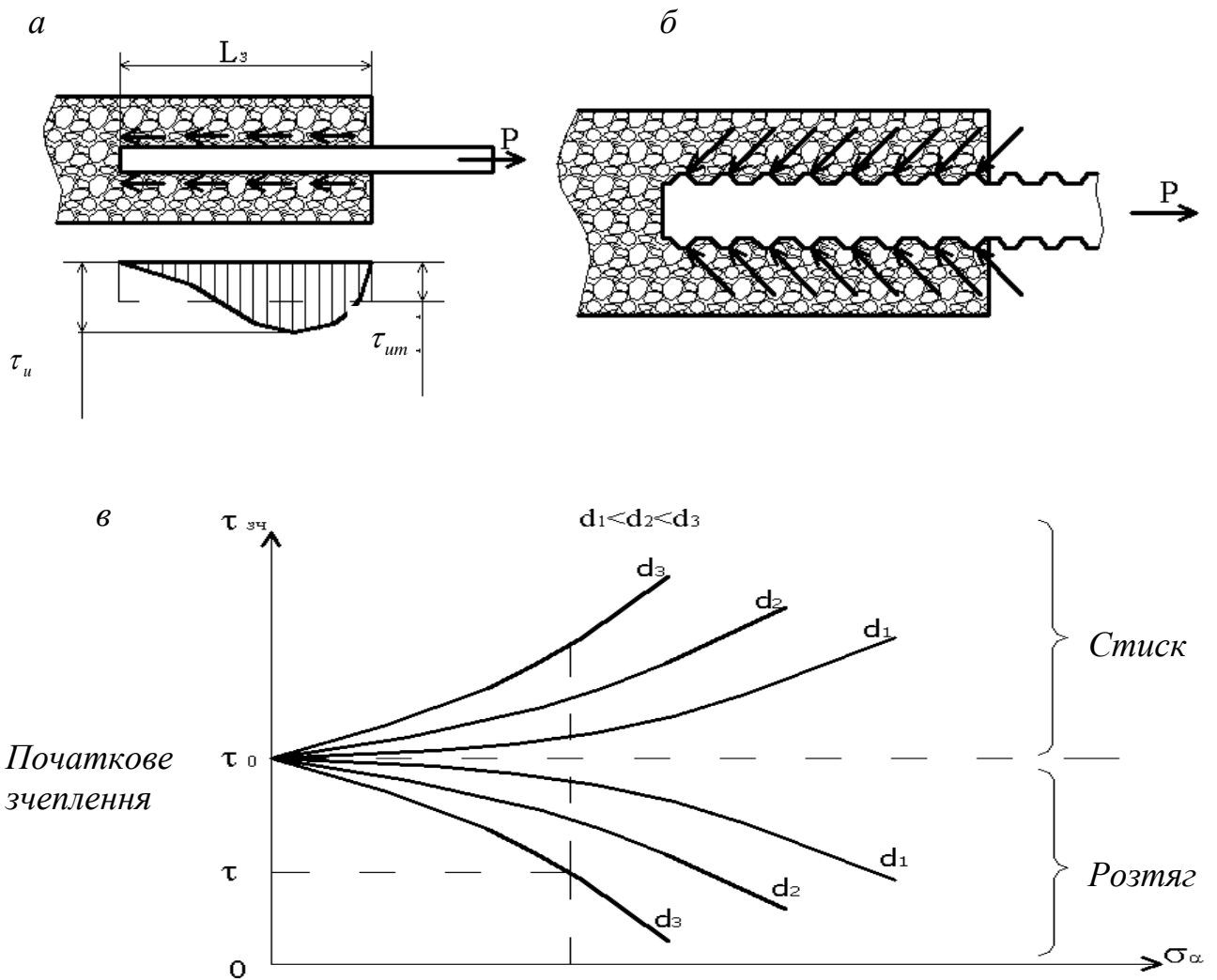


Рис. 6.2. Графіки зчеплення арматури і бетону

Механічне зачеплення арматури періодичного профілю з бетонною матрицею є визначальним чинником формування міцності зчеплення і забезпечує до 70–75 % загального опору ковзанню арматурного стержня в бетоні. У випадку застосування гладкої круглої арматури ефективність цього механізму суттєво знижується, внаслідок чого загальний опір ковзанню зменшується орієнтовно у 2–3 рази порівняно з арматурою періодичного профілю.

Результати численних експериментальних досліджень свідчать, що розподіл напружень зчеплення вздовж довжини анкерування арматурного стержня має виражено нерівномірний характер. При цьому максимальні значення напружень зчеплення не залежать від загальної довжини анкерування  $l_{ан}$ , а концентруються переважно в приопорних зонах. Середнє напруження зчеплення визначається як відношення зусилля, що діє в арматурному стержні, до площі його заанкерованої поверхні та обчислюється за формулою 6.1:

$$\tau_{um} = \frac{N}{l_{an} \cdot u}, \quad (6.1)$$

де  $N$  — зусилля в арматурному стержні;  
 $u$  — периметр поперечного перерізу стержня;  
 $l_{an}$  — довжина анкерування.

Для гладкої арматури за середніх класів міцності бетону (15...25 МПа) середні значення напружень зчеплення, як правило, перебувають у межах 2,5–4,0 МПа.

Міцність зчеплення арматури з бетоном зростає зі збільшенням проектного класу бетону, зі зменшенням водоцементного відношення та зі збільшенням віку бетону на момент навантаження. При цьому експериментально встановлено, що за умов вдавлення арматурного стержня в бетон опір зчепленню є істотно більшим, ніж у разі його висмикування. Це пояснюється додатковим опором бетонної оболонки поперечному розширенню стержня, який перебуває у стисненому стані. З огляду на це, при проектуванні залізобетонних елементів доцільно обмежувати діаметр розтягнутої арматури з метою підвищення ефективності зчеплення.

Довжина анкерування арматури в бетоні повинна забезпечувати відсутність подальшого переміщення незавантаженого (вільного) кінця стержня за умов тривалої дії навантажень. У зв'язку з цим одним із ключових критеріїв надійності зчеплення є величина напружень в арматурі на момент початку її відносного зміщення щодо бетону. Водночас безпосередньо виміряні переміщення вільного кінця стержня не завжди точно відображають момент початку ковзання, оскільки включають у себе також деформації бетону, зумовлені депланацією торця зразка та локальним змінанням бетонної структури під виступами періодичного профілю арматури.

У науковій практиці запропоновано декілька підходів до визначення початку відносного переміщення арматури в бетоні. Один з них передбачає прийняття за граничне навантаження такого зусилля, за якого зміщення ненавантаженого торця арматурного стержня досягає 0,2 мм. Інший підхід базується на аналізі приростів переміщень вільного кінця стержня, при цьому момент початку ковзання фіксується за відхиленням експериментальної залежності від лінійного характеру.

Вибір методики дослідження зчеплення арматури з бетоном визначається поставленими завданнями експерименту. Геометричні параметри, форма та типи дослідних зразків безпосередньо впливають на напружений стан елементів і характер перерозподілу напружень між арматурою та бетоном. Метод висмикування арматурного стержня з бетону, що не перебуває під дією

власних напружень, з теоретичної точки зору можна вважати найбільш коректним. Проте на практиці такий випадок трапляється рідко, оскільки в реальних залізобетонних конструкціях бетон, як правило, перебуває у стисненому або розтягнутому стані під дією експлуатаційних навантажень, які часто спрямовані перпендикулярно до осі арматурного стержня.

Під час вибору дослідних зразків вирішальне значення має напружений стан залізобетонних елементів та умови передачі і перерозподілу напружень між арматурою і бетоном. Обмежені геометричні розміри більшості залізобетонних елементів зумовлюють те, що при анкеруванні арматури розвиток пружно-пластичних і пластичних деформацій відбувається в локалізованому об'ємі бетону.

Експериментальні зразки виготовлялися у вигляді бетонних призм квадратного перерізу зі стороною 150 мм. Висота призм приймалася відповідно до довжини анкерування арматурних стержнів і становила  $5d$ , де  $d$  - діаметр стержня (Рис. 6.3). Арматурні стержні розміщувалися по осі призм таким чином, щоб їх поздовжні осі співпадали. Виступаючі частини стержнів з одного боку закріплювалися у захватах преса, а з іншого використовувалися для вимірювання переміщень вільного кінця відносно торця бетонної призми (рис. 6.4).

У позначенні дослідних зразків перше число відповідає проектуваному класу бетону, друге - діаметру арматурного стержня, наступні цифри - порядковому номеру зразка. Літера «к» вказувала на випробування зразків у режимі короткочасного одноразового навантаження. Міцнісні характеристики арматурних стержнів класу А500С визначалися шляхом їх випробування на розтяг у розривній машині відповідно до вимог чинних стандартів. Для різних діаметрів стержнів тимчасовий опір розриву змінювався в межах:  $\sigma_u = 641,5 \dots 673,5$  МПа, а умовна межа текучості –  $\sigma_{0,2} = 491,6 \dots 515,8$  МПа (табл. 2).

Таблиця 1. Об'єм експериментальних досліджень

Клас бетону	Діаметр стерж, мм	Довжина анкер, мм	К-сть зразків, шт.	Маркування зразків
С20/25	10	50	6	П-25/10к(п)-1,2,3
	14	70	6	П-25/14к(п)-1,2,3
	18	90	6	П-25/18к(п)-1,2,3
	22	110	6	П-25/22к(п)-1,2,3

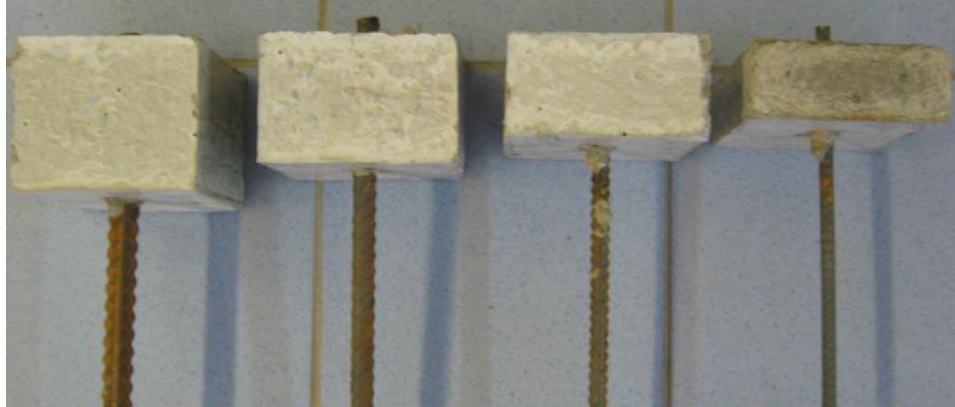


Рис.6.3. Вигляд дослідних зразків

Таблиця 6.2. Характеристики арматури

Діаметр, мм	S, см <sup>2</sup>	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$E_s$ , МПа	$\sigma_u$ , МПа
10	0,784	490,2	$1,89 \times 10^5$	646,8
14	1,538	503,6	$1,95 \times 10^5$	651,5
18	2,543	515,2	$2,19 \times 10^5$	671,5
22	3,804	3,801	$1,88 \times 10^5$	641,3

Таблиця 6.3. Механічні характеристики бетону

Клас бетону	$f_{cube}$ , МПа	$f_{prism}$ , МПа	$E_b$ , МПа
C20/25	29,4	20,8	23000

Експериментальні дослідження зчеплення арматури з бетоном проводилися методом осьового висмикування арматурного стержня з бетонної призми з використанням розривної гідравлічної машини типу УММ (рис. 6.4). Навантаження прикладалося ступінчасто з контролем його величини на кожному етапі випробування, що забезпечувало можливість детального аналізу процесу взаємодії арматури з бетонною матрицею на всіх стадіях навантаження - від початкової пружної роботи до початку ковзання стержня.

У процесі випробувань здійснювався безперервний контроль відносних переміщень (проковзувань) вільного кінця арматурного стержня відносно торця бетонної призми. Вимірювання переміщень виконувалися за допомогою

годинникового індикатора з ціною поділки 0,001 мм, що дозволяло фіксувати навіть незначні зміщення, характерні для початкової стадії втрати зчеплення.

Одночасно з реєстрацією переміщень проводилися вимірювання деформацій арматурного стержня. Для цього застосовувався механічний тензометр системи Гугенбергера з ціною поділки 0,001 мм, який забезпечував достатню точність визначення поздовжніх деформацій арматури під дією прикладеного навантаження. Отримані експериментальні дані використовувалися для побудови залежностей між зусиллям у стержні, деформаціями арматури та величиною її відносного проковзування в бетоні, що дало змогу комплексно оцінити характер і параметри зчеплення арматури з бетоном.



Рис. 6.4. Загальний вигляд випробовування зразків

У всіх дослідних зразках міцність бетону приймалася сталою, тоді як діаметри арматурних стержнів варіювалися і становили 10, 14, 18 та 22 мм. Відповідно до зміни діаметрів арматури змінювалася і висота бетонних призм, що забезпечувало різну довжину анкер стержнів у межах від 50 до 110мм.

Результати експериментальних досліджень показали, що зі збільшенням діаметра арматурних стержнів за однакового рівня прикладених напружень спостерігалася зростання величини проковзування вільного торця арматури.

Така закономірність свідчить про зменшення ефективності зчеплення арматури з бетоном при збільшенні її діаметра за незмінних умов анкерування.

Як граничний критерій працездатності анкерування було прийнято величину проковзування арматурних стержнів  $\delta_u = 0,2$  мм. Досягнення цієї граничної величини відбувалося при різних значеннях напружень у стержнях  $\sigma_{s0}$ , що залежали від їх діаметра (рис. 6.5). Максимальне значення напруження  $\sigma_{s0} = 132,8$  МПа при проковзуванні  $\delta_u = 0,2$  мм було зафіксовано у бетонних призмах типу П-25/16к. Для зразків П-25/10к, П-25/14к, П-25/18к та П-25/22 відповідні значення напружень склали 89,5; 123,8; 114,5 та 97,8 МПа.

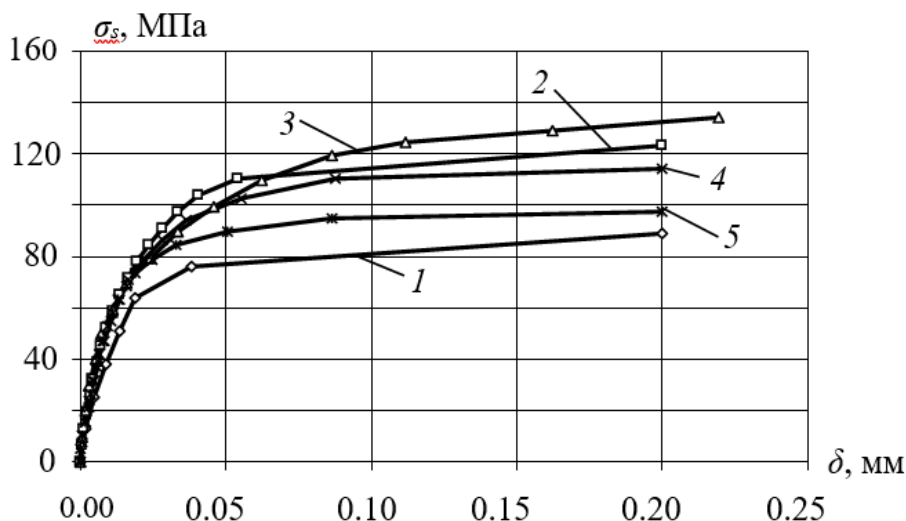


Рис. 6.5. Проковзування арматури залежно від навантажень

У ході експериментальних досліджень також було визначено середні значення максимальних дотичних напружень зчеплення  $\tau_{um}$ . При цьому дотичні напруження вважалися рівномірно розподіленими по всій довжині анкерування арматурного стержня, що дало змогу визначати їх за залежністю (6.2).

$$\tau_{um} = \sigma_{s0} A_s / (\pi d l_{an}), \quad (6.2)$$

Максимальні дотичні напруження зчеплення  $\tau_u$  були встановлені за формулою (6.2) з урахуванням впливу діаметра арматурних стержнів і можуть бути визначені за узагальненою залежністю (6.3).

$$\tau_{um} = 0,3 k_d R_b, \quad (6.3)$$

У зазначеній формулі введено коефіцієнт  $k_d$ , який враховує вплив діаметра арматури на величину максимальних дотичних напружень зчеплення та визначається відповідно до виразу (6.4).

$$k_d = 0,264d - 0,008d^2 - 1,176, \quad (6.4)$$

Коефіцієнт  $k_d$  рівний відношенню  $\sigma_{s0}$  для різних стержнів до  $\sigma_{s0}$  для стержнів діаметром 16 мм. У наших експериментальних дослідженнях значення  $k_d$  по стержнях 10, 14, 18 і 22 мм були відповідно рівними 0,68; 0,93; 0,86 і 0,74. У формулі (6.4) при  $d = 16$  мм  $k_d = 1,00$ .

Слід зазначити, що залежності (6.3) та (6.4) є справедливими для матеріалів та параметрів, близьких до використаних у наведених експериментальних дослідженнях, а саме для бетонів класів С12/15...С25/30, арматурних стержнів діаметром від 10 до 22 мм та довжини анкерування, що дорівнює приблизно  $5d$ . Для інших класів бетону або діаметрів арматури застосування наведених залежностей потребує проведення додаткових експериментальних досліджень.

Порівняльний аналіз впливу різних факторів на величину максимальних дотичних напружень показав, що визначальну роль у формуванні зчеплення арматури з бетоном відіграє профіль поперечного перерізу арматурного стержня. Саме геометричні параметри періодичного профілю арматури мають найбільший вплив на опір зсуву арматури відносно бетону порівняно з іншими конструктивними та технологічними чинниками.

Зчеплення арматурних стержнів періодичного профілю з бетоном визначається за висотою  $h$ , кроком  $t$  і геометричною формою самих виступів (рис. 6.7) та оцінюється коефіцієнтом відносної площі зім'яття  $f_R$ :

$$f_R = \gamma \frac{h}{t}, \quad (6.5)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт, що залежить від форм виступів і для арматури серповидного профілю  $\gamma = 0,5$  а для стержнів кільцевого профілю -  $\gamma = 0,9$ ; де  $h$  - це висота виступів;  $t$  - це крок виступів.

Для того, щоб визначити фактичні значення відносної площі зім'яття  $f_R$  та їх подальшого порівняння з нормованими показниками, встановленими ДСТУ 3760:2019, було виконано детальні заміри геометричних параметрів профілю арматурних стержнів дослідних зразків. Зокрема, визначалися основні характеристики поперечних виступів арматури, а саме їх висота  $h$  та крок  $t$ .

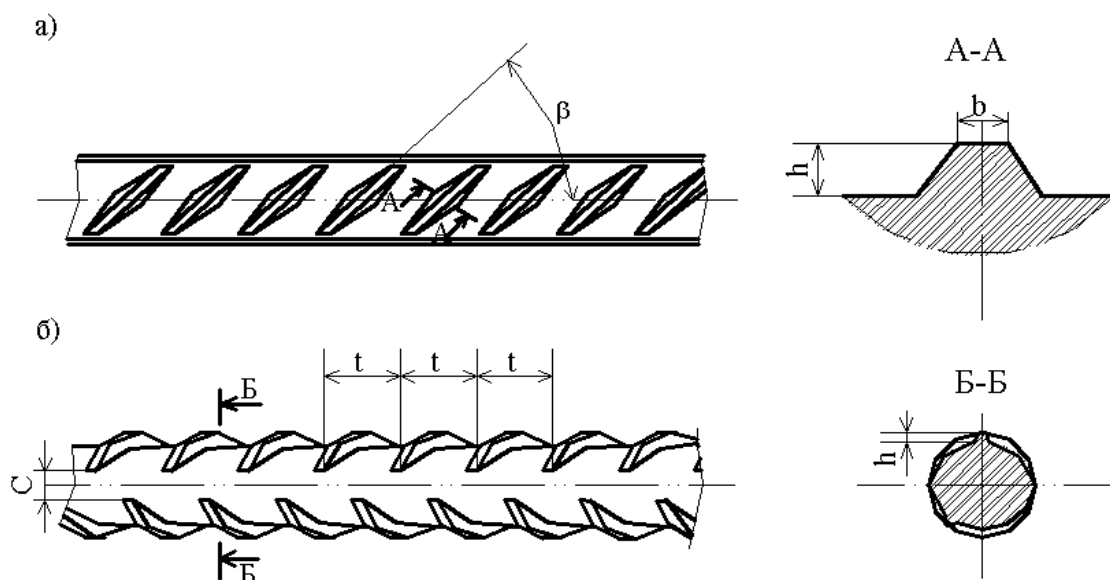


Рис. 6.7. Арматурний прокат серповидного профілю за ДСТУ 3760:2019:

$\beta$  - це кут нахилу поперечних виступів;  $d_n$  – це номінальний діаметр стержня;  
 $t$  – це крок поперечних виступів;  $K$  – це число виступів по периметру

На підставі отриманих експериментальних даних було здійснено розрахунок відносної площі зім'яття поперечних виступів арматури  $f_R$  приведено в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4

Результати параметрів стержнів і фактичних відносних площ зім'яття для поперечних виступів  $f_R$

№п/п	Діаметр зразків, мм	Результат вимірів		Необхідні значення		Відносні площі змінання, $f_R$	
		$h$ , мм	$t$ , мм	$H$ , мм не менше	$t$ , мм	фактична	необхідна не менше
1	10	0,94	7,5	0,70	5,5...7,5	0,065	0,056
2	14	1,28	8,8	0,94	7,5...9,0	0,075	0,056
3	16	1,54	10,4	1,12	8,1...11,0	0,082	0,056
4	18	1,65	11,8	1,45	9,5...12,2	0,076	0,056
5	22	1,76	13,5	1,52	11,3...13,9	0,076	0,056

Таким чином, досліджені арматурні стержні повністю відповідають вимогам чинного стандарту, що дає підстави вважати отримані експериментальні результати репрезентативними та такими, що можуть бути поширені на арматурний прокат відповідного типу і класу. На основі фактичних вимірювань усіх геометричних параметрів арматурних стержнів було визначено значення відносної площі зім'яття  $f_R$  для стержнів різних діаметрів. Наліз отриманих результатів показав, що максимальне значення відносної площі зім'яття характерне для арматурних стержнів діаметром 16 мм. Це підтверджує обґрунтованість прийняття стержнів зазначеного діаметра як базових у проведених експериментальних дослідженнях та подальших розрахункових залежностях.

### **Висновки.**

1. За результатами експериментальних досліджень встановлено, що максимальні напруження в арматурних стержнях  $\sigma_{s0} = 132,8$  МПа при  $\delta_u = 0,2$  мм досягали найбільшого значення 132,8 МПа у зразках зі стержнями діаметром 16 мм. Для зразків П-25/10к, П-25/14к, П-25/18к та П-25/22 відповідні значення напружень становили 89,3; 123,5; 114,4 та 97,5 МПа.

2. Встановлено, що величина максимальних дотичних напружень зчеплення арматури з бетоном істотно залежить від діаметра арматурних стержнів. Для врахування цього впливу доцільно використовувати додатковий коефіцієнт  $k_d$ , який визначається за залежністю (6.4) та узагальнює результати експериментальних спостережень.

3. Запропоновані розрахункові залежності (6.3) та (6.4) можуть бути використані для інженерного розрахунку анкерування арматурних стержнів періодичного профілю в бетоні за умов, близьких до досліджених у роботі, з урахуванням діаметра арматури та прийнятих характеристик матеріалів.

4. Аналіз геометричних параметрів профілю арматурних стержнів показав, що найбільше значення відносної площі зім'яття відповідає стержням діаметром 16 мм. Це підтверджує обґрунтованість вибору зазначеного діаметра як базового при проведенні експериментальних досліджень і подальшому узагальненні результатів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво в сейсмічних районах України.
3. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення.
4. ДБН В.2.6-160:2010. Сталеві конструкції.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи.
6. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель.
7. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови.
8. ДСТУ Б EN 1992-1-1:2010. Єврокод 2. Проектування залізобетонних конструкцій.
9. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010. Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій.
10. ACI 318. Building Code Requirements for Structural Concrete.
11. Барашиков А. Я. Залізобетонні конструкції. — К.: Вища школа, 2004.
12. Павліков А. М. Залізобетонні конструкції будівель і споруд. — Харків: ХНУБА, 2011.
13. Голишев А. Б. Проектування залізобетонних конструкцій. — К.: КНУБА, 2008.
14. Хоменко О. Г. Залізобетонні конструкції. Навчальний посібник. — Львів: Світ, 2010.
15. Гнідець Б. Г. Монолітні та збірно-монолітні конструкції будівель. — К.: Будівельник, 2006.
16. Клімов Ю. А. Проектування монолітних залізобетонних конструкцій багатоповерхових будівель. — К.: КНУБА, 2012.
17. Шмуклер В. С. Конструкції будівель із монолітного залізобетону. — Харків: ХНУБА, 2009.
18. Невілл А. М. Властивості бетону. — К.: Основа, 2007.
19. Фіб — Model Code for Concrete Structures 2010.
20. Mosley V., Bungey J., Hulse R. Reinforced Concrete Design. — Palgrave Macmillan, 2012.
21. Основи та фундаменти. Навчальний посібник для будівельних спеціальностей. — К.: КНУБА, 2010.
22. Городецький О. С. Розрахунок та проектування фундаментів. — К.: Будівельник, 2008.
23. Організація будівництва. Підручник. — К.: КНУБА, 2011.

24. Технологія бетонних та залізобетонних робіт. Навчальний посібник. — К.: Основа, 2009.
25. Опалубні системи в монолітному будівництві. — К.: Будівельник, 2014.
26. Пожежна безпека будівель і споруд. Навчальний посібник. — К.: Основа, 2012.
27. Енергоефективність житлових будівель. Монографія. — Львів: НУ «Львівська політехніка», 2016.
28. Архітектурно-планувальні рішення житлових будинків. — К.: КНУБА, 2013.
29. Містобудування та забудова територій. Підручник. — К.: Основа, 2015.
30. Інженерні мережі та обладнання житлових будівель. — К.: КНУБА, 2012.
31. Методичні вказівки до виконання магістерської роботи для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». - Луцьк: ЛНТУ.
32. ДСТУ та ресурсні елементні кошторисні норми України у будівництві.
33. Мадатян С.А. Нові матеріали і технології арматурних робіт в монолітних залізобетонних конструкціях / Мадатян С.А. // Будівельні матеріали , обладнання, технології ХХІ ст. – М., 2016. – №7. – С. 62-63.

