

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»  
БУДІВНИЦТВО БАГАТОПОВЕРХОВОГО ЖИТЛОВОГО  
БУДИНКУ з ПРИМІЩЕННЯМИ ГРОМАДСЬКОГО  
ПРИЗНАЧЕННЯ в с. ЛИПИНИ ЛУЦЬКОГО Району  
ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

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  
**ГОЛОВЕНКО Олександр Іванович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
**УЖЕГОВА Ольга Анатоліївна**

\_\_\_\_\_  
(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

\_\_\_\_\_ ГОЛОВЕНКУ Олександрю Івановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ БУДІВНИЦТВО БАГАТОПОВЕРХОВОГО  
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ з ПРИМІЩЕННЯМИ ГРОМАДСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ  
в с. ЛИПИНИ ЛУЦЬКОГО Району ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Ольга УЖЕГОВА, 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 з/б плити перекриття та монолітної  
фундаментної плити

Визначення номенклатури та об'ємів робіт; вибір методів виконання робіт; вибір кранів;  
складання календарного плану або сіткового графіка будівництва; проєктування бюджетного  
об'єкта, розробка технологічної карти на влаштування з/б монолітного фундаменту

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 проєкту, включає проєкт виконання робіт, будівельний генеральний план, календарний або сітковий графік зведення об'єкту, технологічна карта.

Наукова частина (подача графічного матеріалу необмежена)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи:

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

Олександр ГОЛОВЕНКО  
(ім'я та прізвище)

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

Ольга УЖЕГОВА  
(ім'я та прізвище)

## РЕЗЮМЕ

Кваліфікаційна робота на тему: «Будівництво багатоповерхового житлового будинку з приміщеннями громадського призначення в с. Липини Луцького району Волинської області». Складається із шести розділів, літератури та додатків.

Будівля складається з двох блоків, розділених деформаційним швом, але об'єднаних композиційно і технологічно:

Блок А: трьохповерхова монолітна будівля з висотою поверху 3,6 м.

Блок Б: дев'ятиповерхова монолітна будівля з висотою поверху 3,0 м.

На позначках  $-3,600$ ;  $0,000$ ;  $+3,600$  розташовані торгові, технологічні та адміністративні приміщення. З третього поверху розміщені житлові квартири: 4 двокімнатні, 2 однокімнатні та 2 трикімнатні. Для транспортування пасажирів передбачено ліфти вантажопідйомністю 400 кг та дві сходові клітки. Будівля має п'ять входів: один основний, два бокових і два пожежних. Загальна висота – 35,4 м.

Каркас будівлі – монолітний, просторову жорсткість забезпечують колони, діафрагми жорсткості та перекриття. Фундаменти – монолітні суцільні з дрібнозернистого бетону С16/20, глибина закладання 4,4 м. Колони –  $\varnothing 450-300$  мм, перекриття – монолітні плити товщиною 190 мм.

Зовнішні стіни – цегляні 380 мм, утеплені мінераловатними плитами 200 мм та оздоблені штукатуркою і фарбою. Внутрішні перегородки – цегляні 120–250 мм. Покрівля плоска, двошарова рулонна з пінополістирольним утеплювачем 200 мм, з внутрішнім і зовнішнім водовідведенням.

Розрахунки виконані у програмі МОНОМАХ. Плити перекриття товщиною 190 мм армовано  $\varnothing 10$  А400С у двох напрямках, додатково  $\varnothing 12$  А400С над колонними зонами. Фундаментна плита армована  $\varnothing 16$  А400С з додатковим поперечним армуванням  $\varnothing 10-14$  мм у зонах максимальних навантажень.

Технологічно фундаментну плиту монтують протягом 10,5 днів комплексною бригадою за допомогою баштового крана та бадді. Фактична тривалість будівництва – 850 днів (норма – 950 днів). Середня чисельність робітників – 45, максимальна – 86.

Будгенплан включає проектувану будівлю, тимчасові споруди, дороги, інженерні мережі та зону дії баштового крана КБ-100.3. Локальний кошторис на загально-будівельні роботи – понад 51 млн грн.

Наукова частина досліджує порівняння способів з'єднання арматури.

Ключові слова: способи з'єднання арматури, внахлест, зварні з'єднання, обтискні муфти.

## SUMMARY

The master's thesis is titled: “Construction of a Multi-Storey Residential Building with Public Facilities in the village of Lypyny, Lutsk District, Volyn Region.” The work consists of six chapters, references, and appendices.

The building consists of two blocks separated by an expansion joint but integrated compositionally and technologically:

- **Block A:** three-storey monolithic building with a floor height of 3.6 m.
- **Block B:** nine-storey monolithic building with a floor height of 3.0 m.

At the levels  $-3.600$ ;  $0.000$ ;  $+3.600$ , commercial, technological, and administrative premises are located. From the third floor, residential apartments are arranged: 4 two-room, 2 one-room, and 2 three-room units. Passenger transport is provided by elevators with a 400 kg capacity and two staircases. The building has five entrances: one main, two side, and two emergency. The total height is 35.4 m.

The building frame is monolithic; structural rigidity is ensured by reinforced concrete columns, shear walls, and slabs. Foundations are solid monolithic reinforced concrete, class C16/20, with a depth of 4.4 m. Columns –  $\text{Ø}450\text{--}300$  mm; slabs – 190 mm thick monolithic reinforced concrete.

External walls are brick, 380 mm thick, insulated with 200 mm mineral wool boards, finished with plaster and waterproof paint. Internal partitions are brick, 120–250 mm thick. The roof is flat, two-layer rolled, with 200 mm polystyrene insulation and internal and external drainage.

Structural calculations were performed using MONOMAKH software. Floor slabs (190 mm) are reinforced with  $\text{Ø}10$  A400S bars in two directions; additional  $\text{Ø}12$  A400S reinforcement is placed above columns. The foundation slab is reinforced with  $\text{Ø}16$  A400S bars, with additional transverse reinforcement  $\text{Ø}10\text{--}14$  mm in high-stress zones.

Technologically, the foundation slab is installed within 10.5 days by a comprehensive team using a tower crane and concrete bucket. Actual construction duration – 850 days (standard – 950 days). Average workforce – 45, maximum – 86.

The construction site plan includes the building, temporary structures, roads, engineering networks, and the working zone of the tower crane KB-100.3. The local estimate for general construction works is over 51 million UAH.

The scientific part examines the comparison of reinforcement connection methods.

**Keywords:** reinforcement connection methods, lap joints, welded connections, mechanical couplers.

## ЗМІСТ

	Вступ	7
	Вихідні дані проекту	8
<b>Розділ 1.</b>	<b>Архітектурно-будівельна частина</b>	<b>9</b>
1.1.	Об'ємно-планувальне рішення	9
1.2.	Архітектурно-конструктивне рішення	10
1.3.	Інженерні мережі	12
1.4.	Будівельна фізика. Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни і покрівлі	16
1.5.	Техніко-економічні показники	19
<b>Розділ 2.</b>	<b>Розрахунково-конструктивна частина</b>	<b>20</b>
2.1.	Проектування багатопверхової житлової будівлі і програмі КОМПОНОВКА	20
2.2.	Розрахунок і конструювання монолітної з/б плити перекриття	28
2.3.	Розрахунок і конструювання монолітної фундаментної плити	33
<b>Розділ 3.</b>	<b>Технологія і організація будівельного виробництва</b>	<b>42</b>
3.1.	Визначення номенклатури та об'ємів робіт	42
3.2.	Вибір монтажних кранів	45
3.3.	Розробка технологічної карти на влаштування з/б монолітного фундаменту	47
3.3.	Складання календарного графіка виконання робіт	50
3.4.	Проектування буд генплану об'єкта	51
<b>Розділ 4.</b>	<b>Економіка будівництва</b>	<b>52</b>
4.1.	Пояснювальна записка до економічної частини проекту	52
4.2.	Локальний кошторис на загально будівельні роботи в додатку 1	52
<b>Розділ 5.</b>	<b>Охорона праці</b>	<b>53</b>
<b>Розділ 6.</b>	<b>Наукова частина</b>	<b>55</b>
	Порівняння видів з'єднань арматури	55
<b>Література</b>		<b>91</b>

## ВСТУП

Житлове будівництво в Україні впродовж останніх років відбувається в складних соціально-економічних умовах, зумовлених повномасштабною війною, внутрішньою міграцією населення, руйнуванням житлової та громадської інфраструктури, а також загальним старінням існуючого житлового фонду. Воєнні дії призвели до значних втрат житла у східних, південних та північних регіонах країни, що спричинило зростання потреби у новому, безпечному та якісному житлі, особливо в відносно стабільних регіонах Західної України. Волинська область, зокрема Луцький район, стала одним із регіонів, що прийняв значну кількість внутрішньо переміщених осіб, що суттєво посилює навантаження на місцевий житловий фонд.

Паралельно з цим в Україні зберігається проблема фізичного та морального зносу житлових будинків, зведених у 60–80-х роках ХХ століття. Багато з них перебувають у незадовільному технічному стані, мають низький рівень енергоефективності, застарілі інженерні системи та не відповідають сучасним вимогам до комфорту і безпеки проживання. Відсутність достатнього фінансування на капітальні ремонти та реконструкцію лише поглиблює цю проблему. У таких умовах нове будівництво стає одним із ключових шляхів оновлення житлового фонду та забезпечення населення належними житловими умовами.

Сучасні тенденції містобудування передбачають раціональне використання територій, ущільнення забудови та поєднання житлових і громадських функцій у межах одного об'єкта. Зведення багатоповерхових житлових будинків із вбудованими приміщеннями громадського призначення дозволяє створити комфортне середовище проживання, зменшити транспортні потреби мешканців і забезпечити доступність базових сервісів. Такі об'єкти особливо актуальні для приміських населених пунктів, які активно розвиваються та інтегруються в міську агломерацію.

У цьому контексті будівництво багатоповерхового житлового будинку з приміщеннями громадського призначення в селі Липини Луцького району Волинської області є актуальним та економічно обґрунтованим. Село Липини розташоване поблизу міста Луцька та характеризується активним житловим розвитком, зростанням чисельності населення і попитом на сучасне житло. Проектом передбачається зведення 10-поверхового житлового будинку, який поєднує житлові приміщення з об'єктами громадського обслуговування, що сприятиме підвищенню якості життя мешканців та розвитку території.

## ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЄКТУ

### Характеристика району будівництва

Запроєктований об'єкт розміщується на території села Липини Луцького району Волинської області. Відповідно до кліматичного районування України дана місцевість належить до I кліматичного району, для якого характерний помірно-континентальний клімат з помірними температурними коливаннями протягом року та достатньою кількістю атмосферних опадів.

Згідно з вимогами ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи. Норми проєктування», район будівництва віднесено до II снігового району. Розрахункове значення ваги снігового покриву для цієї території приймається рівним 1,2 кПа, що враховується при проєктуванні покриття та несучих конструкцій будівлі.

За вітровими характеристиками місцевість належить до II вітрового району. Нормативне значення вітрового тиску становить 0,38 кПа, що відповідає швидкісному натиску повітря 0,38 кПа та використовується при визначенні вітрових навантажень на будівлю.

Кліматичні умови району зумовлюють необхідність врахування глибини промерзання ґрунтів. Нормативна глибина промерзання ґрунту для села Липини складає 1,0 м, що є визначальним параметром при виборі типу та закладання фундаментів.

Температурний режим району будівництва характеризується такими показниками: абсолютна максимальна температура повітря досягає +36 °С, що враховується при розрахунках температурних деформацій конструкцій. Температура найбільш холодної доби з імовірністю 0,98 становить -32 °С, а відповідна п'ятиденка -28 °С. За забезпеченістю 0,92 температура найхолоднішої доби дорівнює -30 °С, а найхолоднішої п'ятиденки -26 °С. У літній період температура найжаркішої доби з забезпеченістю 0,95 досягає +32 °С, а найжаркішої п'ятиденки +28 °С.

Аналіз метеорологічних умов показує, що переважаючим напрямом вітру в літній період є західний, тоді як у зимовий час північно-західний, що враховується при орієнтації будівлі та проєктуванні огорожувальних конструкцій.

Проєктні рішення розроблено з урахуванням виконання основних будівельно-монтажних робіт у літній період, що забезпечує оптимальні умови для зведення будівлі та дотримання технологічних процесів.

## Розділ 1

### 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

#### 1.1 Об'ємно-планувальне рішення

Архітектурно-будівельні рішення багатоповерхового житлового будинку з приміщеннями громадського призначення розроблені відповідно до завдання на проєктування та з урахуванням чинних будівельних норм і правил. Основною метою прийнятих рішень є створення функціонально зручної, безпечної та комфортної будівлі, яка гармонійно поєднує житлову і громадську функції та відповідає сучасним вимогам до житлової забудови.

Запроєктована будівля складається з двох конструктивно самостійних блоків, розділених деформаційним швом. Таке рішення забезпечує надійність експлуатації будівлі, компенсацію температурних та осадкових деформацій, а також підвищує довговічність конструкцій. Водночас обидва блоки поєднані між собою композиційно та технологічно, що формує єдиний архітектурний образ об'єкта.

Блок А являє собою триповерхову монолітну будівлю з висотою поверхів 3,6 м. У цьому блоці запроєктовані приміщення громадського призначення, які забезпечують торговельну та обслуговуючу функції. На планах відміток  $-3.600$ ;  $0.000$ ;  $+3.600$  розміщені торгові зали, технологічні приміщення, а також адміністративні та допоміжні приміщення, необхідні для повноцінного функціонування об'єктів торгівлі. Планувальні рішення виконані з урахуванням зручності відвідувачів, логістики руху персоналу та вимог пожежної безпеки.

Блок Б - дев'ятиповерхова монолітна будівля з висотою поверхів 3,0 м, призначена для розміщення житлових квартир. Починаючи з третього поверху в осях «А-Б» запроєктована житлова частина будинку. На типовому житловому поверсі передбачено вісім квартир, з яких: чотири двокімнатні, дві однокімнатні та дві трикімнатні. Таке співвідношення квартир забезпечує різноманітність житлового фонду та відповідає потребам різних категорій мешканців. Планування квартир виконане з урахуванням вимог інсоляції, зручного функціонального зонування та нормативних площ житлових і допоміжних приміщень.

Для забезпечення вертикального зв'язку між поверхами та зручності пересування мешканців і відвідувачів у будівлі передбачено пасажирський ліфт вантажопідйомністю 800 кг, а також дві сходові клітки, які виконують функцію основних та евакуаційних шляхів. Вертикальне транспортування вантажів здійснюється вантажним ліфтом вантажопідйомністю 800 кг.

Доставка вантажів до будівлі організована автомобільним транспортом, для чого передбачено два заїзди з пандусами, що забезпечує зручність експлуатації торгових приміщень.

Проектом запроєктовано п'ять входів-виходів: один головний парадний вхід, орієнтований на основний фасад будівлі, два бокових входи та два пожежні виходи, що відповідає вимогам безпеки та функціонального зонування. Загальна висота будівлі становить 35,4 м.

Експлікація приміщень складена в табличній формі та наведена на відповідних кресленнях (листи 1, 2), що дозволяє детально проаналізувати функціональне наповнення будівлі та обґрунтувати прийняті об'ємно-планувальні рішення.

## **1.2. Архітектурно-конструктивне рішення**

Архітектурно-конструктивні рішення багатопверхового житлового будинку з приміщеннями громадського призначення прийняті з урахуванням функціонального призначення будівлі, умов району будівництва, вимог чинних нормативних документів, а також забезпечення надійності, довговічності та безпечної експлуатації об'єкта. Конструктивна схема будівлі забезпечує сприйняття всіх постійних і тимчасових навантажень та їх передачу на основу з мінімальними деформаціями.

У конструктивному відношенні запроєктована будівля являє собою каркасну монолітну споруду, що складається з двох частин - трьохповерхової та дев'ятиповерхової, розділених деформаційним швом. Прийнята каркасна система дозволяє отримати гнучкі планувальні рішення, забезпечує рівномірний розподіл навантажень і є доцільною для будівель середньої та підвищеної поверховості. Максимальний крок колон у будівлі становить 6,0 м, що відповідає архітектурно-планувальним вимогам та економічним показникам будівництва.

Фундаменти під колони та несучі стіни запроєктовані монолітними суцільними плитами з дрібнозернистого важкого бетону класу С16/20. Прийняті такі габаритні розміри фундаментних плит: ФП-1 - 41,32 × 41,32 м, ФП-2 - 37,96 × 11,9 м. Глибина закладання фундаментів становить -4,4 м, що забезпечує розміщення підошви нижче рівня промерзання ґрунту та сприяє надійній роботі будівлі в складних геотехнічних умовах. Суцільні плитні фундаменти рівномірно передають навантаження на основу та зменшують нерівномірні осідання.

Несучий каркас будівлі виконано з монолітного залізобетону. Колони запроєктовані круглого перерізу діаметром Ø450 мм, Ø400 мм, Ø350 мм та

Ø300 мм, залежно від поверховості та величини навантажень. Таке диференціювання перерізів дозволяє оптимізувати витрати матеріалів без зниження надійності конструкцій.

Перекрыття в будівлі виконані у вигляді монолітних залізобетонних плит з дрібнозернистого важкого бетону класу С16/20. Перекрыття передбачені на відмітках 0,000 м; +3,600 м; +7,200 м; +10,200 м +19,200 м; +22,200 м; +25,500 м; +28,800 м. Товщина плит перекрыття як у трьохповерховій, так і у дев'ятиповерховій частині будівлі становить 220 мм, що забезпечує необхідну несучу здатність, жорсткість і звукоізоляцію між поверхами.

Несучі конструкції покриття обох частин будівлі також виконані у вигляді монолітної залізобетонної плити товщиною 190 мм з бетону класу С16/20. Прийняте конструктивне рішення покриття забезпечує стійкість будівлі, просторову жорсткість каркасу та можливість розміщення необхідних інженерних елементів.

Зовнішні огорожувальні конструкції виконані з цегляної кладки товщиною 380 мм. Для підвищення теплозахисних властивостей будівлі зовнішні стіни утеплюються мінераловатними плитами товщиною 80 мм з подальшим нанесенням штукатурного шару та фарбуванням фасадними водостійкими фарбами. Таке рішення відповідає сучасним вимогам з енергоефективності та сприяє зменшенню тепловтрат у процесі експлуатації будівлі.

Внутрішні перегородки запроектовані з цегли товщиною 120 мм та 250мм залежно від функціонального призначення приміщень та вимог до звукоізоляції. Перемички над віконними та дверними прорізами передбачені збірними залізобетонними.

Покрівля будівлі - плоска, рулонна, виконана з чотирьох шарів руберойду на бітумній мастиці. Захисний шар передбачений з гравію, втопленого в бітумну мастику, що підвищує довговічність покрівельного килима та захищає його від механічних і кліматичних впливів. Конструкція покрівлі прийнята з урахуванням нормативних вимог ДБН В.2.6-14-97 щодо ухилів та навантажень.

Вертикальні комунікації будівлі включають внутрішні сходові клітки, обладнані залізобетонними маршами та площадками, що забезпечують безпечну евакуацію людей у разі надзвичайних ситуацій.

Віконні блоки прийняті металопластикові, двері - вітражні, металопластикові та ламіновані відповідно до функціонального призначення приміщень. Специфікація вікон, вітражів та дверей наведена у відповідних таблицях.

Підлоги в будівлі запроєктовані залежно від призначення приміщень та експлуатаційних вимог і виконуються з мозаїчного бетону, керамічної плитки та штучного паркету

Навколо будівлі передбачена відмостка з бруківки товщиною 60 мм і шириною 1000 мм, що забезпечує відведення поверхневих вод від фундаментів та їх захист від зволоження.

Внутрішнє оздоблення приміщень виконується шляхом штукатурення стін шаром товщиною 30 мм з подальшим декоративним оздобленням відповідно до призначення приміщень. Зовнішнє оздоблення будівлі поєднує теплоізоляційні та декоративні функції, формуючи сучасний архітектурний вигляд об'єкта та забезпечуючи його довговічність.

### **1.3. Інженерні мережі**

#### **Водопостачання**

Система водопостачання запроєктована з урахуванням функціонального призначення будівлі, кількості мешканців і відвідувачів громадських приміщень, а також вимог чинних нормативних документів. Прийняті інженерні рішення забезпечують надійне, безперебійне та економічно доцільне постачання води належної якості для господарсько-питних і протипожежних потреб.

Джерелом водопостачання будівлі є централізована система водопроводу. Підключення здійснюється до існуючих зовнішніх водопровідних мереж із забезпеченням необхідного розрахункового тиску та витрат води. Якість води, що подається до будівлі, відповідає вимогам санітарних норм для господарсько-питного водопостачання. Ввід водопроводу запроєктовано з урахуванням можливості обліку води та проведення технічного обслуговування.

Внутрішня система водопостачання передбачає господарсько-питне та протипожежне водопостачання. Для забезпечення потреб мешканців і персоналу громадських приміщень у будівлі запроєктовано окремі стояки холодного та гарячого водопостачання. Розведення трубопроводів виконане з урахуванням компактності планувальних рішень та зручності експлуатації.

Холодне водопостачання здійснюється по внутрішніх мережах від вводу в будівлю до санітарно-технічних приладів житлових квартир і приміщень громадського призначення. Для стабільної подачі води на верхні поверхи десятиповерхової будівлі передбачено використання підвищувальної насосної установки, яка забезпечує необхідний напір у системі при пікових витратах води. Насосне обладнання підбирається з урахуванням

енергоефективності, надійності та можливості автоматичного регулювання режимів роботи.

Гаряче водопостачання запроектовано централізованим і здійснюється від джерела тепlopостачання будівлі з використанням теплообмінного обладнання. Температурний режим гарячої води прийнятий відповідно до нормативних вимог, що забезпечує комфортні умови користування та санітарну безпеку. Трубопроводи гарячого водопостачання передбачені з теплоізоляцією для зменшення тепловтрат і запобігання утворенню конденсату.

Для забезпечення пожежної безпеки будівлі внутрішнє протипожежне водопостачання передбачає встановлення пожежних кранів на сходових клітках, що забезпечують можливість подачі води на гасіння пожежі на кожному поверсі. Система розрахована на одночасну роботу пожежних струменів відповідно до вимог норм.

Запроектована система водопостачання забезпечує безперебійну подачу води, зручність експлуатації, можливість технічного обслуговування та відповідає сучасним вимогам до інженерного обладнання житлових будівель.

### **Водовідведення**

Система внутрішнього водовідведення будівлі призначена для організованого та безпечного відведення побутових стічних вод від санітарно-технічних приладів житлових квартир і приміщень громадського призначення. Запроектована каналізаційна мережа забезпечує надійну роботу санітарних вузлів та відповідає вимогам чинних будівельних і санітарних норм.

До складу внутрішньої каналізаційної системи входять горизонтальні відвідні трубопроводи, вертикальні каналізаційні стояки, випуски з будівлі, а також елементи для технічного обслуговування мережі, зокрема ревізії та прочищення. Для стабільної роботи системи передбачені вентиляційні елементи, які запобігають утворенню розрідження в трубопроводах і забезпечують збереження водяних затворів санітарних приладів.

Вертикальні каналізаційні стояки формують основу внутрішньої мережі водовідведення. Вони проходять через усі поверхи будівлі та виконують функцію збору стічних вод з квартир і громадських приміщень із подальшим транспортуванням їх у нижню частину будівлі. Стояки спроектовані з урахуванням рівномірного навантаження та зручності підключення санітарно-технічних приладів.

Відведення стічних вод за межі будівлі здійснюється через каналізаційні випуски, які підключаються до проєктованих колодязів дворової

каналізаційної мережі. Далі стоки по зовнішньому трубопроводу транспортуються до існуючого колодязя міської системи каналізації, що забезпечує централізоване відведення та очищення стічних вод. Таке рішення дозволяє інтегрувати проєктовану будівлю в існуючу інженерну інфраструктуру населеного пункту.

Для влаштування внутрішніх каналізаційних мереж прийнято поліпропіленові каналізаційні труби, які характеризуються високою корозійною стійкістю, гладкою внутрішньою поверхнею та тривалим строком експлуатації. Використання даного матеріалу зменшує ризик утворення засмічень, спрощує монтажні роботи та забезпечує надійну роботу системи протягом усього терміну експлуатації будівлі.

Запроєктована система водовідведення гарантує ефективне відведення стічних вод, зручність технічного обслуговування та відповідає сучасним вимогам до інженерного обладнання багатопверхових житлових будівель.

### **Опалення**

Система опалення багатопверхового житлового будинку з приміщеннями громадського призначення запроєктована з метою забезпечення нормативного температурного режиму у всіх приміщеннях у холодний період року. Прийняті інженерні рішення відповідають вимогам чинних нормативних документів та забезпечують енергоефективну, надійну й зручну в експлуатації роботу системи.

У будівлі передбачено водяну двотрубну систему опалення з примусовою циркуляцією теплоносія. Така схема дозволяє підтримувати стабільну температуру в приміщеннях, забезпечує рівномірний розподіл тепла та спрощує індивідуальне регулювання тепловіддачі нагрівальних приладів. Розведення трубопроводів виконане за горизонтальною схемою, що є доцільним для багатопверхових житлових будинків і полегшує балансування системи.

Як теплоносієм у системі опалення використовується вода, температурні параметри якої прийняті відповідно до розрахункових умов: температура подачі  $T_1 = 95$  °С, температура зворотної лінії  $T_2 = 70$  °С. Зазначені параметри забезпечують ефективну роботу нагрівальних приладів та відповідають вимогам теплотехнічних розрахунків.

Для обігріву приміщень житлової та громадської частин будівлі передбачено встановлення панельних сталевих радіаторів типу С торгової марки PURMO. Дані нагрівальні прилади характеризуються високою тепловіддачею, компактними розмірами, сучасним зовнішнім виглядом і

зручністю монтажу, що робить їх доцільними для використання в житлових будівлях.

Регулювання температури повітря в приміщеннях здійснюється за допомогою термостатичних клапанів типу «HERZ», встановлених на підвідних трубопроводах до радіаторів. Застосування термостатів дозволяє мешканцям індивідуально контролювати тепловий режим у приміщеннях, знижувати витрати теплової енергії та підвищувати комфорт проживання.

Трубопроводи системи опалення виконуються з сталевих електрозварних труб та металопластикових труб, вибір яких обумовлений умовами прокладання та експлуатаційними вимогами. Сталеві трубопроводи, що прокладаються приховано в штрабах або конструкціях будівлі, підлягають обов'язковій теплоізоляції. Для цього застосовується теплоізоляційний матеріал THERMAFLEX типу FRZ, який зменшує тепловтрати, запобігає утворенню конденсату та підвищує енергоефективність системи.

Запроектована система опалення забезпечує нормативні параметри мікроклімату в будівлі, відповідає сучасним вимогам з енергозбереження та створює комфортні умови для проживання мешканців і перебування відвідувачів громадських приміщень протягом усього опалювального періоду.

### **Вентиляція**

Вентиляція будинку запроектована з метою забезпечення нормативних параметрів повітряного середовища, підтримання санітарно-гігієнічних умов та створення комфортного мікроклімату для мешканців і відвідувачів будівлі. Прийняті рішення відповідають вимогам чинних будівельних і санітарних норм.

У житловій частині будинку передбачена природна витяжна вентиляція. Видалення забрудненого та вологого повітря здійснюється з кухонь, санітарних вузлів і ванних кімнат через вентиляційні канали, влаштовані у внутрішніх стінах і вентиляційних шахтах. Надходження свіжого повітря забезпечується шляхом природної інфільтрації через віконні та дверні заповнення, а також за рахунок провітрювання приміщень. Така схема вентиляції є ефективною для житлових приміщень і не потребує значних енерговитрат.

Приміщення громадського призначення, розташовані у нижніх поверхах будівлі, обладнуються механічною припливно-витяжною вентиляцією. Застосування механічних вентиляційних установок дозволяє забезпечити необхідний повітрообмін незалежно від погодних умов та інтенсивності

експлуатації приміщень. Приплив повітря подається очищеним і, за необхідності, підігрітим, тоді як відпрацьоване повітря видаляється через витяжні канали.

Витяжні вентиляційні канали житлової та громадської частин будівлі виводяться вище рівня покрівлі, що забезпечує стійку тягу та виключає потрапляння відпрацьованого повітря назад у приміщення. Конструкція вентиляційних шахт прийнята з урахуванням пожежної безпеки та запобігання поширенню диму у разі виникнення пожежі.

Для приміщень із підвищеним вологовиділенням і тепловими надлишками передбачено посилений повітрообмін відповідно до нормативних вимог. Вентиляційні решітки та повітророзподільні елементи розміщені з урахуванням рівномірного розподілу повітря та зниження рівня шуму під час роботи систем.

Вентиляційні повітроводи виконуються з матеріалів, що відповідають вимогам міцності, корозійної стійкості та пожежної безпеки. У місцях проходження повітроводів через будівельні конструкції передбачені протипожежні заходи, що унеможливають поширення вогню та диму між приміщеннями та поверхами.

Запроєктована система вентиляції забезпечує необхідний повітрообмін, підтримує комфортні санітарно-гігієнічні умови в будівлі та відповідає сучасним вимогам до інженерного забезпечення багатоповерхових житлових будинків із приміщеннями громадського призначення.

## **1.4. Будівельна фізика**

Огороджувальні конструкції відокремлюють внутрішнє середовище будівлі від зовнішнього, які істотно відрізняються між собою за температурним режимом, вологістю, тиском повітря та акустичними характеристиками. Внаслідок цього вони повинні виконувати комплексну захисну функцію, запобігаючи неконтрольованому проникненню холодного або перегрітого повітря, вологи, шуму та світлового випромінювання, а також забезпечувати стабільні та комфортні умови перебування людей у приміщеннях.

До основних розділів будівельної фізики, які враховуються при проєктуванні даної будівлі, належать будівельна теплотехніка, світлотехніка та акустика. Будівельна теплотехніка охоплює процеси теплопередачі через огороджувальні конструкції, аналіз вологісного режиму матеріалів та оцінку повітропроникності. Дані фактори безпосередньо впливають на енергоефективність будівлі, рівень тепловтрат та довговічність конструкцій.

Будівельна світлотехніка передбачає забезпечення нормативного рівня природного та штучного освітлення приміщень, а також врахування інсоляції та впливу сонячної радіації. Раціональне використання природного світла сприяє підвищенню комфорту проживання, зниженню енергоспоживання та створенню сприятливого мікроклімату у житлових і громадських приміщеннях.

Розроблення огорожувальних конструкцій у проєкті здійснюється з урахуванням основних теплотехнічних показників, зокрема опору теплопередачі, повітронепроникності та вологісного режиму. Забезпечення необхідного опору теплопередачі дозволяє зменшити теплові втрати в холодний період року та обмежити перегрів приміщень у літній час.

Згідно з кліматичним районуванням території України, місто Луцьк та прилеглі населені пункти відносяться до другої температурної зони. Відповідно до вимог ДБН В.2.6-31-2006 «Теплова ізоляція будівель», мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі для зовнішніх стін становить  $R_{q,min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , а для покриттів -  $R_{q,min} = 7,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ . Прийняті у проєкті конструктивні рішення забезпечують виконання зазначених нормативних вимог та сприяють підвищенню енергоефективності будівлі.

## **Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни**

### **Розрахунок термічного опору зовнішньої стіни**

Термічний опір кожного шару огорожувальної конструкції визначається як відношення товщини шару до розрахункового коефіцієнта теплопровідності матеріалу.

#### **1. Внутрішня штукатурка**

Товщина шару – 0,03 м

Коефіцієнт теплопровідності – 0,93 Вт/м·К

Термічний опір шару:

$$R_1 = 0,03 / 0,93 = 0,032 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

#### **2. Цегляна кладка товщиною 380 мм**

Товщина шару – 0,38 м

Коефіцієнт теплопровідності – 0,81 Вт/м·К

Термічний опір шару:

$$R_2 = 0,38 / 0,81 = 0,469 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

#### **3. Теплоізоляційний шар (мінераловатні плити)**

Прийнята товщина утеплювача – 0,15 м

Коефіцієнт теплопровідності – 0,032 Вт/м·К

Термічний опір шару:

$$R_3 = 0,15 / 0,032 = 4,69 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

#### 4. Фасадне облицювання

Товщина шару – 0,02 м

Коефіцієнт теплопровідності – 0,93 Вт/м·К

Термічний опір шару:

$$R_4 = 0,02 / 0,93 = 0,022 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Опір теплопередачі поверхонь

#### Внутрішня поверхня стіни

Коефіцієнт тепловіддачі – 8,7 Вт/м<sup>2</sup>·К

Опір теплопередачі:

$$R_{в} = 1 / 8,7 = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

#### Зовнішня поверхня стіни

Коефіцієнт тепловіддачі – 23 Вт/м<sup>2</sup>·К

Опір теплопередачі:

$$R_3 = 1 / 23 = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

#### Загальний термічний опір зовнішньої стіни

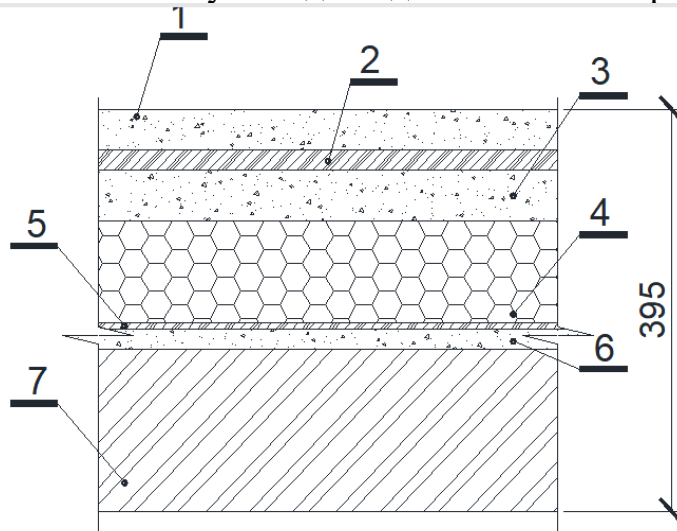
Загальний термічний опір визначається як сума опорів усіх шарів та опорів внутрішньої і зовнішньої поверхонь:

$$R_{\text{заг}} = R_{в} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_3$$

$$R_{\text{заг}} = 0,115 + 0,032 + 0,469 + 4,69 + 0,022 + 0,043 = 5,37 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

#### Висновок

Отримане значення приведенного опору теплопередачі зовнішньої стіни становить 5,37 м<sup>2</sup>·К/Вт, що перевищує мінімально допустиме нормативне значення 4,0 м<sup>2</sup>·К/Вт для другої температурної зони України згідно з ДБН В.2.6-31-2006. Запроектована конструкція зовнішньої стіни забезпечує необхідний рівень теплозахисту та відповідає вимогам енергоефективності.



- 1- стяжка з дрібно зернистого бетону армована сіткою Вр-І150х150 - 40мм;
- 2- 4 шари руберойду на гарячій бітумній мастиці - 20мм;
- 3- стяжка з цементно піщаного розчину армована Вр-І 150х150 - 50мм;
- 4- плити мінераловатні на синтетичному спорлучнику - 160мм;
- 5- шар руберойду на гарячій бітумній мастиці - 5мм;
- 6- стяжка з цементно піщаного розчину М150 - 20мм;
- 7- Залізобетонна монолітна плита - 160мм.

Приймаємо товщину утеплювача 200 мм.

## **1.5. Техніко-економічні показники**

Земельна ділянка, відведена під проектування та розміщення об'єкта, має загальну площу **7200,0 м<sup>2</sup>**. У межах цієї території забудовою зайнято **1085,0 м<sup>2</sup>**, що відповідає вимогам раціонального використання земельних ресурсів та забезпечує можливість розміщення функціональних зон.

Сумарний будівельний об'єм споруди становить **32 587,8 м<sup>3</sup>**, що характеризує масштабність та просторову організацію будівлі. Загальна площа квартир у житловому будинку складає **3297,0 м<sup>2</sup>**, з яких **2166,6 м<sup>2</sup>** припадає безпосередньо на житлову площу, призначену для постійного проживання мешканців.

Корисна площа будівлі в цілому дорівнює **2435,6 м<sup>2</sup>** та включає приміщення основного та допоміжного призначення. Окремо передбачено приміщення торгового призначення загальною площею **982,0 м<sup>2</sup>**, що забезпечує можливість розміщення об'єктів громадського обслуговування.

Розрахункова площа будівлі становить **1945,3 м<sup>2</sup>** і використовується для визначення основних техніко-економічних параметрів та показників ефективності проєктних рішень. Значну частину ділянки відведено під озеленення — **4158,0 м<sup>2</sup>**, що сприяє покращенню мікроклімату, санітарно-гігієнічних умов та естетичного вигляду території.

## Розділ 2

### Розрахунково-конструктивна частина

#### 2.1. Проектування багатоповерхової житлової будівлі у програмі КОМПОНОВКА

Формування розрахункової моделі будівлі є одним з ключових етапів проектування, оскільки саме на цьому етапі задаються геометричні, конструктивні та навантажувальні параметри, що визначають подальші результати розрахунків. Просторову модель 10-поверхового житлового будинку з вбудовано-прибудованими громадськими приміщеннями було створено з використанням програмного комплексу **МОНОМАХ версії 4.5**, який реалізує метод скінченних елементів і дозволяє виконувати статичний та динамічний аналіз будівельних конструкцій.

На початковому етапі у модулі **КОМПОНОВКА** здійснювалось формування геометричної моделі будівлі відповідно до заданої планувальної сітки. Сітка координат визначала розташування основних несучих і огорожувальних елементів. Колони, несучі та самонесучі стіни, діафрагми жорсткості, плити перекриття та покриття, а також фундаменти розміщувалися у вузлах розрахункової сітки шляхом задання координат у діалоговому режимі. Такий підхід забезпечує точне відтворення просторової роботи будівлі та коректний розподіл зусиль між елементами.

Навантаження на будівлю задавались відповідно до їх фізичної природи та способу прикладання. Вертикальні постійні навантаження враховувалися у вигляді лінійних навантажень на плити перекриття від власної ваги самонесучих стін, а також рівномірно розподілених навантажень від шарів підлоги. Тимчасові (змінні) навантаження моделювалися як рівномірно розподілені по площі плит перекриття і включали навантаження від меблів, обладнання та людей. Власна вага основних конструктивних елементів враховувалась програмним комплексом автоматично на основі заданих матеріалів і геометричних характеристик.

Для врахування дії горизонтальних навантажень у моделі було задано параметри району будівництва, що дозволило автоматично визначити вітрові навантаження з урахуванням напрямку їх впливу. На основі введених даних програмний комплекс автоматично сформував розрахункову схему будівлі.

Після формування моделі виконувалися статичний та динамічний розрахунки, у результаті яких були визначені переміщення, внутрішні зусилля та напруження у всіх елементах конструкції від заданих комбінацій навантажень. За підсумками розрахунку методом скінченних елементів

здійснювався підбір і перевірка перерізів несучих елементів, формувалась пояснювальна записка, а також виконувалась передача розрахункових даних до спеціалізованих програм для детального конструювання окремих елементів будівлі.

### Збір навантажень

Збір навантажень виконано з метою формування коректної розрахункової схеми будівлі та визначення напружено-деформованого стану її конструктивних елементів. Під час розрахунку враховувалися основні дії, що виникають у процесі експлуатації споруди.

До розрахункової моделі були включені постійні навантаження від власної ваги конструкцій покриття та міжповерхових перекриттів, тимчасові корисні навантаження на перекриття, а також кліматичні впливи у вигляді снігового та вітрового навантажень.

Задання навантажень здійснювалося відповідно до вимог ДБН В.1.2-2:2006 з використанням програмного комплексу МОНОМАХ. До розрахункової схеми прикладались експлуатаційні значення навантажень. Для врахування вітрового впливу у відповідному діалоговому вікні програми задавався коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням, що забезпечувало прикладання нормативних вітрових дій. Перехід до граничних значень навантажень здійснювався шляхом задання коефіцієнтів надійності як відношення граничних коефіцієнтів до експлуатаційних.

За такого підходу експлуатаційні навантаження відповідають нормативним, а граничні розрахунковим. У ПК МОНОМАХ граничні навантаження використовуються при перевірці конструкцій за міцністю, тоді як експлуатаційні при розрахунках за тріщиностійкістю та деформативністю.

Таблиця 2.1.1. Збір навантажень на 1м<sup>2</sup> покриття на відмітці +35,500

Найменування	Характеристичне навання кН/м <sup>2</sup>	Коеф		Розрах граничне навання кН/м <sup>2</sup>
		$\gamma_{fm}$	$\gamma_n$	
<b>Постійне</b>				
Захисний шар гравію на спеціальній мастиці, $\delta = 0,01\text{м}$ , $\rho = 350 \text{ кг/м}^3$	0,03	1,2	0,95	0,038
2 шари евроруберойду на спец бітумній мастиці, $\delta = 0,02\text{м}$ , $\rho = 120 \text{ кг/м}^3$	0,02	1,2	0,95	0,025
Стяжка, армована сіткою 150×150 діам. 4 Вр-I,	0,9	1,3	0,95	1,122

$\delta = 0,05\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$				
Мінераловатні плити, $\delta = 0,2\text{м}, \rho = 180 \text{ кг/м}^3$	0,288	1,3	0,95	0,354
Стяжка М150 $\delta = 0,02\text{м},$ $\rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,36	1,2	0,95	0,42
Монолітна з/б плита пок- риття $\delta = 0,2\text{м}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	навантаження врахується програмою автоматично			
Всього:	1,54			1,836
<b>Змінне</b>				
Снігове	1,240	1,14	0,95	1,265
<b>Повне</b>	2,83			3,275

Таблиця 2.1.2. Збір навантаження на  $1\text{м}^2$  покриття на відмітці +38,800

Найменування навантаження	Харак наван-ня кН/м <sup>2</sup>	Коефіцієнти		Розрах граничне наван-ня кН/м <sup>2</sup>
		$\gamma_{fm}$	$\gamma_n$	
<b>Постійне</b>				
Стяжка армована сіткою 150×150 діам. 4 Вр-I, $\delta = 0,04\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,75	1,2	0,95	0,85
2 шари своруберойду на спец мастиці, $\delta = 0,02\text{м}, \rho = 100$ кг/м <sup>3</sup>	0,02	1,2	0,95	0,024
Стяжка армована сіткою 150×150 діам. 4 Вр-I, $\delta = 0,05\text{м}, \rho = 1800 \text{ кг/м}^3$	0,9	1,3	0,95	0,122
Мінераловатні плити, $\delta = 0,2\text{м}, \rho = 180 \text{ кг/м}^3$	0,258	1,3	0,95	0,354
Шар своруберойду на бітумній мастиці, $\delta = 0,006\text{м}, \rho = 100 \text{ кг/м}^3$	0,007	1,3	0,95	0,0075
Стяжка М150 $\delta = 0,02\text{м},$ $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$	0,36	1,2	0,95	0,42
Монолітна плитапокриття $\delta = 0,2\text{м}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	навантаження врахується програмою автоматично			
Всього:	2,26			1,725
<b>Змінне</b>				
Снігове	1,24	1,14	0,95	1,345
<b>Повне</b>	3,55			3,075

### Снігове навантаження

Таблиця 2.1.3. Збір навантажень на 1 м<sup>2</sup> перекриття

Навантаження	Характ наван-ня кН/м <sup>2</sup>	Коеф		Розрах граничне Наван-ня кН/м <sup>2</sup>
		$\gamma_{fm}$	$\gamma_n$	
<b>Постійне</b>				
Керамогранітна плитка, $\delta = 0,008\text{м}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	0,285	1,2	0,95	0,279
ЦПР, $\delta = 0,02\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,28	1,2	0,95	0,328
Стяжка $\delta = 0,03\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,56	1,3	0,95	0,626
Пісок, $\delta = 0,022\text{м}, \rho = 1500 \text{ кг/м}^3$	0,354	1,2	0,95	0,358
Монолітна плита перекриття $\delta = 0,22\text{м}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	навантаження враховується програмою автоматично			
Всього:	1,458			1,592
<b>Змінне</b>				
Корисне на перекриття з квазіпостійним короткочасним	4			4,54
	1,62	1,2	0,95	1,934
	2,42	1,2	0,95	2,625
<b>Повне</b>				
	5,458			6,251

Таблиця 2.1.4. Збір навантажень на 1 м<sup>2</sup> перекриття

Найменування навантаження	Характ наван-ня кН/м <sup>2</sup>	Коеф		Розрах раничне наван-ня кН/м <sup>2</sup>
		$\gamma_{fm}$	$\gamma_n$	
<b>Постійне</b>				
Керамогранітна плитка, $\delta = 0,013\text{м}, \rho = 2200 \text{ кг/м}^3$	0,286	1,2	0,95	0,299
Розчин, $\delta = 0,015\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,27	1,2	0,95	0,308
Стяжка $\delta = 0,03\text{м}, \rho = 1900 \text{ кг/м}^3$	0,54	1,3	0,95	0,616
Пісок, $\delta = 0,022\text{м}, \rho = 1500 \text{ кг/м}^3$	0,352	1,2	0,95	0,368
Монолітна плита перекриття $\delta = 0,22\text{м}, \rho = 2500 \text{ кг/м}^3$	навантаження враховується програмою автоматично			
Всього:	1,448			1,591
<b>Змінне</b>				
Корисне на перекриття квазіпостійне	1,5			1,71
	0,35	1,2	0,95	0,399
короткочасне	1,15	1,2	0,95	1,312
<b>Повне</b>				
	2,948			3,301

## Розрахунок будівлі. Результати розрахунку

Після задання геометрії будівлі та прикладання всіх необхідних навантажень розрахунок виконували з використанням програмного комплексу **МОНОМАХ 4.5** у модулі **КОМПОНОВКА**. Отримані результати використовувалися для подальшого аналізу напружено-деформованого стану та проектування окремих несучих елементів будівлі.

У процесі виконання розрахунку програмний комплекс автоматично здійснює перевірку коректності сформованої розрахункової моделі. Виявлені помилки або невідповідності відображаються у діалоговому вікні, що дає змогу оперативно їх усунути та забезпечити достовірність результатів.

У разі повторюваної планувальної схеми та однакових навантажень на кількох поверхах застосовувався принцип типового поверху. Спочатку формувався та розраховувався один поверх, після чого його геометрія та результати розрахунку автоматично копіювалися на інші поверхи будівлі. Такий підхід дозволяє значно зменшити час виконання розрахунків і підвищити ефективність роботи.

За підсумками розрахунку були отримані переміщення, внутрішні зусилля та напруження в елементах конструкцій, які використано для подальшої перевірки та підбору перерізів відповідно до чинних нормативних вимог.

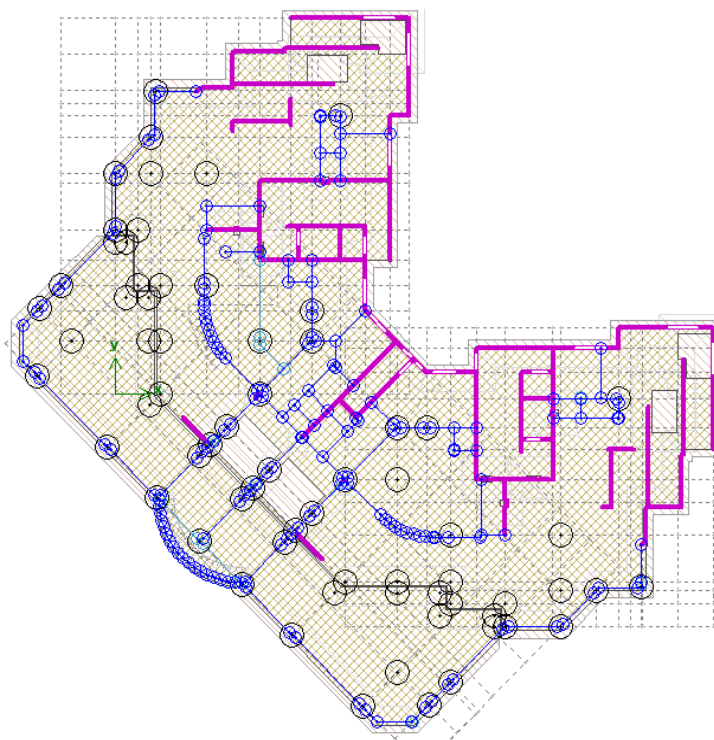


Рис. 2.1.1. Розрахункова схема підвалу будівлі

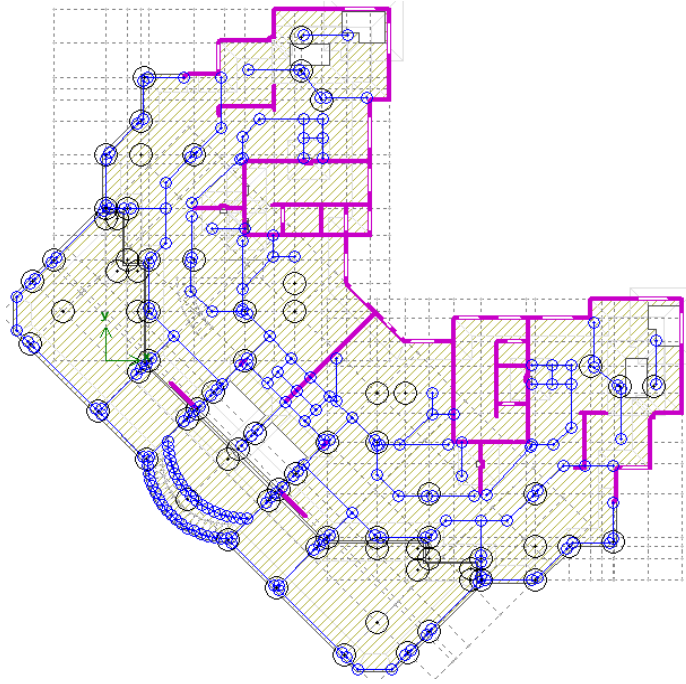


Рис. 2.1.2. Розрахункова схема будівлі на відм 0,000

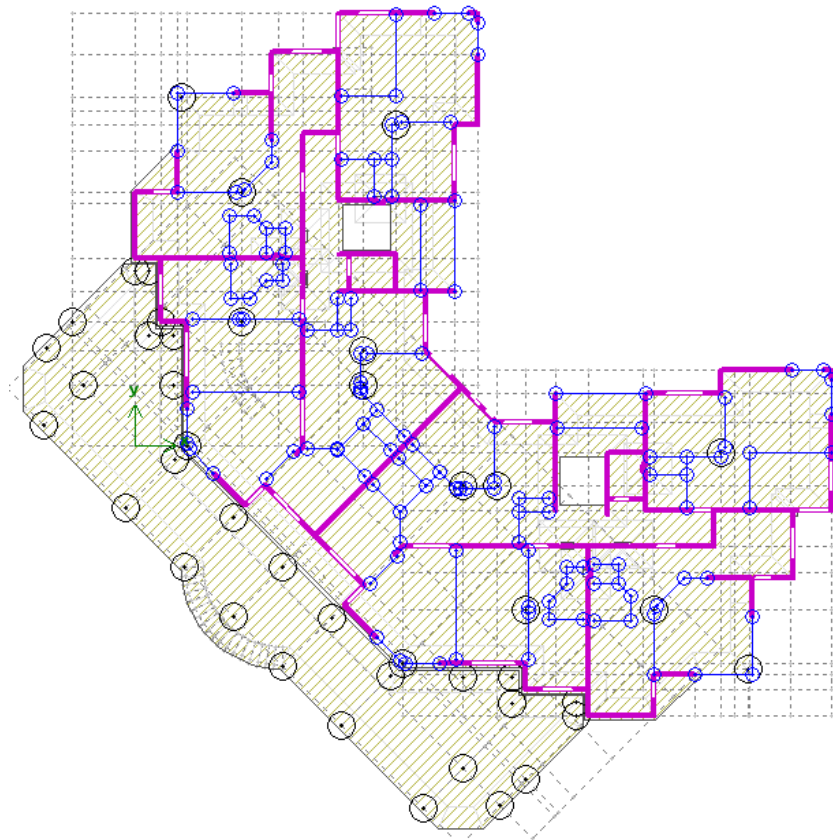


Рис. 2.1.3. Розрахункова схема будівлі на відмітці +7,200

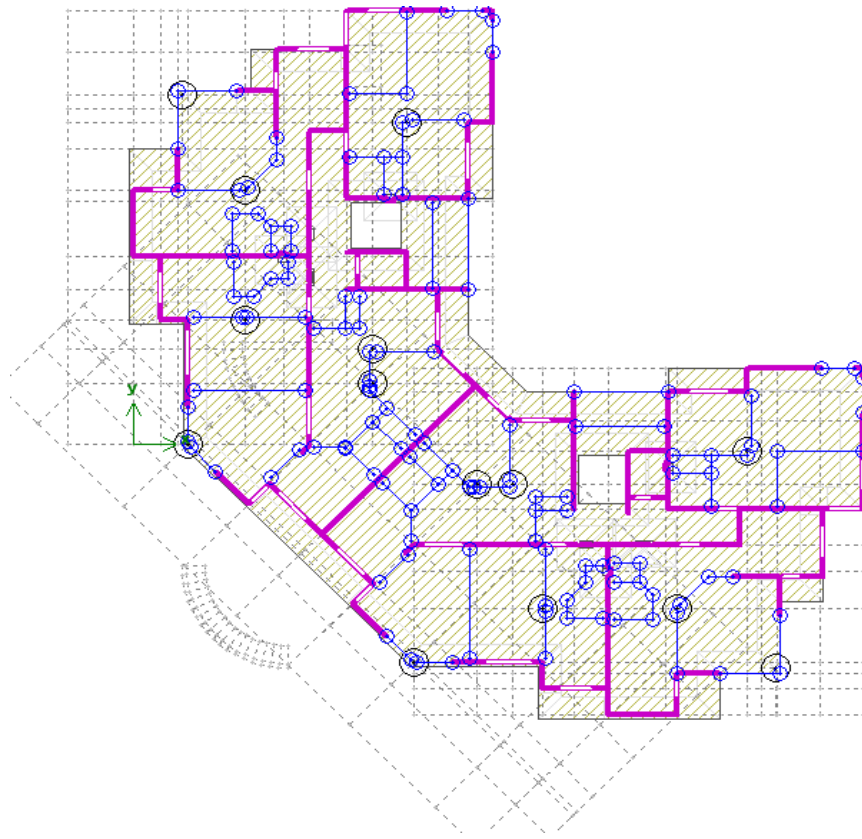


Рис. 2.1.4. Розрахункова схема типового поверху

Наступним етапом розрахунку є виконання аналізу будівлі **методом скінченних елементів (МСЕ)**, який є обов'язковим при проєктуванні та слугує основою для прийняття остаточних інженерних рішень.

Для підвищення ефективності розрахунку сітку скінченних елементів для плит перекриття та стін прийнято диференційованою. Для більшості поверхів розрахункової схеми використано укрупнений крок триангуляції з розміром елементів близько 3 м, що є достатнім для отримання достовірних результатів. Для нижніх трьох поверхів, а також для верхнього поверху, де спостерігаються підвищені зусилля та вплив граничних умов, застосовано зменшений крок сітки — 1,5 м, що забезпечує вищу точність розрахунку.

Аналіз результатів МСЕ виконувався за допомогою відповідних інструментів програмного комплексу. Загальний огляд результатів здійснювали через меню **«Вид – Результати МСЕ розрахунку»**. Деформований стан будівлі відображали з використанням команди **«Результати – Деформована схема»**. Оцінку переміщень виконували за ізополями переміщень, а аналіз напружень і внутрішніх зусиль — за ізополями напружень і зусиль, що дозволило всебічно оцінити роботу конструкцій під дією заданих навантажень.

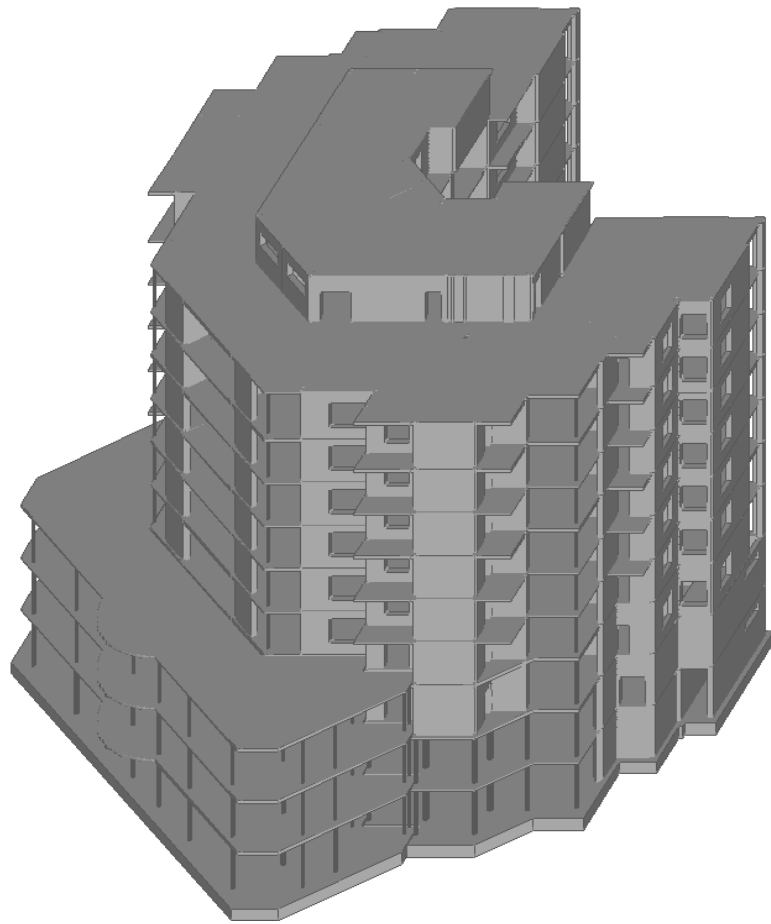


Рис. 2.1.5. Сформована розрахункова схема будівлі у тривимірному зображенні

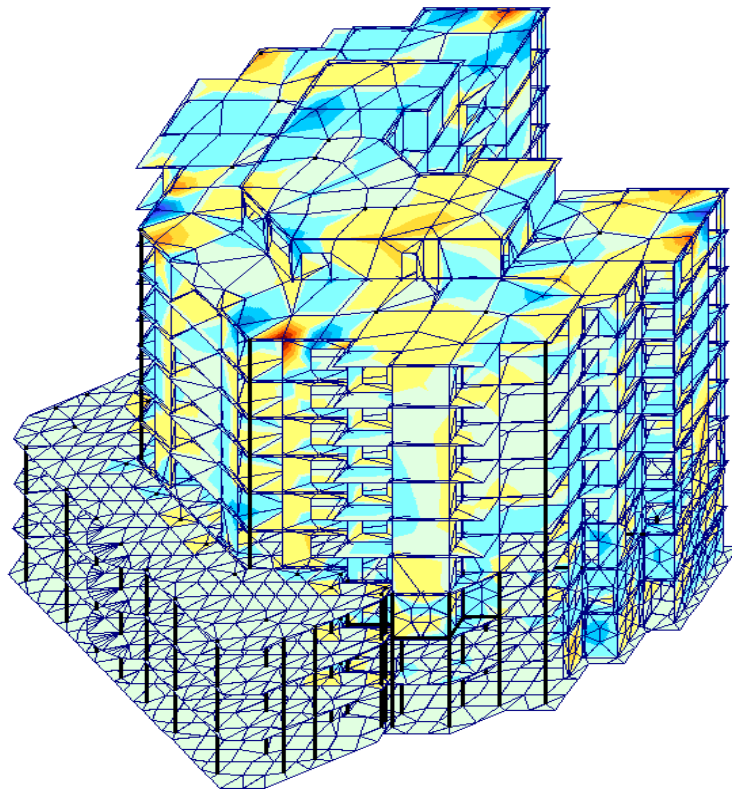


Рис. 2.1.6. Результати розрахунку МСЕ

## Витрати матеріалів (загальні)

Матеріал	Фундаменти	Стіни	Колони	Балки	Плити	Усього
Бетон, м <sup>3</sup>	920	0,00	38,63	19	1631	2610
Арматура, кг	101 275	0	3 785	1 040	72 236	178 33
Опалубка, м <sup>2</sup>	1 362	0,00	660	177,55	8 554	10 755
Цегляна стіна товщиною 0,38 м, м <sup>3</sup>	0,00	2 476	0,00	0,00	0,00	2 476

Передавання результатів розрахунку будівлі, отриманих методом скінченних елементів, до спеціалізованих конструювальних програм КОЛОННА та ПЛИТА здійснюється засобами програмного комплексу МОНОМАХ. Експорт даних виконується через відповідну команду меню «Результати – Експорт у конструювальні програми», що забезпечує коректну передачу геометричних параметрів, внутрішніх зусиль і навантажень. Отримана інформація використовується для подальшого детального проєктування та перевірки окремих конструктивних елементів відповідно до чинних нормативних вимог.

### 2.2. Розрахунок і конструювання монолітної з/б плити перекриття

Розрахунок та подальше конструювання плити перекриття виконували з використанням програмного комплексу **МОНОМАХ 4.5** у модулі **ПЛИТА**. Для цього попередньо здійснювався імпорт розрахункової моделі плити з модуля **КОМПОНОВКА**, що забезпечило збереження геометрії, навантажень і внутрішніх зусиль.

Перевірка плити перекриття виконувалася за двома групами граничних станів. За першою групою здійснювався розрахунок на міцність, що включає визначення необхідної кількості та розташування робочої арматури. За другою групою граничних станів проводилась перевірка тріщиностійкості та прогинів, що дозволяє оцінити експлуатаційну придатність конструкції та її відповідність нормативним вимогам.

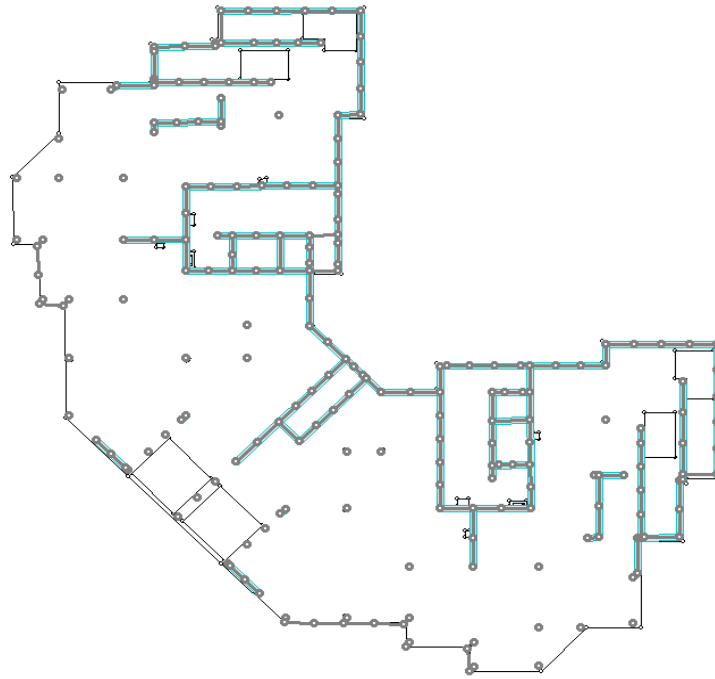
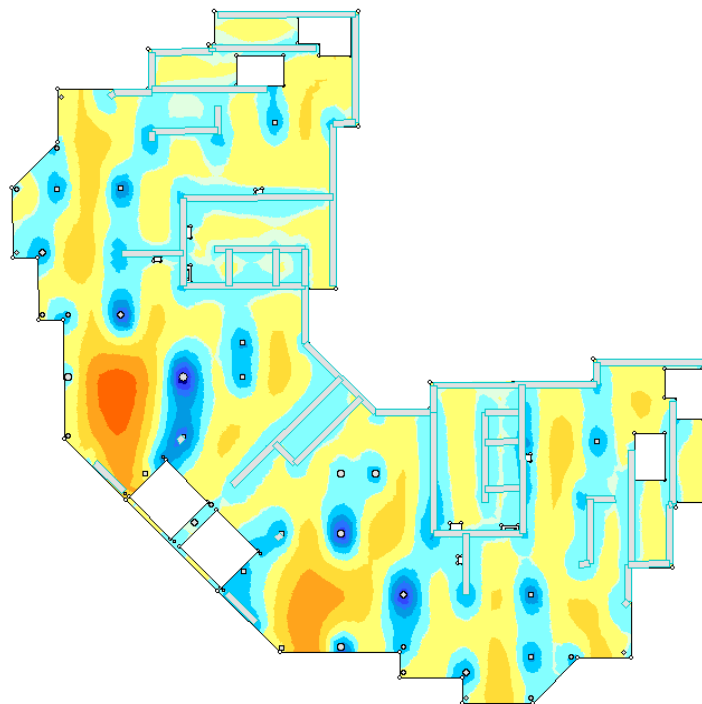


Рис. 2.2.1. Опалубкове креслення з/б плити перекриття першого поверху  
Результати статичного розрахунку ( $M_x$ ,  $M_y$ ) наведені нижче (рис. 2.2.2).

### Результати статичного розрахунку плити



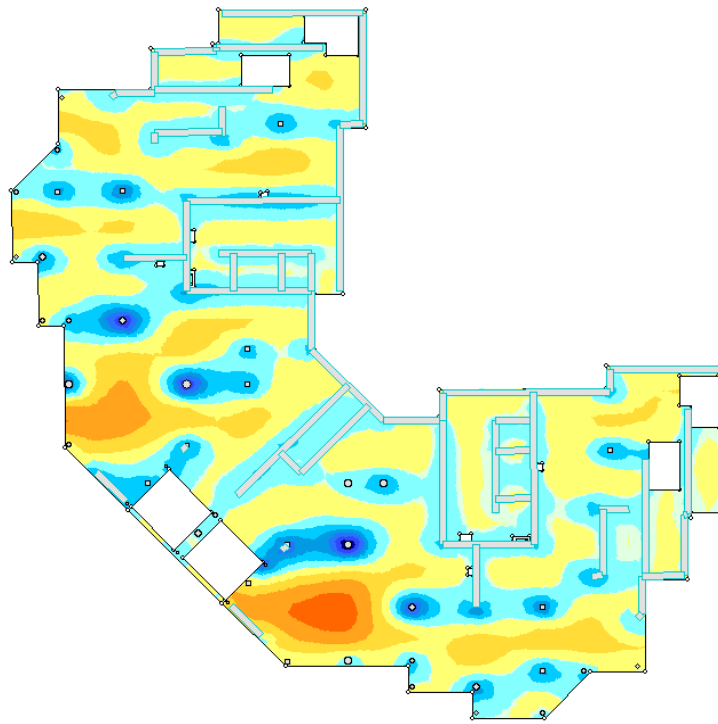


Рис. 2.2.2. Ізополі внутрішніх зусиль  $M_x, M_y$  в елементах з/б плити перекриття від дії постійного навантаження

### Результати підбору арматури

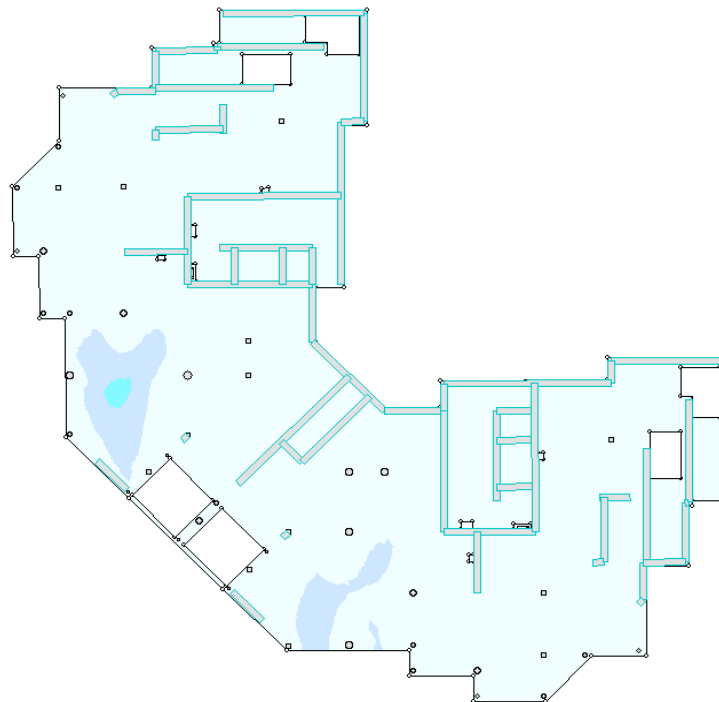
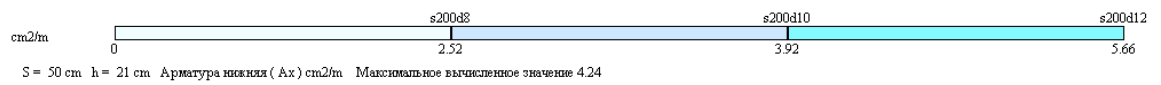


Рис. 2.2.3. Армуння нижнє по осі X

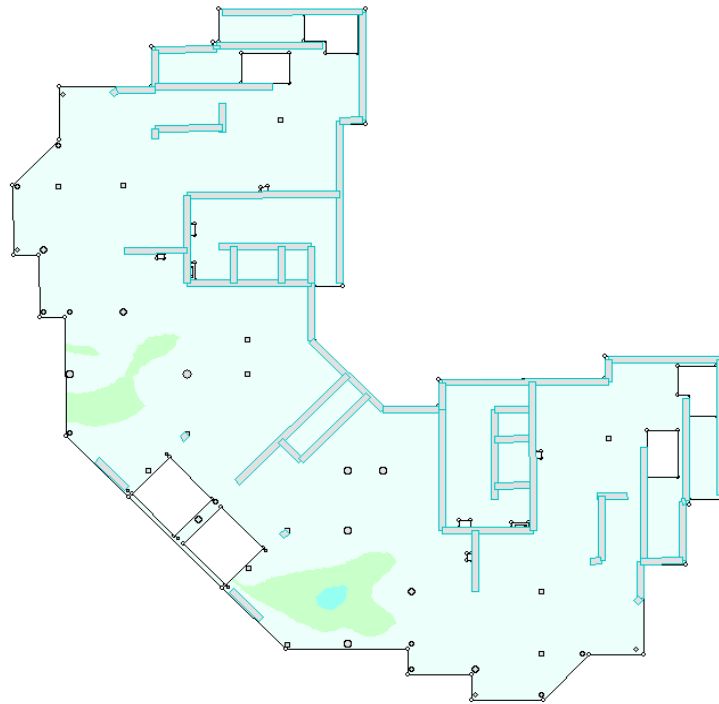
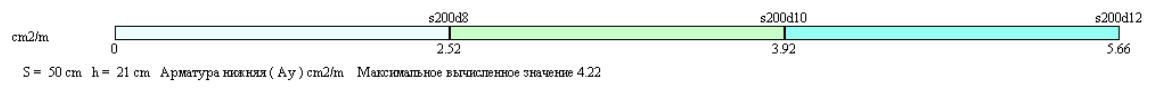


Рис. 2.2.4. Армування нижнє по осі У

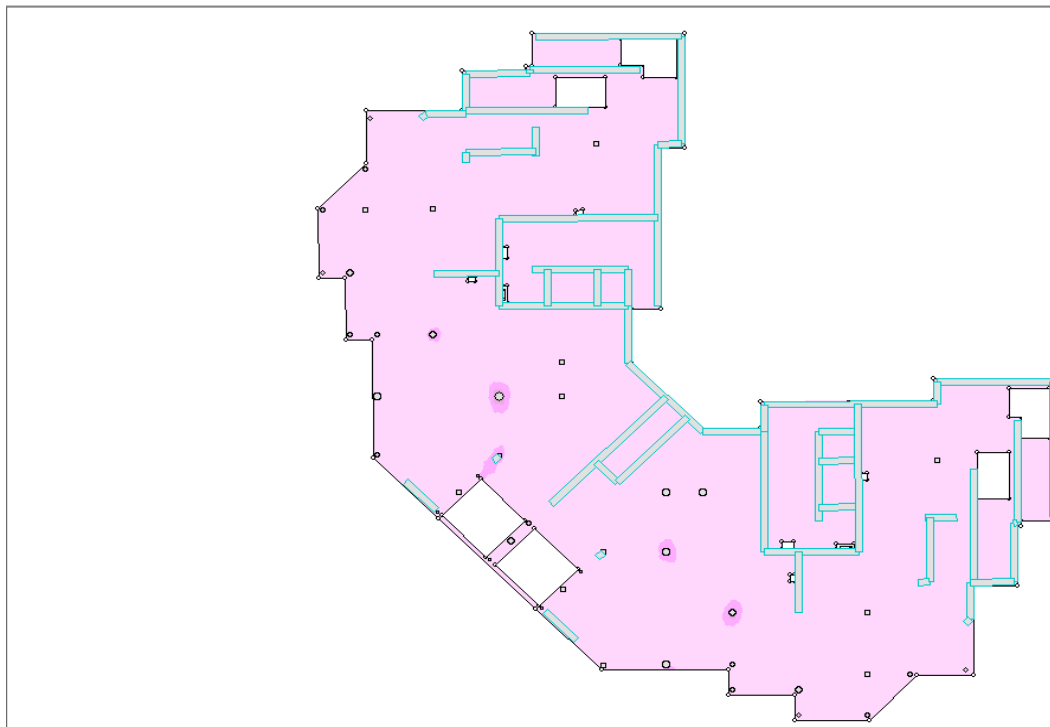
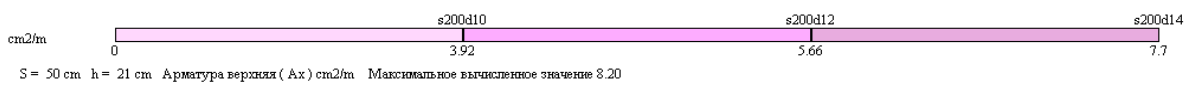


Рис. 2.2.5. Армування верхнє по осі Х

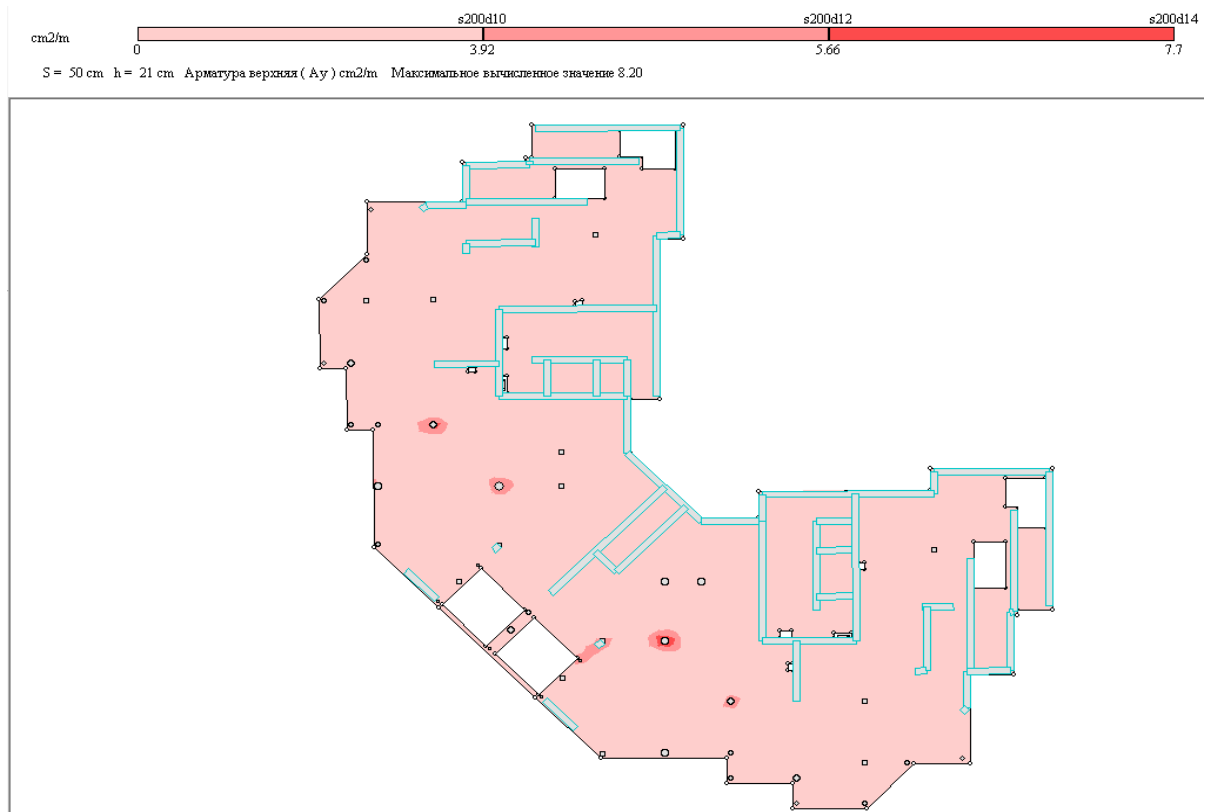


Рис. 2.2.6. Армування верхнє по осі У

У результаті виконаного розрахунку плита перекриття армується окремими стержнями арматури класу А400С. Основне робоче армування в нижній зоні плити прийнято у двох взаємно перпендикулярних напрямках зі стержнів діаметром 8 мм, що забезпечує сприйняття розтягувальних зусиль від експлуатаційних навантажень. У верхній зоні плити передбачено армування у двох напрямках стержнями діаметром 10 мм, призначеними для сприйняття зусиль у приопорних ділянках.

Крім основного армування, у зонах концентрації напружень та в місцях підвищених внутрішніх зусиль, визначених за результатами розрахунку в програмі ПЛИТА, передбачено додаткове армування. Воно виконується стержнями діаметром 10 та 12 мм з арматури класу А400С, що підвищує несучу здатність і тріщиностійкість плити.

Конструктивні рішення з армування плити перекриття, включаючи схему розташування стержнів і їхні параметри, наведені на листі 3 графічної частини проєкту.

### 2.3. Розрахунок і конструювання монолітної фундаментної плити

Будівля багатоповерхового житлового будинку запроектована у вигляді двох окремих блоків, які розділені між собою деформаційним швом. Таке конструктивне рішення прийняте з метою зменшення температурно-усадочних і нерівномірних осідань, а також для підвищення надійності та довговічності споруди. Водночас обидва блоки поєднані між собою композиційно та технологічно, що забезпечує цілісність архітектурного образу будівлі та зручність її експлуатації.

Фундаменти під несучі стіни та колони виконані у вигляді монолітних суцільних фундаментних плит. Для влаштування фундаментів використано дрібнозернистий важкий бетон класу С16/20, що відповідає вимогам міцності та довговічності для даного типу будівель. Розміри фундаментних плит у плані складають: для першого блоку - ФП-1 41,32 × 41,32 м, для другого блоку - ФП-2 37,96 × 11,90 м. Глибина закладання фундаментів змінюється в межах від -3,6 м до -4,4 м від рівня планувальної відмітки, що враховує інженерно-геологічні умови ділянки будівництва.

Розрахунок та конструювання фундаментних плит виконували з використанням програмного комплексу **МОНОМАХ 4.5** у модулі **ПЛИТА**. Для цього розрахункову модель фундаменту було імпортовано з модуля **КОМПОНОВКА**, що забезпечило коректну передачу геометричних параметрів, навантажень та розрахункових зусиль. Перевірка фундаментної плити виконувалась за двома групами граничних станів: за першою групою - на міцність, а за другою - на тріщиностійкість і прогини. Отримані результати використано для підбору армування та остаточного прийняття конструктивних рішень.

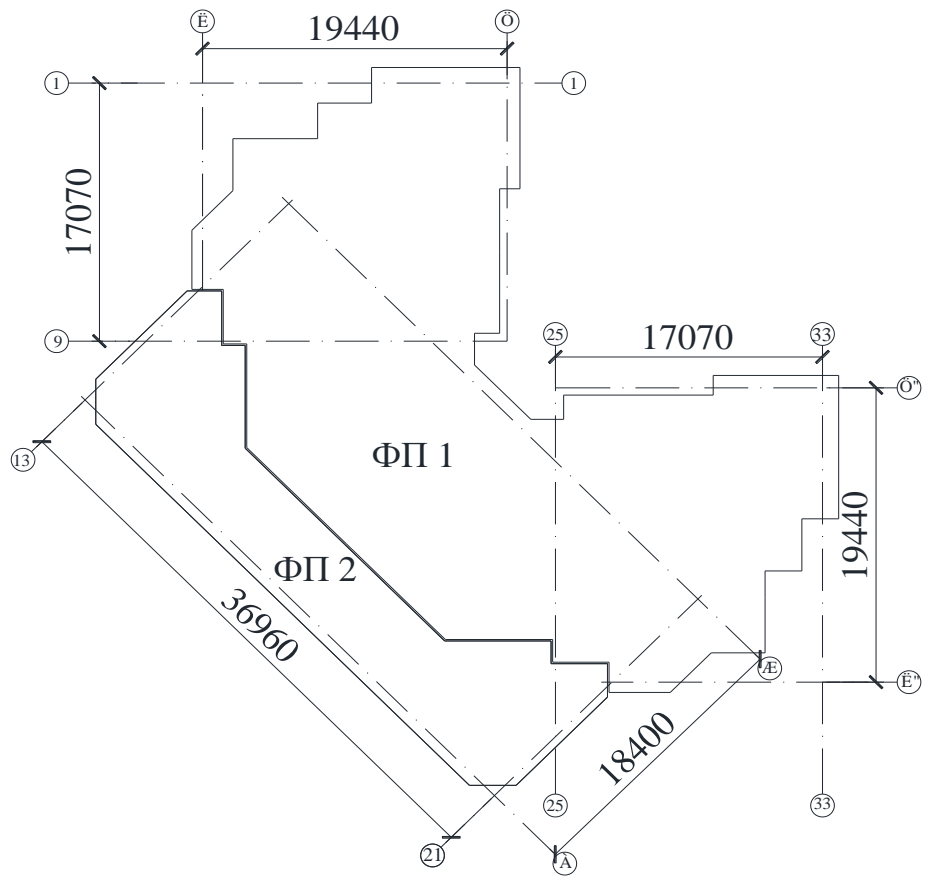


Рис. 2.3.1. Блок-схема по розміщенню фундаментних плит

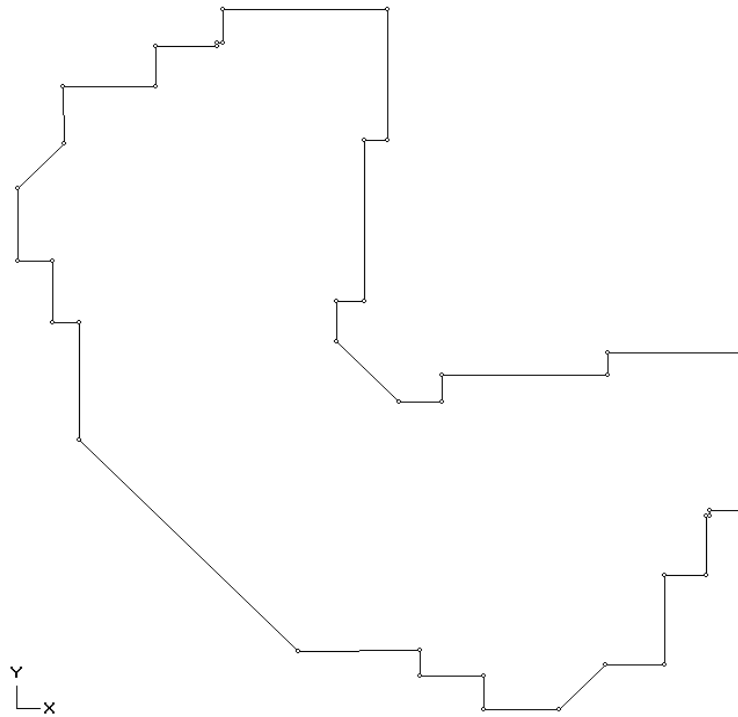


Рис. 2.3.2. Опалубкове креслення фундаментної плити ФП 1

Результати статичного розрахунку наведено нижче (рис. 2.3.3).

### Результати статичного розрахунку плити ФП 1

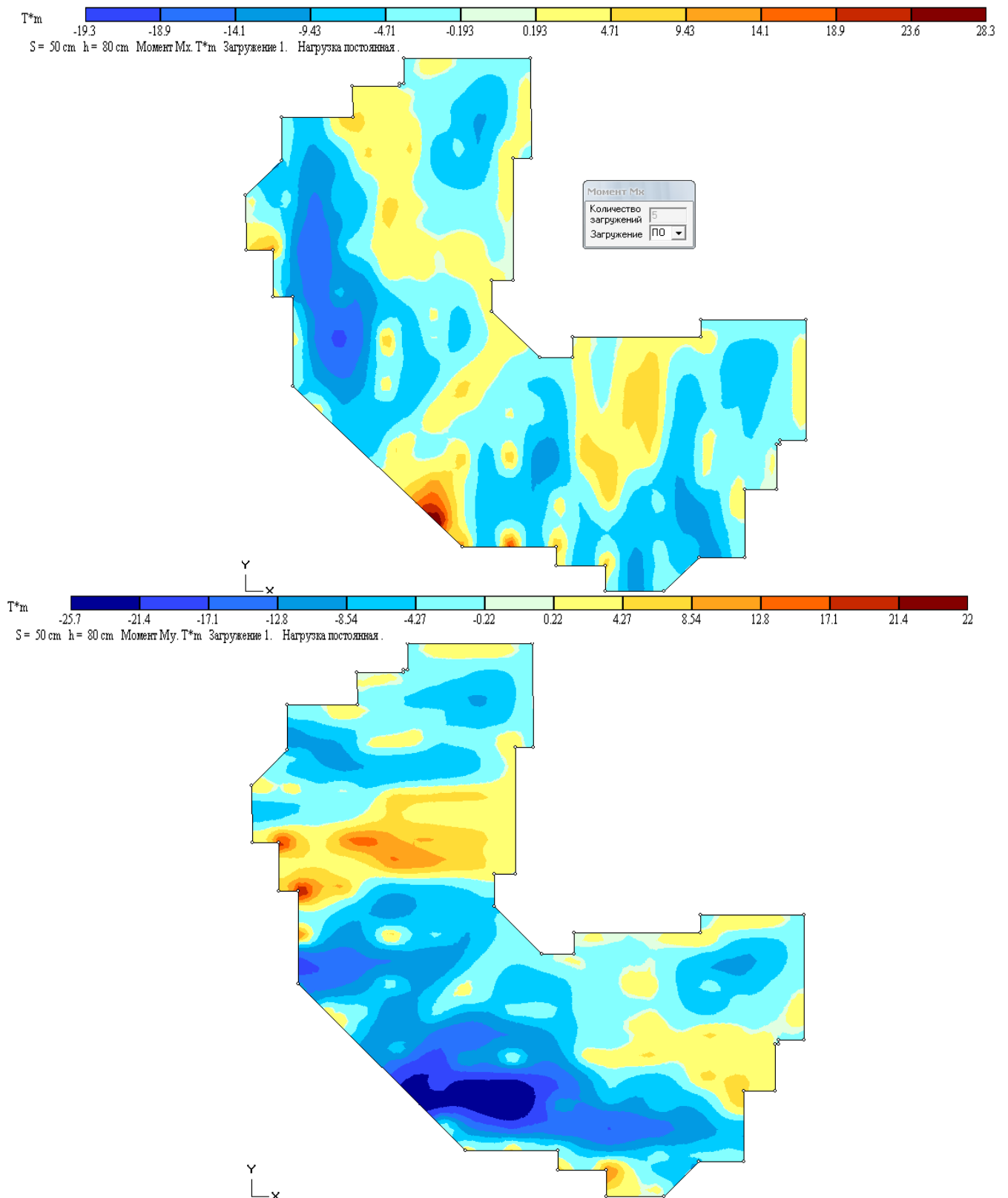


Рис. 2.3.3. Ізополя внутрішніх зусиль  $M_x$  і  $M_y$  в елементах фундаментної плити від постійних навантажень

# Результати підбору арматури

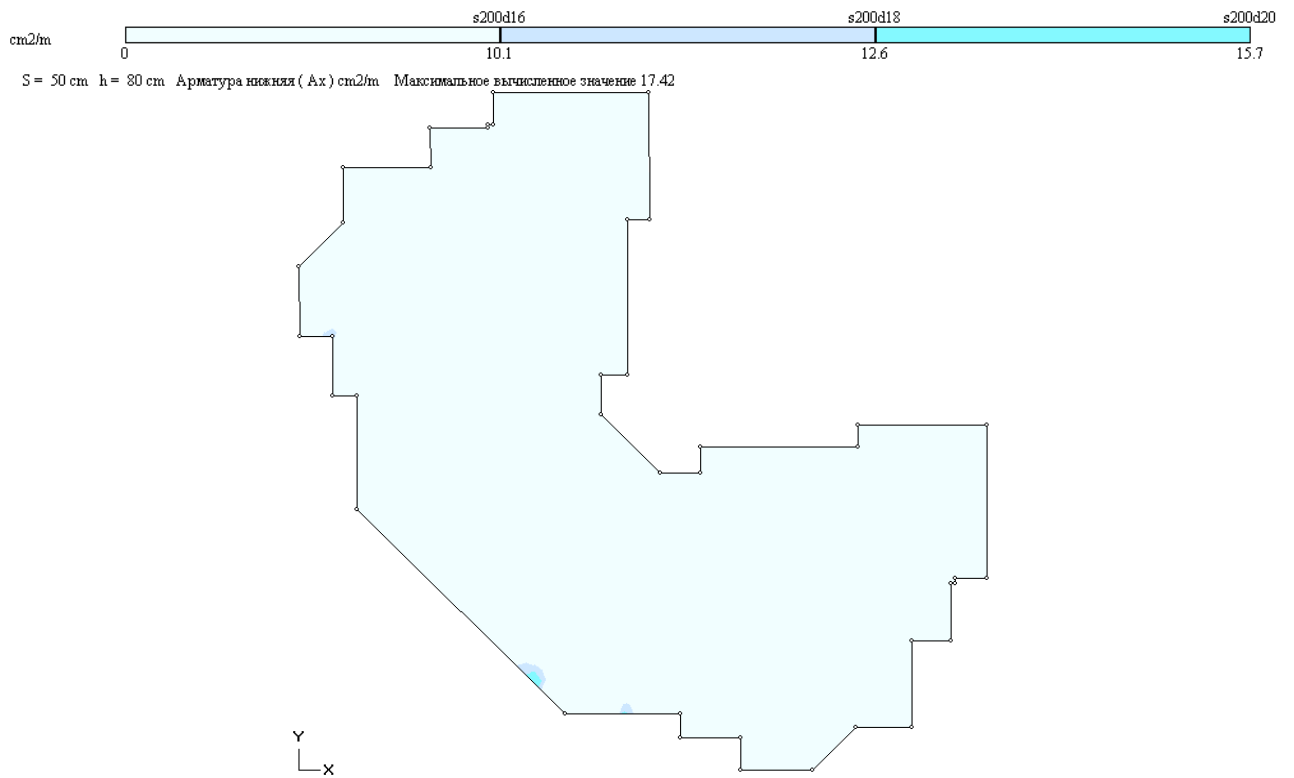


Рис. 2.3.4. Армування плити нижнє по осі X

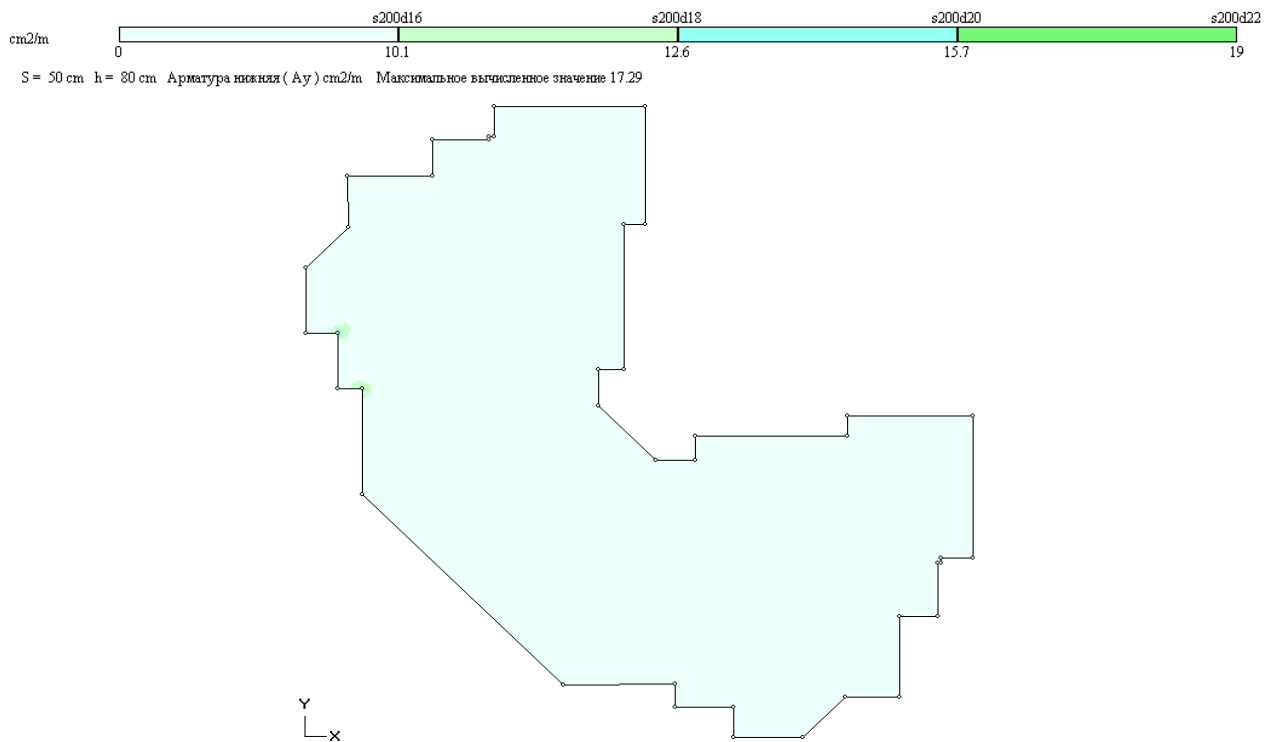
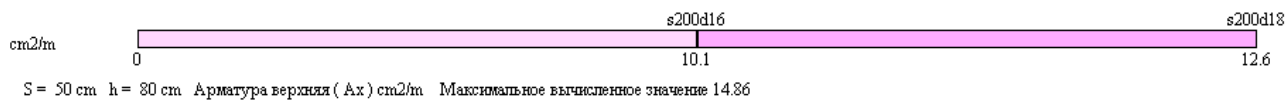


Рис. 2.3.5. Армування нижнє по осі Y



S = 50 см h = 80 см Арматура верхняя (Ax) сm2/m Максимальное вычисленное значение 14.86

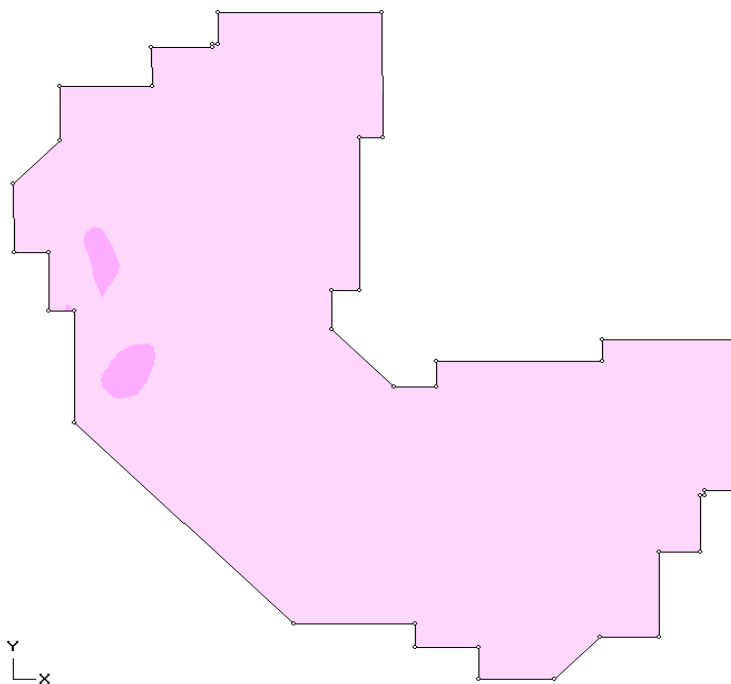
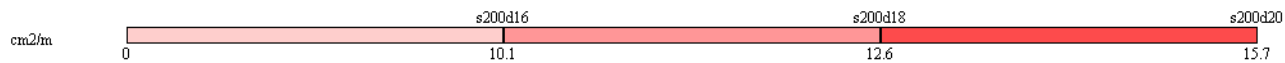


Рис. 2.3.6. Армования верхне по осі X



S = 50 см h = 80 см Арматура верхняя (Ay) сm2/m Максимальное вычисленное значение 15.48

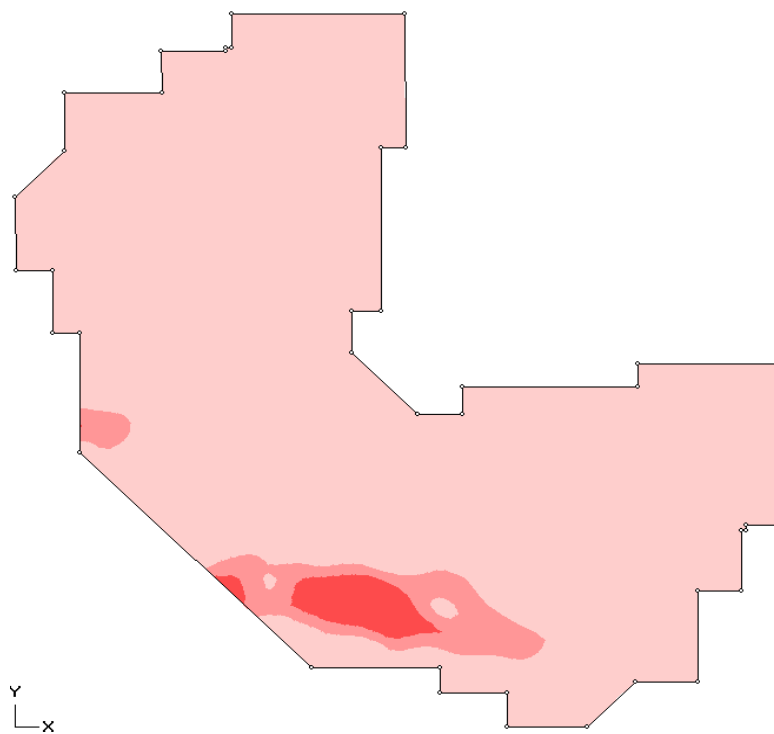


Рис. 2.3.7. Армования верхне по осі Y

За результатами виконаного розрахунку фундаментну плиту прийнято армувати окремими стержнями арматури класу А400С. Основне робоче армування в нижній зоні плити передбачено у двох взаємно перпендикулярних напрямках зі стержнів діаметром 16 мм, що забезпечує сприйняття розтягувальних зусиль від навантажень, які передаються від надземної частини будівлі. У верхній зоні фундаментної плити також запроєктовано армування у двох напрямках стержнями діаметром 16 мм, призначене для роботи в зонах можливих негативних моментів.

Крім основного армування, у місцях підвищеної концентрації напружень, визначених за результатами розрахунку в програмі ПЛИТА, передбачено додаткове підсилювальне армування. Воно виконується стержнями діаметром 12 та 16 мм з арматури класу А400С, що підвищує несучу здатність, тріщиностійкість і надійність фундаментної конструкції.

Схема армування та конструктивні рішення для фундаментної плити ФП-1 наведені на листі 4 графічної частини проєкту.

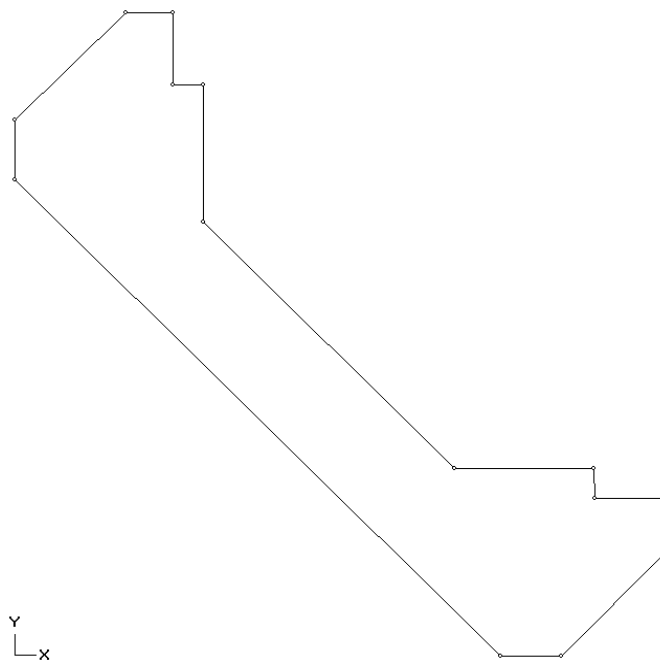


Рис. 2.3.8. Опалубкове креслення плити ФП1

Результати статичного розрахунку нижче (рис. 2.3.9).

## Результати статичного розрахунку плити ФП 2

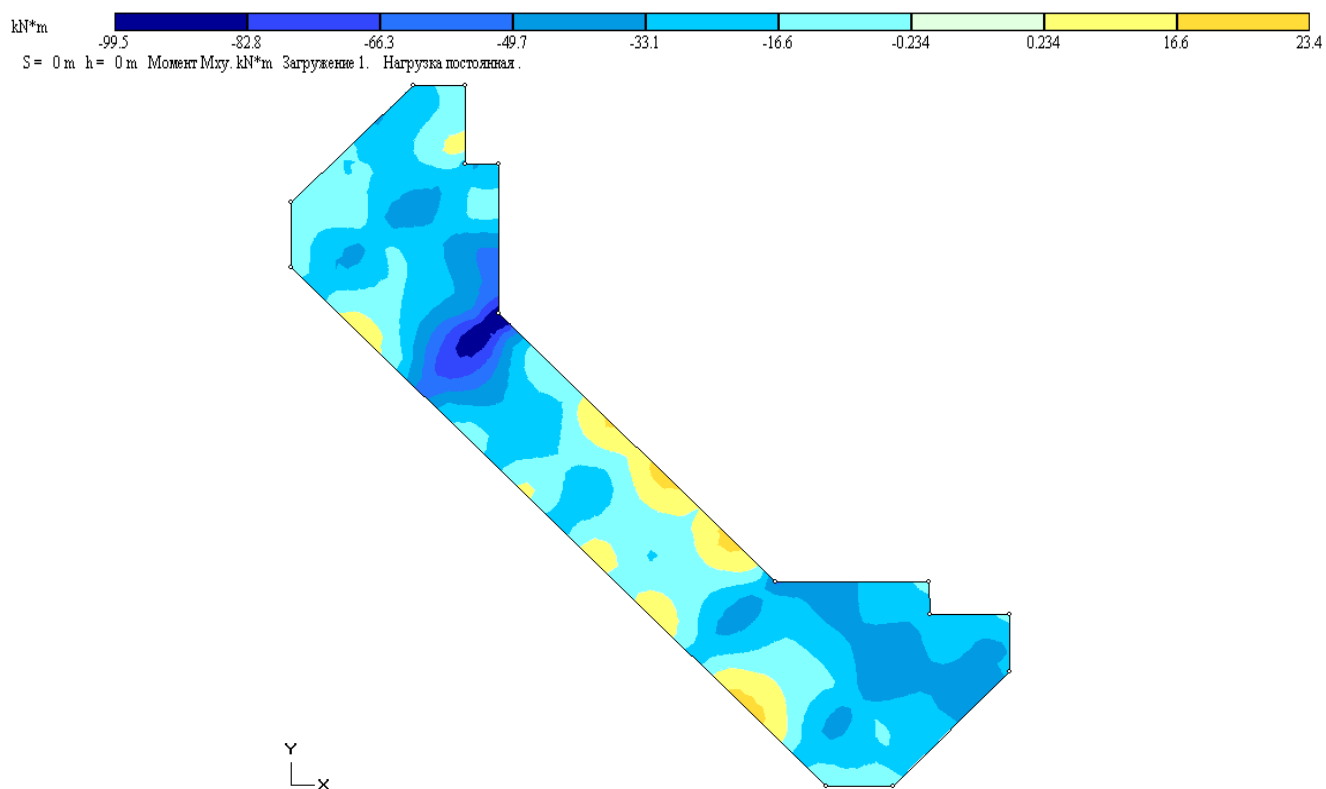


Рис. 2.3.9. Ізополя внутрішніх зусиль Мх і Му в елементах плити ФП 2 від дії постійних навантажень

## Результати підбору арматури

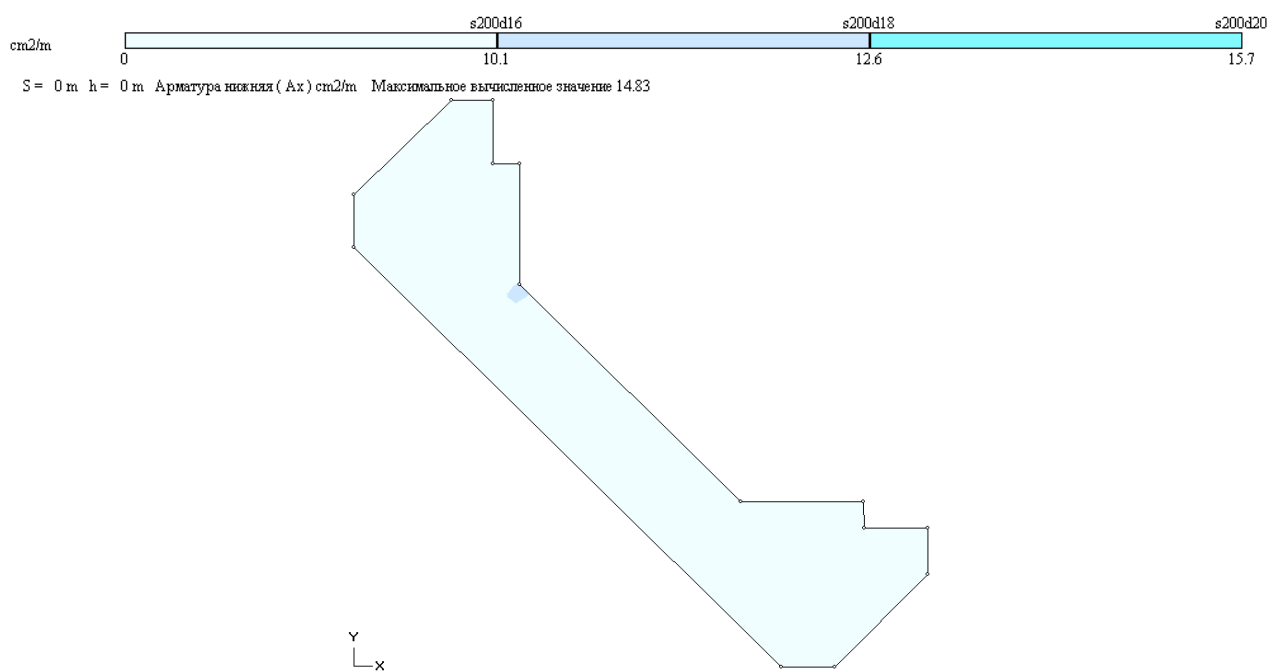


Рис. 2.3.10. Армвання нижнє по осі Х

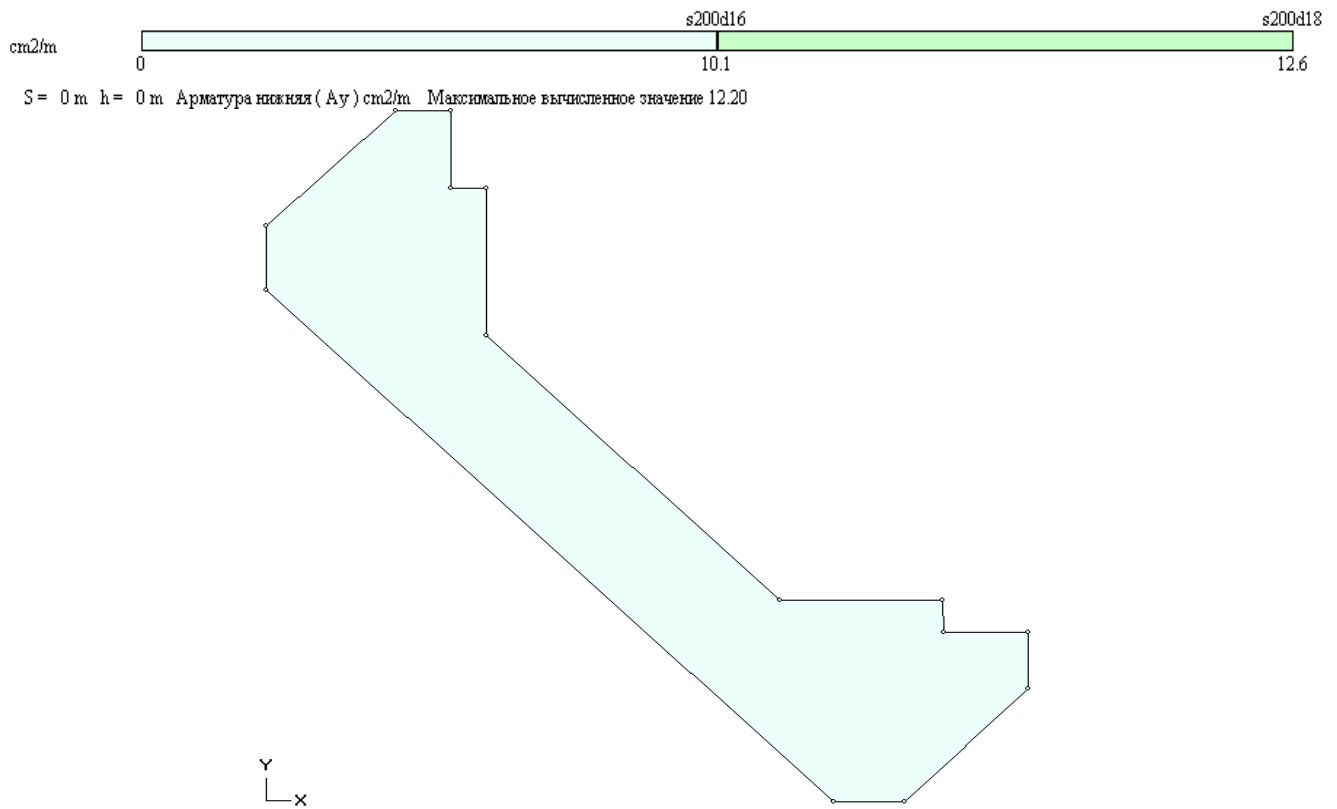


Рис. 2.3.11. Армования нижне по осі У

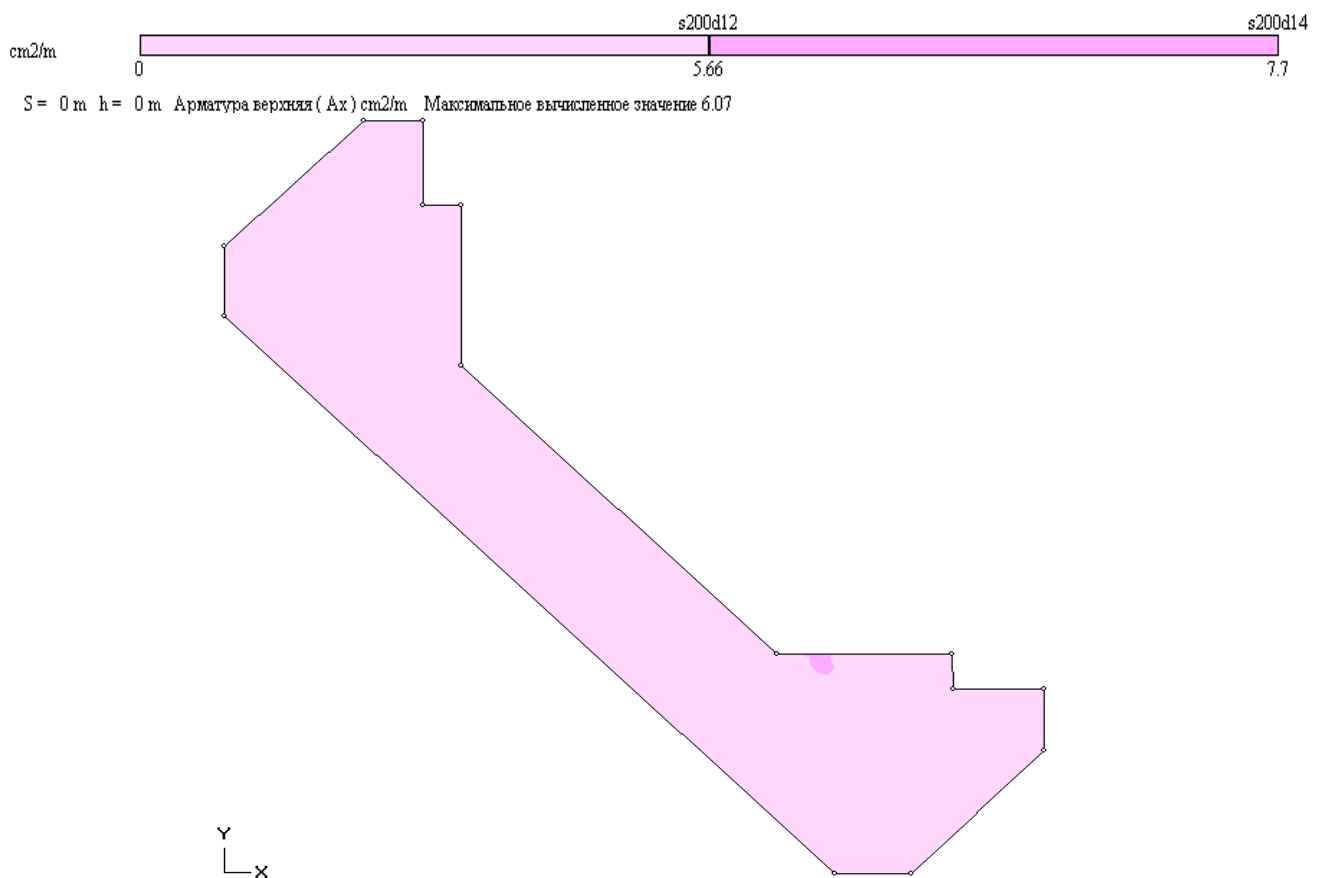


Рис. 2.3.12. Армования верхне по осі X

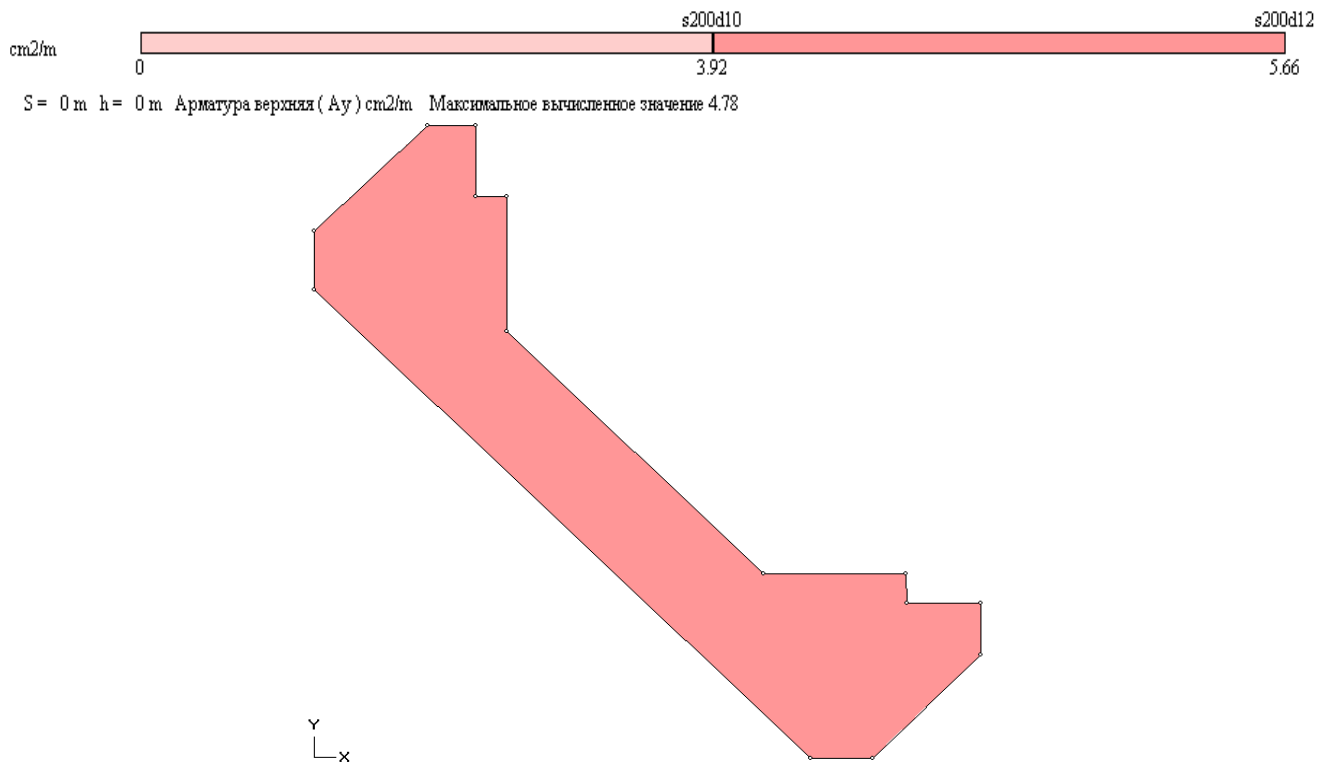


Рис. 2.3.13. Армование верхне по оси У

За підсумками розрахунку фундаментної плити ФП-2 прийнято рішення виконати її армування окремими стержнями з арматури класу А400С. Основне робоче армування в нижній зоні плити передбачене у двох взаємно перпендикулярних напрямках зі стержнів діаметром 16 мм, що забезпечує сприйняття основних розтягувальних зусиль. Аналогічне армування у двох напрямках зі стержнів діаметром 16 мм запроєктоване і у верхній зоні плити для роботи в ділянках виникнення негативних моментів.

Окрім основного армування, у зонах підвищених напружень та місцях концентрації зусиль, визначених за результатами розрахунку в програмі ПЛИТА, передбачено додаткове армування. Воно виконується стержнями діаметром 14 та 10 мм з арматури класу А400С, що дозволяє підвищити тріщиностійкість і несучу здатність фундаментної плити.

Конструктивні рішення з армування фундаментної плити ФП-2, а також схеми розміщення арматури наведені на листі 5 графічної частини проєкту.

## Розділ 3

### Технологія і організація будівництва

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

Підрахунок номенклатури та обсягів будівельно-монтажних робіт виконано з метою визначення кількісних показників основних процесів, необхідних для зведення будівлі. Розрахунки проведено на підставі прийнятих проектних рішень, геометричних параметрів конструкцій та результатів розрахунків несучих елементів.

Для зручності аналізу та подальшого використання отримані дані систематизовано та подано у табличній формі. У таблиці наведено перелік основних видів будівельно-монтажних робіт із зазначенням їх номенклатури та відповідних обсягів, що дозволяє оцінити трудомісткість і матеріалоємність проекту.

Узагальнені результати підрахунку будівельно-монтажних робіт зведено до таблиці 3.1, яка використовується для подальшого планування організації будівництва, складання кошторисної документації та визначення потреби в матеріальних і трудових ресурсах.

Табл. 3.1. Визначення номенклатури та об'ємів робіт

№ п/п	Види робіт	Од виміру	Кільк.
1	Планувальні роботи на території будівництва	1000м <sup>2</sup>	3,123
2	Зняття рослинного шару ґрунту	1000 м <sup>2</sup>	3,123
3	Механізована розробка ґрунту котловану екскаватором	100м <sup>3</sup>	54,85
4	Ручна доробка ґрунту в котловані	м <sup>3</sup>	548,5
5	Ущільнення ґрунтової основи котловану	м <sup>2</sup>	1295
6	Улаштування піщаної підготовки	100м <sup>2</sup>	12,93
7	Виконання бетонної підготовки під фундамент	100 м <sup>3</sup>	2,43
8	Установлення опалубки фундаментних конструкцій	м <sup>2</sup>	213,35
9	Монтаж арматури фундаменту окремими стержнями	т	101,25
10	Укладання бетонної суміші у фундамент	100м <sup>3</sup>	9,23
11	Улаштування горизонтальної гідроізоляції	100м <sup>2</sup>	1,16
12	Демонтаж опалубки фундаменту	м <sup>2</sup>	213,32
13	Установлення опалубки колон	м <sup>2</sup>	202,45

14	Встановлення та в'язання арматурних стержнів колон	т	1,45
15	Бетонування колон	100м <sup>3</sup>	0,135
16	Демонтаж опалубки колон	м <sup>2</sup>	202,45
17	Мурування зовнішніх стін з цегли товщиною 380 мм	м <sup>3</sup>	104,65
18	Улаштування вертикальної гідроізоляції	м <sup>2</sup>	260,56
19	Улаштування горизонтальної гідроізоляції	м <sup>2</sup>	30,85
20	Мурування внутрішніх цегляних стін товщиною 380 мм	м <sup>3</sup>	165,26
21	Установлення опалубки міжповерхового перекриття	м <sup>2</sup>	1042,53
22	Монтаж і в'язання арматури перекриття	т	10,23
23	Укладання бетонної суміші у перекриття	м <sup>3</sup>	213,83
24	Демонтаж опалубки перекриття	м <sup>2</sup>	1042,57
25	Установлення опалубки колон	м <sup>2</sup>	458,53
26	Монтаж і в'язання арматурних стержнів	т	2,53
27	Бетонування колон	100м <sup>3</sup>	2,35
28	Демонтаж опалубки колон	м <sup>2</sup>	458,51
29	Установлення опалубки діафрагм жорсткості	м <sup>2</sup>	177,54
30	Монтаж і в'язання арматури діафрагм	т	1,032
31	Укладання бетонної суміші	м <sup>3</sup>	12,95
32	Демонтаж опалубки діафрагм	м <sup>2</sup>	177,52
33	Мурування внутрішніх цегляних стін	м <sup>3</sup>	1317,35
34	Мурування зовнішніх цегляних стін	м <sup>3</sup>	833,76
35	Монтаж вітражних конструкцій	м <sup>2</sup>	491,45
36	Установлення опалубки перекриття	100м <sup>2</sup>	75,15
37	Монтаж і в'язання арматури перекриття	т	62,04
38	Бетонування перекриття	100м <sup>3</sup>	14,15
39	Демонтаж опалубки перекриття	100м <sup>2</sup>	75,15
40	Підготовка поверхні під цементно-піщану	100м <sup>2</sup>	3,75

	стяжку		
41	Укладання гідроізоляційної плівки	100м <sup>2</sup>	3,75
42	Улаштування пароізоляційного шару	100м <sup>2</sup>	3,75
43	Монтаж теплоізоляції покрівлі з мінераловатних плит	100м <sup>2</sup>	3,75
44	Укладання рулонного покрівельного покриття	100м <sup>2</sup>	14,95
45	Монтаж водостічних воронки	шт	6
46	Установлення опалубки сходів	м <sup>2</sup>	150,95
47	Монтаж і в'язання арматури сходів	т	7,95
48	Бетонування сходових конструкцій	м <sup>3</sup>	20,23
49	Демонтаж опалубки сходів	м <sup>2</sup>	150,95
50	Установлення металопластикових вітражів	100м <sup>2</sup>	8,42
51	Монтаж металопластикових вікон	100м <sup>2</sup>	7,15
52	Установлення дверних блоків	100м <sup>2</sup>	9,4
53	Монтаж підвіконних дощок	м/п	41,25
54	Установлення будівельних риштувань	м <sup>2</sup>	762
55	Виконання внутрішніх штукатурних робіт	м <sup>2</sup>	13945
56	Шпаклювання поверхні стелі	м <sup>2</sup>	7779,23
57	Шпаклювання стін	м <sup>2</sup>	13945
58	Фарбування стель	м <sup>2</sup>	7779,22
59	Фарбування стін	м <sup>2</sup>	13945
60	Улаштування цементно-піщаної стяжки підлог	м <sup>2</sup>	9272,2
61	Облицювання стін керамічною плиткою	м <sup>2</sup>	1679,2
62	Облицювання підлог плиткою	м <sup>2</sup>	3436,2
63	Улаштування паркетних підлог	м <sup>2</sup>	3965
64	Улаштування бетонних підлог	м <sup>2</sup>	187,5
65	Очищення стінових поверхонь від пилу	м <sup>2</sup>	623
66	Ґрунтування поверхонь	м <sup>2</sup>	623

67	Монтаж цокольних профілів по периметру будівлі	м/п	18,75
68	Установлення фасадних люльок	т	1,52
69	Теплоізоляція фасадів мінераловатними плитами	100 м <sup>2</sup>	6,25
70	Армування фасадів скловолокнистою сіткою	100 м <sup>2</sup>	6,25
71	Повторне ґрунтування поверхонь	м <sup>2</sup>	625
72	Нанесення декоративної мінеральної штукатурки «Драйвіт»	м <sup>2</sup>	625
73	Демонтаж фасадних люльок	т	1,52
74	Монтаж систем опалення та вентиляції	%	7
75	Улаштування систем водопостачання і каналізації	%	7
76	Монтаж електропостачання	%	5
77	Улаштування газопостачання	%	5
80	Монтаж слаботочних мереж	%	3
81	Завершення робіт та здача об'єкта в експлуатацію	%	5

### 3.2. Підбір монтажного крана

Оскільки запроєктована будівля є багатоповерховою та великогабаритною, а монтажні елементи мають значні геометричні розміри і масу, для виконання будівельно-монтажних робіт доцільно застосувати баштовий кран. Використання кранів цього типу забезпечує необхідну висоту підйому, достатній виліт стріли та вантажопідйомність при зведенні житлових будівель.

Основними технічними параметрами, що визначають вибір баштового крана, є вантажопідйомність (або вантажний момент), висота підйому гака та виліт стріли. Вантажний момент для баштового крана визначається як добуток маси монтованого елемента на відстань від центра його ваги до осі обертання крана.

Розрахункова вантажопідйомність визначається з урахуванням маси монтованого елемента та додаткових монтажних пристосувань за формулою:

$$G = G_m + \Sigma g$$

Виліт стріли визначається за формулою:

$$L_{cmp} = a/2 + b + c$$

Для кранів із поворотною баштою та нижнім розташуванням противаги виліт стріли визначимо за формулою:

$$L_{\text{стр}} = a/2 + b + c + r_{\text{п}}$$

У даному випадку маса бадді, заповненої бетонною сумішшю, становить 2,8 т, а маса допоміжного обладнання - 0,35 т. Таким чином, розрахункова вантажопідйомність дорівнює **3,15 т**.

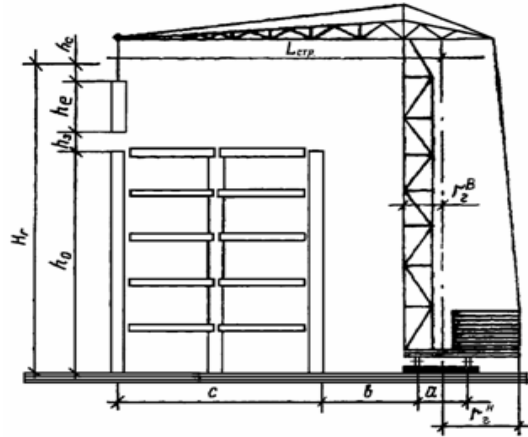


Рис. 3.2.1. Схема для визначення монтажних характеристик баштових кранів

- Вантажопідйомність:  $G = G_{\text{м}} + \Sigma g = 2,8 + 0,35 = 3,15$  т;
- Висота під гака:  $H_{\Gamma} = h_0 + h_3 + h_e + h_c = 25,2 + 0,5 + 3 + 2,0 = 30,7$  м;
- Виліт стріли:  $L_{\text{стр}} = a/2 + b + c = 6/2 + 4,8 + 14 = 21,8$  м;

При встановленні крана біля котловану дотримано вимог щодо розміщення його за межами призми обвалу ґрунту. Для піщаних ґрунтів і глибини котловану 5 м мінімальна відстань від укосу до опор крана становить 6 м

За результатами розрахунків та порівняння з технічними характеристиками прийнято **баштовий кран КБ-100.3**, який має виліт стріли 12,5–25 м, вантажопідйомність 4–8 т та висоту підйому гака 33–48 м, що повністю задовольняє умови виконання монтажних робіт.

### Технічні характеристики крана КБ-100.3

Баштовий кран **КБ-100.3** призначений для виконання вантажно-монтажних робіт під час будівництва багатоповерхових житлових і громадських будівель. Його технічні параметри забезпечують ефективне та безпечне переміщення будівельних матеріалів і конструктивних елементів у межах будівельного майданчика.

Вантажопідйомність крана становить від **4 до 8 т**, що дозволяє використовувати його як для монтажу важких конструкцій, так і для підйому технологічного обладнання та матеріалів. Регульований виліт стріли в межах **12,5–25,0 м** забезпечує необхідний радіус обслуговування та покриття всієї зони будівництва без перестановки крана.

Висота підйому гака залежно від конфігурації башти складає **33–48 м**, що відповідає вимогам зведення багатоповерхових будівель. Швидкість підйому вантажу становить **0,46 та 0,23 м/с**, а швидкість посадки — **0,08 та**

**0,04 м/с**, що забезпечує точність монтажу та зменшує динамічні навантаження на конструкції.

Загальна встановлена потужність електродвигунів крана дорівнює **41,5 кВт**, що гарантує стабільну роботу механізмів підйому та повороту. Загальна маса крана становить **84,4 т**, з яких **32,0 т** припадає на конструктивну частину, що забезпечує необхідну стійкість і надійність у процесі експлуатації.

### **3.3. Розробка технологічної карти на влаштування Залізобетонного монолітного фундаменту Область застосування**

Карта визначає послідовність виконання робіт, склад машин і механізмів, вимоги до матеріалів, організації праці та контролю якості під час зведення фундаментної плити в умовах відкритого будівельного майданчика.

Фундамент виконують у вигляді суцільної монолітної плити з важкого бетону класу С16/20. Загальний об'єм бетонної суміші становить 925 м<sup>3</sup>. Бетонування конструкції здійснюється з використанням товарного бетону, який доставляють на будівельний майданчик автобетонозмішувачами Mercedes 3031 AXOR місткістю 10 м<sup>3</sup>.

Армування фундаментної плити виконується стрижневою арматурою класів А400С та А240С відповідно до вимог ДСТУ 3670:2019. Товщина захисного шару бетону для арматури прийнята 50 мм, що забезпечує необхідну довговічність і корозійну стійкість конструкції.

Для формування геометрії фундаменту застосовується інвентарна металева опалубка загальною площею 213,31 м<sup>2</sup>. Котлован під влаштування фундаментної плити має глибину 3,1 м.

Будівельно-монтажні роботи виконуються в теплий період року, переважно у дві зміни, а процес бетонування — у три зміни, що забезпечує безперервність укладання бетонної суміші та дотримання технологічних вимог.

### **Організація і технологія будівельного процесу**

#### **Влаштування опалубки**

Улаштування опалубки фундаментної плити виконують після завершення підготовчих робіт. До початку монтажу повинні бути повністю виконані земляні роботи, облаштовані безпечні спуски для працівників у котлован, а також проведена геодезична розбивка осей фундаменту в плані з винесенням їх у натуру. Осі фіксують натягуванням дроту над місцем встановлення конструкцій.

Основу під фундамент необхідно підготувати та прийняти за актом прихованих робіт. До робочої зони мають бути влаштовані зручні під'їзди, а опалубні щити й елементи кріплення завезені у кількості, що забезпечує безперервну роботу щонайменше протягом двох змін. Робочі місця забезпечують електропостачанням і штучним освітленням.

Для фундаментів застосовується інвентарна металева опалубка зі щитів заводського виготовлення. Щити з'єднуються між собою за допомогою стяжок і замків, що забезпечує просторову жорсткість та герметичність конструкції.

Контроль якості опалубних робіт здійснюється в процесі монтажу із застосуванням нівеліра, рівня та виска. Перевіряється відповідність геометричних розмірів і форм проєктним рішенням, точність прив'язки осей, вертикальність і горизонтальність поверхонь, правильність встановлення закладних деталей, а також щільність стиків. Допустимі відхилення не повинні перевищувати значень, установлених ДБН Д.2.2-6-99 «Бетонні і залізобетонні конструкції. Монолітні».

### **Монтаж арматурних елементів**

Монтаж арматури виконують після встановлення та вивіряння опалубки нижньої частини фундаменту. До початку робіт організовують під'їзди для монтажного крана та майданчики для складування і збирання арматурних елементів. Арматуру доставляють на об'єкт у необхідному обсязі для безперервної роботи бригади протягом трьох змін.

Перед монтажем перевіряють справність крана, зварювального обладнання, інструменту та інвентарю, а також очищають підготовку під фундамент від бруду й сміття. Армування фундаментної плити виконують з окремих стержнів відповідно до робочих креслень.

Транспортування і складування арматури здійснюють із застосуванням дерев'яних прокладок, що запобігають її деформації та пошкодженню. Приймання змонтованої арматури оформлюється актом на приховані роботи. До акта додаються сертифікати на метал, паспорти арматурних виробів, результати випробувань зварних з'єднань і документи, що підтверджують кваліфікацію зварювальників.

### **Бетонування фундаментів**

До початку бетонування фундаментної плити повинні бути змонтовані системи тимчасового водопостачання для догляду за бетоном, встановлені сходи й робочі майданчики, а також перевірена надійність опалубки, кріплень і допоміжного обладнання. Обов'язковою є наявність актів на приховані роботи з підготовки основи та армування.

Подача бетонної суміші до місця укладання здійснюється автобетононасосом **Kyungwon 4R37X** на базі **Mercedes-Benz Actros 3341**. Бетонування виконують безперервним способом, що забезпечує монолітність конструкції.

Ущільнення бетонної суміші проводять глибинними вібраторами типу **ІВ-56**, а у важкодоступних місцях — додатково ручним штикуванням. Наступний шар бетону укладають до початку тужавіння попереднього з зануренням вібратора в нижній шар на 5–10 см. Крок перестановки вібратора приймають 30–40 см.

У теплу погоду відкриті поверхні бетону захищають від швидкого висихання та регулярно зволожують водою відповідно до температурного режиму.

Контроль якості бетонних робіт здійснює виконроб або майстер із фіксацією результатів у журналі робіт. Перевіряють рухливість бетонної суміші, геометричні параметри фундаменту, відповідність осей і відміток, якість поверхонь та міцність бетону. Для контролю міцності відбирають контрольні зразки бетону з розрахунку одна серія на кожен безперервно бетоновану ділянку.

### **Підбір автобетононасоса**

Для забезпечення безперервного та якісного бетонування монолітної фундаментної плити передбачено використання автобетононасоса. Застосування даного механізму дає змогу підвищити продуктивність робіт, забезпечити рівномірну подачу бетонної суміші та зменшити трудомісткість процесу укладання бетону.

При розміщенні автобетононасоса за брівкою котловану виліт стріли визначається відстанню від геометричного центру фундаментної плити до місця стоянки машини. При цьому обов'язково дотримуються вимоги щодо безпечного розташування техніки за межами призми можливого обвалення ґрунту. Мінімальна відстань від точки опори автобетононасоса до брівки котловану повинна бути не меншою 1,0 м.

Крутизна призми обвалення ґрунту приймається відповідно до кута природного відкосу для заданих ґрунтових умов. У даному випадку розрахункова відстань від геометричного центру фундаменту до місця встановлення автобетононасоса становить 28,3 м, що забезпечує безпечну та ефективну роботу обладнання.

Для бетонування фундаментної плити значна висота подачі бетонної суміші не є визначальним фактором, оскільки основні роботи виконуються на рівні стоянки автобетононасоса. Однак з урахуванням подальшого

використання механізму для бетонування колон, пілонів, стін і плит перекриття доцільно прийняти автобетононасос із достатнім запасом по висоті подачі. З урахуванням розрахункових параметрів і технічних можливостей прийнято автобетононасос Kyungwon 4R37X на базі Mercedes-Benz Actros 3341.

Основні технічні характеристики автобетононасоса Kyungwon 4R37X

- максимальна технічна продуктивність — **160 м<sup>3</sup>/год**;
- максимальна висота подачі бетонної суміші — **36,8 м**;
- кількість секцій бетонорозподільної стріли — **4**;
- допустима рухливість бетонної суміші — **12–23 см**;
- внутрішній діаметр бетоновода — **125 мм**;
- об'єм завантажувальної воронки — **0,6 м<sup>3</sup>**;
- найбільша допустима крупність заповнювача — **40 мм**;
- повна маса автобетононасоса — **32 450 кг**;
- габаритні розміри — **12161 × 2500 × 4000 мм**.

Зазначені характеристики підтверджують доцільність застосування обраного автобетононасоса для бетонування фундаментної плити та інших монолітних конструкцій запроектованої будівлі.

### **3.4. Складання календарного графіка будівництва**

Календарний графік будівництва розроблено з метою раціональної організації будівельно-монтажних робіт у часі та забезпечення узгодженої роботи всіх виробничих підрозділів. Графік подано на аркуші №7 графічної частини проєкту.

Тривалість виконання окремих будівельних процесів на календарному графіку відображається у вигляді ліній-векторів, над якими зазначається кількість робітників, задіяних у відповідному процесі. Такий підхід дозволяє наочно оцінити послідовність, тривалість і трудові ресурси, необхідні для зведення об'єкта.

Вихідними даними для розроблення календарного плану є: проєкт організації будівництва, робочі креслення будівлі, матеріали інженерно-геологічних і техніко-економічних вишукувань, інформація про застосовувані машини та механізми, види транспорту, а також нормативні та директивні строки виконання будівництва.

Проєктування календарного графіка виконувалося у такій послідовності: аналіз вихідних матеріалів; формування номенклатури робіт, необхідних для зведення будівлі; визначення обсягів робіт; вибір технологічних методів їх виконання та провідних машин; розрахунок трудомісткості і машиноємності будівельно-монтажних процесів; призначення складу бригад і ланок;

визначення тривалості виконання кожного виду робіт та їх взаємної ув'язки в часі. Для підвищення ефективності планування окремі однотипні роботи, що виконуються однією бригадою, були укрупнені з підрахунком сумарної трудомісткості.

Нормативна тривалість будівництва об'єкта становить 852 дні, тоді як розрахункова тривалість зведення будівлі прийнята 850 днів. Середня чисельність працюючих на будівельному майданчику складає 45 осіб, максимальна — 86 осіб.

Основні техніко-економічні показники календарного графіка наведені в графічній частині проєкту.

### **3.5. Будівельний генеральний план (будгенплан)**

Будівельний генеральний план (будгенплан) розроблено для періоду повного розгортання будівельно-монтажних робіт і відображає організацію території будівельного майданчика під час зведення надземної частини житлового будинку. На будгенплані показано розміщення тимчасових будівель і споруд, складських зон, під'їзних шляхів, зон роботи кранів, інженерних мереж та місць підключення до джерел енергозабезпечення.

#### **Визначення потреби в інвентарних будинках**

Площа тимчасових будівель і споруд визначається за максимальною чисельністю працюючих на будівельному майданчику з урахуванням нормативних показників площі на одну особу. Загальну чисельність персоналу визначають за формулою:

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

де  $N_{\text{роб}}$  - кількість робітників;

$N_{\text{ІТР}}$  - інженерно-технічні працівники;

$N_{\text{служб}}$  - службовці;

$N_{\text{МОП}}$  - молодший обслуговуючий персонал;

$k$  - коефіцієнт, що враховує відпустки та тимчасову відсутність персон.

Згідно з календарним планом максимальна кількість робітників становить 86 осіб, ІТР - 8 осіб, службовців - 5 осіб, МОП - 2 особи. З урахуванням коефіцієнта  $k = 1,05$  загальна чисельність працюючих на будмайданчику складає **106 осіб**.

На підставі нормативів визначено необхідні площі інвентарних будівель: контори, гардеробних, умивальні, приміщення для прийому їжі та обігріву працівників, медичного пункту, душових, сушильних та санітарних вузлів.

#### **Тимчасове водопостачання будівельного майданчика**

Джерелом тимчасового водопостачання прийнято існуючу міську мережу водопроводу. Розрахунок виконується за максимальними

секундними витратами води на господарсько-побутові, виробничі та протипожежні потреби.

Витрати води на господарські потреби визначаються залежно від чисельності працюючих у зміну та нормативних витрат води на одну людину. Виробничі витрати враховують обсяг виконуваних робіт і питомі витрати води, а також витрати на охолодження двигунів внутрішнього згорання. Сумарні витрати доповнюються витратами на пожежогасіння, які приймаються нормативно.

За результатами розрахунку прийнято діаметр тимчасового водопроводу Ø150 мм, що забезпечує необхідну пропускну здатність.

#### **Електропостачання будівельного майданчика**

Потреба в електроенергії визначається з урахуванням одночасної роботи всіх електроспоживачів, втрат у мережах та коефіцієнтів попиту.

За результатами розрахунків прийнято трифазний силовий трансформатор **ТМ-630/10-6/0,4 ХЛ** потужністю **630 кВА**, який відповідає вимогам чинних стандартів та забезпечує надійне електропостачання будівельного майданчика.

## **Розділ 4. Економіка будівництва**

### **4.1. Визначення кошторисної вартості будівництва**

Економічна частина дипломного проекту передбачає визначення вартості будівництва багатопверхового житлового будинку в с Липини та оцінку основних техніко-економічних показників. Кошторисна вартість будівництва розрахована відповідно до чинної нормативної бази у сфері ціноутворення в будівництві з використанням ресурсного методу та актуальних кошторисних норм.

Загальна кошторисна вартість об'єкта становить понад 92 млн грн, що включає витрати на виконання будівельно-монтажних робіт, придбання та транспортування матеріалів і конструкцій, експлуатацію будівельних машин і механізмів, оплату праці робітників, а також накладні витрати та планові накопичення підрядної організації.

У структурі кошторису найбільшу питому вагу займають витрати на монолітні залізобетонні роботи, зведення огорожувальних конструкцій та інженерне обладнання будівлі. Прийняті в проєкті технологічні та організаційні рішення, зокрема застосування ефективних машин, механізмів і потокових методів виконання робіт, дозволяють зменшити тривалість будівництва та оптимізувати витрати.

### **4.2. Локальний кошторис зроблено в АВК-5 і подано в Додотку 1.**

## **Розділ 5. Охорона праці**

Охорона праці при будівництві багатоповерхового житлового будинку є комплексом організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, спрямованих на збереження життя і здоров'я працівників у процесі виконання будівельно-монтажних робіт. Заходи з охорони праці розроблені відповідно до Закону України «Про охорону праці», ДБН А.3.2-2-2009, ДСТУ та інших чинних нормативних документів.

### **Загальні вимоги з охорони праці**

Будівельні роботи на об'єкті дозволяється розпочинати лише після затвердження проекту організації будівництва та проекту виконання робіт, у яких передбачені заходи з безпеки праці. Всі працівники перед допуском до роботи проходять вступний, первинний та повторний інструктажі з охорони праці, пожежної безпеки та надання першої домедичної допомоги. Працівники, зайняті на роботах підвищеної небезпеки, проходять спеціальне навчання, перевірку знань і медичні огляди у встановлені терміни.

Організація будівельного майданчика здійснюється з урахуванням вимог безпеки. Територія огорожується, встановлюються інформаційні та попереджувальні знаки, визначаються безпечні пішохідні маршрути та зони руху будівельної техніки. Освітлення робочих місць, проходів і під'їздів повинно відповідати нормам і забезпечувати безпечну роботу в темний час доби.

### **Безпека при виконанні земляних робіт**

Під час виконання земляних робіт особливу увагу приділяють стійкості укосів котловану та запобіганню обвалам ґрунту. Крутизна укосів приймається згідно з інженерно-геологічними умовами. У зоні котловану забороняється розміщення матеріалів, техніки та механізмів у межах призми можливого обвалення. Для спуску працівників у котлован передбачаються інвентарні драбини або сходи з поручнями.

Під час роботи екскаваторів і автотранспорту забезпечується безпечна відстань між машинами та працівниками. Забороняється перебування людей у зоні дії робочого органу машини.

### **Охорона праці при бетонних та арматурних роботах**

Монтаж опалубки, укладання арматури та бетонування виконуються з використанням справних інвентарних конструкцій, інструментів і механізмів. Опалубка повинна бути стійкою, міцно закріпленою та перевіреною перед початком бетонування. Арматурні стержні, що мають гострі кінці, захищаються ковпачками або загинаються.

При ущільненні бетонної суміші глибинними вібраторами необхідно дотримуватися вимог електробезпеки та використовувати засоби індивідуального захисту. Робочі місця бетонярів повинні бути сухими та неслизькими.

### **Безпека при монтажних роботах і роботах на висоті**

Монтаж конструкцій виконується із застосуванням вантажопідіймальних кранів, що мають діючі технічні огляди та дозволи на експлуатацію. Стропування вантажів здійснюється за затвердженими схемами сертифікованими стропальниками. Забороняється перебування людей під піднятим вантажем або в зоні його можливого падіння.

Роботи на висоті виконуються з інвентарних риштувань, помостів або підмостків, які мають огороження та настили. Працівники забезпечуються запобіжними поясами і страхувальними канатами.

### **Електробезпека**

Електропостачання будівельного майданчика виконується відповідно до вимог ПУЕ. Тимчасові електромережі оснащуються захисними автоматами, заземленням та пристроями захисного вимкнення. Усі електроінструменти повинні бути справними та мати ізоляцію. Доступ до електрощитів дозволяється лише кваліфікованому персоналу.

### **Пожежна безпека**

На будівельному майданчику впроваджуються заходи пожежної безпеки: встановлюються вогнегасники, пожежні щити, забезпечується вільний доступ до джерел води. Горючі матеріали зберігаються у спеціально відведених місцях. Куріння дозволяється лише у визначених зонах. Проведення зварювальних робіт допускається за наявності наряду-допуску.

### **Санітарно-гігієнічні умови та засоби захисту**

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних робіт: захисними касками, спецодягом, спецвзуттям, рукавицями, окулярами та сигнальними жилетами. На будівельному майданчику передбачаються санітарно-побутові приміщення, місця для відпочинку та надання першої медичної допомоги.

### **Висновок**

Дотримання вимог охорони праці при будівництві багатоповерхового житлового будинку забезпечує безпечні умови праці, зменшує ризик травматизму та професійних захворювань, підвищує організованість і ефективність будівельного процесу. Реалізація передбачених заходів є обов'язковою умовою якісного та безпечного виконання будівельно-монтажних робіт.

## Розділ 6

### Наукова частина

#### Порівняння видів з'єднань арматури

**Вступ.** Одним із ключових завдань капітального будівництва є скорочення тривалості зведення будівель та споруд при одночасному зменшенні трудових і матеріальних витрат. Досягнення цієї мети можливе за рахунок удосконалення технологій виконання будівельно-монтажних робіт, впровадження більш раціональних і менш трудомістких методів виготовлення конструктивних елементів, а також підвищення ефективності використання будівельних матеріалів. Особливе значення в цьому контексті має розвиток і застосування нових типів конструкцій, що поєднують економічність, надійність і довговічність.

Останніми роками в будівельній галузі спостерігається стійка тенденція до зростання обсягів монолітного та висотного будівництва. У зв'язку з цим перед проектними та будівельними організаціями постає складне завдання вибору оптимальних конструктивних рішень і методів армування елементів несучого каркасу будівель. Правильно підібрана схема армування та ефективний спосіб з'єднання арматурних стержнів суттєво впливають на зменшення нерівномірних деформацій і осідань, підвищують просторову жорсткість конструкцій та дозволяють знизити трудомісткість виконання арматурних робіт.

В умовах сучасного будівництва поряд із вимогами до міцності та надійності залізобетонних конструкцій важливого значення набуває економічна доцільність застосування того чи іншого способу стикування арматури. Розвиток зварювальних технологій дозволяє отримувати з'єднання високої якості, однак їх надійність значною мірою залежить від дотримання технологічних режимів, рівня кваліфікації персоналу та ефективності контролю якості на всіх етапах виробництва — від проектування до введення об'єкта в експлуатацію.

Аналіз світового досвіду будівництва свідчить про зростаючий інтерес до альтернативних способів з'єднання арматури, зокрема механічних стиків. У порівнянні із зварними з'єднаннями вони характеризуються стабільністю механічних властивостей, технологічною простотою та можливістю застосування в умовах щільноармованих конструкцій. Водночас вибір методу з'єднання повинен базуватися не лише на технічних, але й на економічних показниках, що в окремих випадках зумовлює доцільність комбінованого використання кількох технологій.

**Застосування з'єднання арматури внахлест.** Одним із традиційних способів стикування окремих арматурних стержнів без застосування зварювання та в'язального дроту є з'єднання арматури внахлест. Даний метод полягає у взаємному перекритті стержнів на визначену розрахункову довжину, протягом якої передача зусиль від одного елемента до іншого здійснюється за рахунок сил зчеплення арматури з бетоном.

З'єднання внахлест широко застосовується при армуванні фундаментних плит, монолітних перекриттів, стін, колон та інших залізобетонних конструкцій. Основною перевагою цього способу є відсутність потреби у спеціальному обладнанні та виконанні додаткових технологічних операцій, однак його використання призводить до збільшення витрат арматурної сталі.

Залежно від конструктивного виконання та умов роботи арматури, з'єднання внахлест без зварювання поділяються на такі основні типи:

- стики з прямими кінцями стержнів періодичного профілю;
- стики з прямими кінцями стержнів із приварюванням або встановленням на довжині нахлестки поперечних анкерних стержнів;
- стики із загнутими кінцями арматури (гаки, лапки, петлі).

Для гладкої арматури застосування прямих стиків без додаткового анкерування не допускається. У таких випадках обов'язковим є використання гаків або петель, які забезпечують надійну передачу зусиль. Для арматури періодичного профілю з'єднання без загинів допускається за умови забезпечення нормативної довжини нахлесту.

Лапки, гаки та петлі не рекомендується застосовувати для анкерування стиснутої арматури, за винятком випадків використання гладких стержнів, які можуть зазнавати розтягувальних зусиль при окремих поєднаннях навантажень.

Довжина нахлесту визначається з умов забезпечення сприйняття зусиль, що діють у стержнях, силами зчеплення арматури з бетоном по довжині анкерування. Орієнтовно величина нахлесту становить не менше 30 діаметрів арматурного стержня, однак точні значення встановлюються проектною документацією з урахуванням класу бетону, класу арматури, характеру напруженого стану та умов експлуатації.

У міжнародній практиці мінімальна довжина нахлесту для розтягнутої арматури, як правило, приймається рівною 40 діаметрам стержня. Для арматури класу А400С мінімальна довжина нахлесту становить 50d. Зі збільшенням класу бетону допустима довжина нахлесту зменшується: для бетону класу С12/15 вона складає близько 50d, для С16/20 - 40d, а для С20/25 - 35d. Для арматури класу А240С мінімальний нахлест приймається рівним 40d.

У всіх випадках у розрахунках використовується менший з діаметрів стержнів, що стикуються.

Стержні, що з'єднуються внапуск, повинні розташовуватися зі зміщенням один відносно одного. Стики вважаються рознесеними по довжині, якщо відстань між їх центрами становить не менше ніж 1,3 довжини нахлесту. Таке розміщення дозволяє уникнути концентрації напружень в одному поперечному перерізі конструкції.

До основних переваг з'єднання арматури внахлест належать:

- відсутність потреби у спеціальному обладнанні та енергозатратах;
- зниження вимог до точності заготовлення арматурних елементів;
- можливість виконання робіт без залучення висококваліфікованого персоналу.

Разом з тим, даний спосіб має низку суттєвих недоліків:

- збільшення витрат арматури за рахунок значної довжини перепуску;
- виникнення ексцентриситету прикладання зусиль і додаткових згинальних моментів;
- зниження межі текучості стику;
- залежність міцності з'єднання від стану бетону в зоні нахлесту;
- необхідність додаткового поперечного армування для запобігання тріщиноутворенню.

При стикуванні арматури внахлест довжиною  $20d-40d$  втрати металу можуть становити від 3,5 до 27 % залежно від діаметра стержнів, причому найбільші перевитрати спостерігаються при використанні арматури великого діаметра (32–40 мм).

**Застосування з'єднання арматури зварюванням.** У сучасному монолітному та збірно-монолітному будівництві зварювання є одним із найбільш поширених способів з'єднання арматурних стержнів. Повністю відмовитися від зварювання можливо лише при виконанні незначних обсягів арматурних робіт, де допускається ручне в'язання. В усіх інших випадках, зокрема при виготовленні арматурних сіток, каркасів і просторових блоків, застосування зварювання є технологічно доцільним.

Усі зварні з'єднання арматури повинні виконуватися відповідно до чинних нормативних документів та технологічних інструкцій. Перед початком робіт необхідно перевіряти відповідність класу арматурної сталі, типу електродів і режимів зварювання вимогам ДСТУ та проектної документації. Неправильний підбір електродів або порушення технології може призвести до утворення крихких і ненадійних стиків, що істотно знижує несучу здатність конструкції.

Основною складністю при зварюванні арматури є забезпечення стабільної якості з'єднань, оскільки властивості зварного шва значною мірою залежать від кваліфікації зварника, умов виконання робіт та контролю технологічних параметрів.

### **Основні види зварювання арматури**

Найбільш поширеними способами з'єднання арматурних стержнів зварюванням є контактне та дугове зварювання.

Контактне зварювання застосовується переважно в заводських умовах при виготовленні арматурних сіток і каркасів. Воно поділяється на стикове та точкове.

**Контактне стикове зварювання** використовують для з'єднання стержнів у поздовжньому напрямку з метою збільшення їх довжини або зрощування відрізків арматури. Стержні затискають у струмопровідних губках, після чого при подачі електричного струму та одночасному зближенні торців відбувається їх нагрів до пластичного стану і подальше осідання з утворенням суцільного стику.

**Контактне точкове зварювання** застосовується для з'єднання перехресних стержнів у сітках і каркасах. У місці контакту під дією струму метал розплавляється, після чого стержні стискаються електродами зварювальної машини до утворення зварної точки заданої міцності.

### **Дугове зварювання**

Дугове зварювання використовується, як правило, безпосередньо на будівельному майданчику. Стержні можуть з'єднуватися внахлест або з накладками при діаметрі арматури від 8 до 40 мм. Процес здійснюється за допомогою трансформаторів змінного струму або агрегатів постійного струму (Рис. 6.1).

Перевагами дугового зварювання є його універсальність та відносна простота виконання. До недоліків належать підвищена трудомісткість, значні витрати електродів і металу, а також залежність якості стику від кваліфікації виконавця.

**Ванне зварювання** застосовується для стикування арматурних стержнів діаметром 20 мм і більше. Суть методу полягає в утворенні ванни розплавленого металу між торцями стержнів, які встановлюють із зазором на сталеву підкладку або у форму. Розплавлення відбувається за рахунок тепла рідкого металу, а не безпосередньо дії дуги, що дозволяє зменшити витрати електродів і електроенергії.

**Електрошлакове зварювання** є вдосконаленим різновидом ванного зварювання. Процес відбувається під шаром флюсу без утворення відкритої дуги. Тепло виділяється при проходженні струму через розплавлений шлак,

що забезпечує рівномірне нагрівання і високу якість зварного з'єднання. Цей спосіб застосовується для арматури діаметром від 20 до 80 мм і вважається одним з найбільш ефективних серед зварювальних методів.

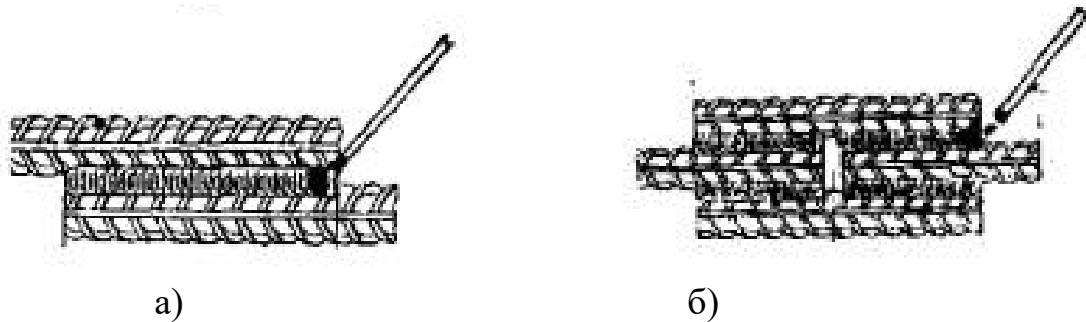


Рис. 6.1. Дугове зварювання. а) зварювання внахлест; б) зварювання внахлест з накладками

### **Недоліки зварних з'єднань арматури**

Незважаючи на широке застосування, зварювання арматури має низку суттєвих недоліків:

- підвищена складність технологічного процесу;
- висока травмонебезпечність робіт (ризик опіків, електротравм);
- значні витрати часу та електроенергії;
- потреба у висококваліфікованому персоналі;
- складність контролю якості зварних швів;
- можливе зниження надійності каркасу при бетонуванні, особливо при використанні бетонів із крупним заповнювачем.

У ряді випадків розрив зварних з'єднань під час укладання бетонної суміші призводить до зменшення загальної жорсткості та несучої здатності залізобетонної конструкції.

**З'єднання арматури з допомогою муфт.** Упродовж тривалого часу в практиці будівництва переважали збірні залізобетонні конструкції, в яких стикування арматури виконувалося переважно зварюванням або з'єднанням внахлест. Однак із розвитком монолітного та монолітно-каркасного будівництва, а також переходом на використання арматурного прокату підвищеної міцності класів А400С та А500С відповідно до ДСТУ 3760:2019, виникла необхідність пошуку більш ефективних і надійних способів з'єднання арматурних стержнів.

Одним із найбільш перспективних напрямів у цій сфері є застосування механічних з'єднань арматури із використанням спеціальних муфт. Даний спосіб дозволяє здійснювати стикування арматурних стержнів без зварювання та без збільшення витрат сталі, характерних для з'єднань

внахлест. Муфтові з'єднання забезпечують передачу зусиль безпосередньо від одного стержня до іншого, минаючи бетон, що значно підвищує надійність стику.

У світовій будівельній практиці накопичено значний досвід застосування муфтових з'єднань для арматури періодичного профілю. Особливо широке поширення вони отримали при зведенні висотних будівель, мостів, об'єктів транспортної інфраструктури та споруд підвищеної відповідальності.

### **Класифікація муфтових з'єднань арматури**

Залежно від принципу роботи та технології виконання розрізняють такі основні види муфтових з'єднань:

- **різьбові з'єднання**, що виконуються шляхом нарізування різьби на кінцях арматурних стержнів;
- **гідралічні (обтискні) з'єднання**, які утворюються шляхом пластичної деформації муфти за допомогою гідралічного преса.

Обидва типи механічних з'єднань можуть застосовуватися для арматури класів А400С та А500С у конструкціях, що працюють як на стиск, так і на розтяг.

### **Механічні переваги муфтових з'єднань**

Застосування муфт для стикування арматури має низку суттєвих конструктивних та експлуатаційних переваг:

- підвищення несучої здатності стиків і збереження розрахункових характеристик арматурної сталі;
- відсутність термічного впливу на метал, що виключає зміну структури сталі, характерну для зварних з'єднань;
- підвищена надійність роботи конструкцій при сейсмічних та динамічних навантаженнях;
- можливість застосування у густоармованих елементах і важкодоступних місцях;
- зменшення концентрації напружень у зоні стику;
- спрощення контролю якості виконаних з'єднань.

Муфтові стики забезпечують більш рівномірну передачу зусиль, що позитивно впливає на роботу залізобетонних елементів у цілому.

### **Економічні переваги механічних з'єднань**

Окрім конструктивних переваг, муфтові з'єднання характеризуються високою економічною ефективністю:

- скорочення витрат арматурної сталі за рахунок відсутності нахлестів;
- зменшення трудомісткості арматурних робіт;

- значне скорочення часу виконання одного стику;
- відсутність витрат на електроенергію, пов'язаних зі зварюванням;
- можливість залучення робітників середньої кваліфікації без спеціальної зварювальної підготовки.

У ряді випадків застосування муфтових з'єднань дозволяє знизити загальну вартість арматурних робіт та скоротити строки виконання будівельно-монтажних процесів.

### **Різьбові з'єднання арматури з застосуванням муфт**

Різьбові з'єднання арматури в свою чергу поділяються на:

- з'єднання арматури з циліндричним (паралельним) різьбленням;
- з конічним різьбленням кінців арматури, що з'єднуються;

#### **З'єднання з циліндричною (паралельною) різьбою**

Циліндричне різьбове з'єднання передбачає накатування метричної різьби на кінцях арматурних стержнів із подальшим з'єднанням їх сталеву муфтою. Такий спосіб широко застосовується як у заводських умовах, так і безпосередньо на будівельному майданчику.

#### **Технологічна послідовність виконання**

Процес улаштування різьбового з'єднання з паралельною різьбою включає такі основні етапи:

1. **Підготовка торців арматурних стержнів** — обрізання кінців до проектної довжини з використанням відрізних верстатів;
2. **Зняття ребер періодичного профілю** на ділянці накатки різьби;
3. **Накатування різьби** за допомогою спеціального різьбонакатного верстата;
4. **Стикування арматури** шляхом накручування муфти з використанням динамометричного ключа до досягнення нормативного зусилля затяжки.

Муфти виготовляються зі сталі марки 45 та призначені для з'єднання арматурних стержнів діаметром від 16 до 40 мм.

#### **Види муфт з циліндричною різьбою**

Залежно від умов монтажу та геометрії стику застосовуються такі типи муфт:

- **стандартні муфти** - для з'єднання арм одного діаметра (Рис. 6.2);
- **перехідні муфти** — для стикування стержнів різного діаметра;
- **позиційні муфти** — використовуються у випадках, коли один із стержнів жорстко закріплений у конструкції та не має можливості обертатися (Рис. 6.3).

До основних переваг даного виду з'єднань належать:

- універсальність застосування в різних кліматичних умовах;
- скорочення тривалості монтажу арматурних стиків;
- відсутність необхідності у зварювальних роботах;
- стабільна якість з'єднання при дотриманні технології;
- зменшення енерговитрат у порівнянні зі зварюванням;
- відсутність вимог до високої кваліфікації робітників.

З'єднання з циліндричною різьбою є надійним і технологічно простим рішенням для більшості монолітних залізобетонних конструкцій.

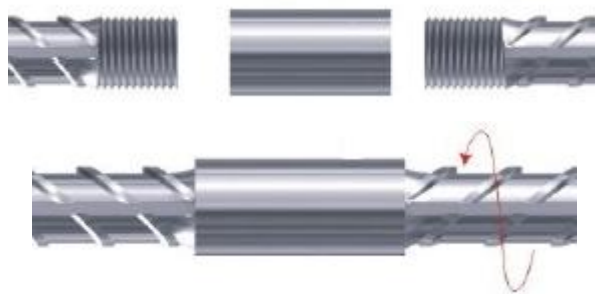


Рис. 6.2. Стандартні муфти



Рис. 6.3. Позиційні муфти

### **Різьбові з'єднання арматури з конічною різьбою**

Різьбові з'єднання арматури з конічною різьбою є сучасним та надійним способом стикування арматурних стержнів у монолітному будівництві. Особливістю даного типу з'єднань є наявність конічної різьби, яка забезпечує самоущільнення муфти під час затягування та підвищену надійність стику.

Конічна різьба наноситься на кінці арматурних стержнів за допомогою спеціального різьбонакатного обладнання. При з'єднанні стержнів муфта нагвинчується до повного контакту різьбових поверхонь, у результаті чого досягається щільне та жорстке стикування без додаткового регулювання.

## Технологія виконання з'єднання

Послідовність улаштування різьбових з'єднань з конічною різьбою включає такі етапи:

1. обрізання арматурних стержнів до проектної довжини;
2. механічну підготовку торців та формування конічної різьби;
3. очищення різьбової поверхні від стружки та забруднень;
4. монтаж муфти вручну або з використанням монтажного ключа;
5. контроль правильності затягування муфти.

На відміну від паралельної різьби, у даному випадку не потребується точне контролювання крутного моменту, оскільки геометрія різьби забезпечує автоматичне досягнення необхідного притискного зусилля.

До основних переваг різьбових з'єднань з конічною різьбою належать:

- підвищена несуча здатність стику;
- самофіксація муфти без ризику послаблення;
- мінімальні допуски при монтажі;
- висока швидкість виконання робіт;
- надійна робота з'єднання при динамічних навантаженнях;
- можливість контролю якості візуальним способом.

З'єднання з конічною різьбою доцільно застосовувати у відповідальних конструкціях - колонах, пілонах, діафрагмах жорсткості та фундаментних плитах багатоповерхових будівель (Рис. 6.4).



Рис. 6.4. Стандартне стикове з'єднання арматурних стержнів з конічною різьбою.

Руйнування різьбових з'єднань арматурних стержнів, що працюють на осьовий розтяг, відбувається, як правило, по різьбовій частині арматури або по витках муфти (рис. 6.5).



Рис. 6.5. Стикові з'єднання арматурних стержнів з конічною різьбою після розриву

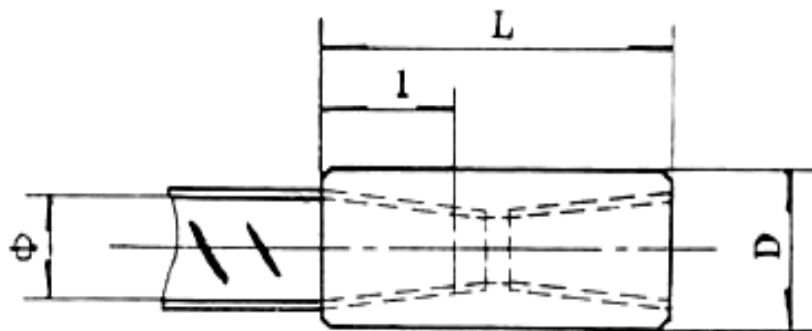


Рис. 6.7. Стандартне з'єднання

Найпоширенішим видом руйнування є зрив різьбових витків із поверхні арматурного стержня, при цьому сама муфта, як правило, залишається неушкодженою. Це свідчить про достатній запас міцності муфтового елемента та правильний підбір матеріалу муфти (Рис. 6.7).

При статичному навантаженні характер руйнування різьбових з'єднань є поступовим, що забезпечує можливість перерозподілу зусиль у залізобетонній конструкції. На відміну від зварних стиків, де руйнування часто має крихкий характер, механічні різьбові з'єднання демонструють більш передбачувану поведінку під навантаженням.

Випробування різьбових з'єднань підтверджують, що межа міцності стиків відповідає або перевищує межу міцності цілісного арматурного

стержня. Це досягається за рахунок рівномірного розподілу напружень у зоні стику та відсутності термічного впливу на структуру сталі.

Механічні характеристики стандартних муфт залежать від матеріалу виготовлення, способу обробки та геометричних параметрів різьби. Найчастіше муфти виготовляються зі сталі 45 з нормалізацією або без термічної обробки, що забезпечує оптимальне поєднання міцності та пластичності (Рис. 6.8).

До основних механічних характеристик муфт належать:

- межа текучості  $\sigma_s$ ;
- межа міцності  $\sigma_b$ ;
- відносне видовження  $\delta_s$ ;
- відносне звуження  $\psi$ ;
- ударна в'язкість  $X_k$ ;
- твердість по Бринеллю НВ.

Отримані в ході лабораторних випробувань результати показують, що механічні властивості муфтових з'єднань відповідають вимогам чинних нормативних документів та допускають їх застосування у відповідальних несучих конструкціях.

Таблиця 6.2.

Діаметр арматури	Ø16 mm	Ø18 mm	Ø20 mm	Ø22 mm	Ø25 mm	Ø28 mm	Ø32 mm	Ø36 mm	Ø40 mm
<u>D(mm)</u>	<u>25</u>	<u>28</u>	<u>30</u>	<u>32</u>	<u>35</u>	<u>39</u>	<u>44</u>	<u>48</u>	<u>52</u>
<u>L(mm)</u>	65	75	85	95	95	105	115	125	135
<u>l(mm)</u>	30	35	40	45	45	50	55	60	65

Таблиця 6.3. Механічні властивості стандартних муфт:

Матеріал	Ø зразка	Т-на обробка	$\sigma_s$	$\sigma_b$	$\delta_s$	$\psi$	$X_k$	Без термічної обробки	відж
45#	25	Нор-ція	$\geq$ 355	$\geq$ 600	$\geq$ 16	$\geq$ 40	$\geq$ 39	$\leq$ 241 НВ	$\leq$ 197 НВ

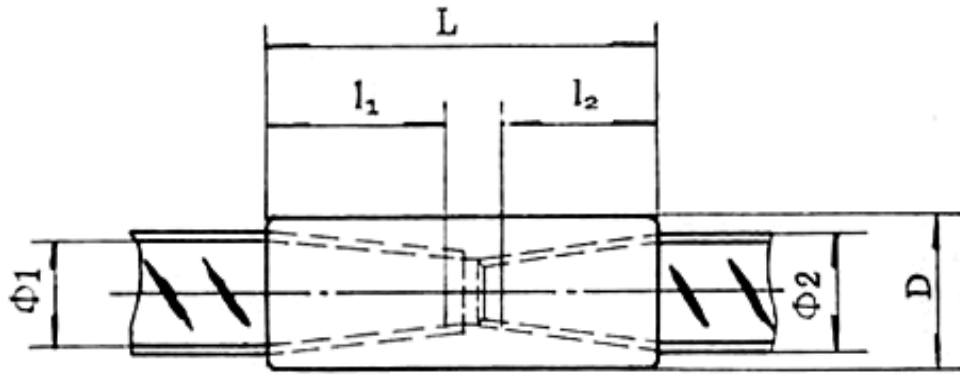


Рис. 6.8. Параметри перехідної муфти

Таблиця 6.4.

Діаметр арматури		Муфта		Довжина різьби	
Ø1	Ø2	D(mm)	L(mm)	l1(mm)	l2(mm)
32mm	20mm	44	105	55	40
20mm	16mm	32	75	40	30
32mm	22mm	44	110	55	45
22mm	16mm	32	80	45	30
22mm	20mm	32	90	45	40
28mm	22mm	39	105	50	45
25mm	22mm	35	100	45	45
32mm	28mm	44	120	55	50
28mm	25mm	39	110	50	45

**Механізм для нанесення різьби на арматурні стержні.** Для виконання механічних різьбових з'єднань арматурних стержнів у сучасному будівництві застосовуються спеціалізовані різьбонакатні верстати. Одним із найбільш поширених є різьбонакатний верстат типу **РНС-40**, який призначений для холодної накатки циліндричної (паралельної) різьби на арматурні стержні періодичного профілю.

Верстат РНС-40 забезпечує можливість нанесення різьби на арматуру діаметром від **16 до 40 мм**, що повністю відповідає діапазону застосування арматури класів **A400С та A500С**, які найчастіше використовуються при зведенні монолітних залізобетонних конструкцій.

Процес накатки різьби здійснюється методом пластичної деформації металу без зняття стружки, що дозволяє зберегти волокнисту структуру сталі та підвищити міцність різьбового з'єднання. Перед накаткою різьби з арматурного стержня зрізаються ребра періодичного профілю на заданій довжині, після чого виконується формування різьби спеціальними роликками.

У конструкцію верстата входять:

- станина з жорстким кріпленням основних вузлів;

- патрон-редуктор для різання ребер та накатки різьби;
- система подачі мастильно-охолоджувальної рідини;
- механічні лещата для фіксації арматурного стержня.

Подача патрон-редуктора в робочу зону здійснюється механічно вручну, що робить верстат простим в експлуатації та не потребує високої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Продуктивність верстата становить **250–300 з'єднань за зміну**, що дозволяє ефективно використовувати його як на будівельному майданчику, так і в умовах арматурних цехів.



#### **Технічні характеристики**

- діаметр арматури – 16...40 мм;
- довжина накатки різьби – 0...120 мм;
- потужність електродвигуна – 4 кВт;
- напруга живлення – 380 В, 50 Гц;
- швидкість обертання патрона – 62 об/хв;
- потужність насоса МОР – 90 Вт;
- витрата мастильно-охолоджувальної рідини – 12 л/хв.

Рис. 6.9. Різбонакатний верстат РНС-40

Завдяки простоті конструкції, надійності та високій продуктивності різбонакатний верстат РНС-40 (Рис. 6.9). широко застосовується при організації серійного та масового виробництва механічних з'єднань арматури.

**Гідравлічний спосіб з'єднання арматури.** Гідравлічний спосіб з'єднання арматури належить до механічних методів стикування та полягає в опресуванні кінців арматурних стержнів у сталевій з'єднувальній муфті за допомогою гідравлічного преса. Даний метод широко застосовується для з'єднання арматури періодичного профілю діаметром **16–40 мм** класів **A400С та A500С** і дозволяє отримати рівномірне з'єднання, еквівалентне цілому стержню.

Залежно від призначення розрізняють:

- **стандартні опресовані муфти**, що використовуються для стикування стержнів одного діаметра;
- **перехідні муфти**, призначені для з'єднання арматури різного діаметра (наприклад, 36/32, 32/28, 28/25 тощо).

Муфти виготовляються зі сталевих безшовних гарячедеформованих або холоднодеформованих труб, а також з круглого прокату. Внутрішній діаметр

муфт знаходиться в межах **20–41 мм**, а довжина — **130–270 мм**, залежно від діаметра арматури та кількості обтисків.

Кількість обтисків визначається довжиною муфти:

- муфти довжиною 130–150 мм — **4 обтиски**;
- 170–190 мм — **6 обтисків**;
- 210 мм — **8 обтисків**;
- 240 мм — **10 обтисків**;
- 270 мм — **12 обтисків**.

Торці арматурних стержнів, що з'єднуються, повинні бути перпендикулярними до осі стержня з допустимим відхиленням не більше  $\pm 15^\circ$  та щільно стикатися між собою.

Опресовані механічні з'єднання можуть застосовуватися в залізобетонних конструкціях будівель і споруд різного призначення. Стиснуті контактні з'єднання допускається використовувати для елементів, що працюють переважно на стиск. Розтягнуті опресовані стики дозволено застосовувати як для розтягнутих, так і для стиснутих арматурних стержнів.

Нормативні та розрахункові опори арматури з механічними з'єднаннями на розтяг і стиск приймаються такими ж, як і для суцільних стержнів відповідного класу, що дозволяє проектувати залізобетонні конструкції без додаткових понижуючих коефіцієнтів.

### **Переваги гідравлічних механічних з'єднань арматури**

Гідравлічні механічні з'єднання арматурних стержнів набувають дедалі більшого поширення у світовій та вітчизняній будівельній практиці, особливо при зведенні монолітних залізобетонних конструкцій. Це зумовлено як високими експлуатаційними характеристиками таких стиків, так і їх економічною доцільністю.

До **основних технічних переваг** гідравлічно-гоцьїйних з'єднань арматури належать:

1. **Рівноміцність стику** — у більшості випадків руйнування відбувається по тілу арматурного стержня, а не в зоні з'єднання, що свідчить про повну реалізацію міцності сталі.
2. **Відсутність термічного впливу** на метал арматури, на відміну від зварювання, що дозволяє зберегти структуру сталі та її фізико-механічні властивості.
3. **Підвищена надійність роботи в сейсмічних районах**, оскільки механічні з'єднання краще сприймають циклічні та знакозмінні навантаження.

4. **Зменшення концентрації напружень** у зоні стику за рахунок рівномірного обтиснення муфти по всій довжині.
5. **Можливість застосування у важкодоступних місцях** та в умовах щільного армування.

До економічних і технологічних переваг відносять:

- **економію арматури до 25–27%** порівняно із з'єднанням внахлест;
- **значне скорочення часу влаштування стиків** — у 6–8 разів у порівнянні зі зварюванням;
- **низьке енергоспоживання (1–3 кВт)**, що не потребує потужних джерел електроживлення;
- **можливість виконання робіт за будь-яких погодних умов**, оскільки процес не пов'язаний з відкритим полум'ям;
- **зниження вимог до кваліфікації персоналу** у порівнянні зі зварювальними роботами.

Таким чином, гідравлічні механічні з'єднання є ефективною альтернативою традиційним способам стикування арматури, особливо при спорудженні відповідальних монолітних конструкцій.

**Механізм для обтиску арматури при гідравлічному з'єднанні.** Для виконання механічного стикування арматурних стержнів за допомогою обтискних муфт застосовуються спеціальні гідравлічні преси. Дані механізми забезпечують рівномірне обтиснення муфти по всій її довжині, внаслідок чого утворюється надійне та рівномірне з'єднання (Рис. 6.10).



Рис. 6.10. З'єднання муфти з арматурою гідравлічним пресом

У даній роботі для з'єднання арматури періодичного профілю використовується гідравлічний прес типу **GT 40**, призначений для стикування арматурних стержнів діаметром до 36 мм. Для більших діаметрів застосовуються преси типу **GT 60** (Рис. 6.11), що дозволяють виконувати з'єднання арматури до Ø55 мм.

Принцип дії гідравлічного преса полягає в поетапному обтисненні сталевій муфти навколо стику арматурних стержнів. Арматурні стержні попередньо встановлюють у муфту таким чином, щоб їх торці щільно стикалися між собою.

Після цього пресом здійснюють послідовні обтиски, починаючи від середини муфти до її країв, що забезпечує рівномірний розподіл напружень.

У процесі обтиснення відбувається пластична деформація матеріалу муфти, внаслідок чого забезпечується надійне зчеплення муфти з арматурними стержнями без пошкодження їхньої структури.



Рис. 6.11. Гідравлічний прес GT 40

### Технічні характеристики гідравлічного преса GT 40

- зусилля обтиску – до **791 кН (79,1 тс)**;
- робочий тиск – **70 МПа**;
- габаритні розміри – **170×170×395 мм**.

Комплект обладнання включає гідравлічний прес, насосну станцію, рукави високого тиску та змінні матриці («губки») для різних діаметрів арматури.

Застосування гідравлічних пресів дозволяє значно підвищити продуктивність арматурних робіт, знизити трудомісткість та забезпечити стабільну якість механічних з'єднань (Рис. 6.12).



Рис. 6.12. Стикування арматури гідравлічним пресом GT 40



а)



б)



в)

Рис. 6.13. а),б),в) Гідравлічне з'єднання з застосуванням муфт

Для оцінки несучої здатності та надійності механічних з'єднань арматури класу **A500C** з використанням обтискних муфт були проведені експериментальні випробування на статичний розтяг. Випробування виконувалися на розривній машині **УММ-50** відповідно до вимог чинних нормативних документів (Рис. 6.13).

Зразок для випробування складався з двох арматурних стержнів діаметром **Ø25 мм** класу **A500С**, з'єднаних між собою обтискною муфтою за допомогою гідравлічного преса **GT-40**. Обтиск виконували послідовно: спочатку обтискалася одна сторона муфти, після чого — друга, з дотриманням рекомендованої технології.

### **Контроль якості виконання з'єднання**

Первинний контроль якості з'єднання здійснювався безпосередньо після обтиснення. Основним показником правильності виконання операції є відносне видовження муфти, яке повинно знаходитись у межах **8–15 %** від її початкової довжини.

У даному випадку:

- початкова довжина муфти —  $l_0$ ;
- довжина муфти після обтиснення —  $l_1$ .

Відносне видовження становило **9,5 %**, що підтверджує відповідність з'єднання технологічним вимогам.

$$l_s = \frac{l_1 - l_0}{l_1} = \left( \frac{210 - 190}{210} \right) \cdot 100\% = \frac{20}{210} \cdot 100\% = 9,5\%;$$

### **Проведення випробування**

Після виготовлення зразок був закріплений у захватах розривної машини. Навантаження прикладалося поступово до моменту руйнування. Максимальне навантаження, досягнуте під час випробування, становило **320 кН (32 тс)**.

У процесі випробування встановлено, що руйнування відбулося **по тілу арматурного стержня**, тоді як обтискна муфта та зона стику залишилися неушкодженими. Це свідчить про те, що міцність механічного з'єднання не поступається міцності суцільного арматурного стержня.

### **Аналіз результатів**

Результати випробувань оформлені у вигляді:

- графіка залежності деформацій від прикладеного навантаження б.14;
- візуального аналізу характеру руйнування зразка б.15.

Графік залежності „ $\sigma - \delta$ ” для прокату діаметром 25 мм та його з'єднання наведено на рис.

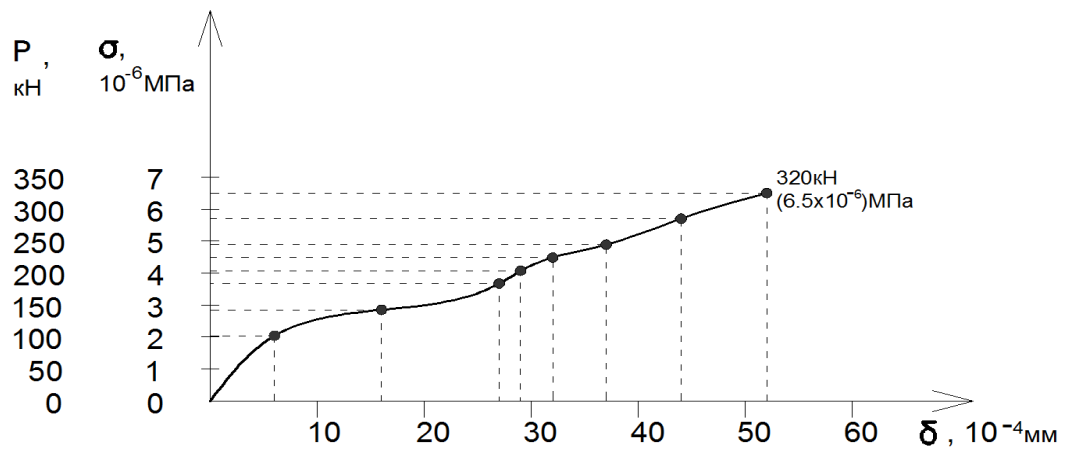


Рис. 6.14. Залежність деформацій від напружень, які виникають в стержнях арматури що стикаються методом гідравлічного з'єднання із застосуванням муфт



Рис. 6.15. Загальний вид випробувань з'єднань арматурного прокату з обтискною муфтою

Отримані експериментальні дані підтверджують високу ефективність механічних з'єднань з використанням обтискних муфт та доцільність їх застосування у відповідальних залізобетонних конструкціях б.16.



## **Порівняння видів з'єднань арматури**

Для обґрунтування вибору оптимального способу стикування арматурних стержнів у монолітних залізобетонних конструкціях виконано порівняльний аналіз основних типів з'єднань, що найбільш широко застосовуються в сучасному будівництві, а саме:

- з'єднання арматури внахлест без зварювання;
- зварні з'єднання арматури;
- механічні з'єднання арматури з використанням обтискних муфт.

Порівняння виконувалося за такими основними показниками:

- **вартість влаштування одного стика;**
- **тривалість виконання одного з'єднання;**
- **міцність з'єднання на розрив.**

### **Витрати на влаштування одного стика**

Аналіз економічної складової показав, що при з'єднанні арматури діаметром **Ø25** мм витрати на влаштування стика істотно відрізняються залежно від прийнятої технології.

З'єднання внахлест не потребує спеціального обладнання, однак супроводжується значною перевитратою арматурної сталі за рахунок довжини перепуску. Зварні стики мають вищу собівартість через необхідність залучення кваліфікованого персоналу, витрат електроенергії та додаткового контролю якості.

Механічні з'єднання обтискними муфтами, незважаючи на використання спеціального інструменту, дозволяють суттєво зменшити витрати сталі та загальні фінансові витрати на один стик.

### **Тривалість виконання з'єднання**

Часові витрати на виконання стиків мають вирішальне значення при зведенні об'єктів з великими обсягами арматурних робіт.

Найменш тривалим за часом є з'єднання внахлест, однак цей спосіб не забезпечує високої конструктивної ефективності. Найбільш трудомістким є зварювання, де на один стик може витрачатися до **30 хвилин**.

Механічні з'єднання за допомогою обтискних муфт дозволяють виконати один стик у середньому за **7–10 хвилин**, що значно прискорює темпи армування.

### **Міцність з'єднань на розрив**

Результати експериментальних випробувань показали, що міцність механічних з'єднань обтискними муфтами перевищує показники зварних стиків та не поступається міцності суцільного арматурного стержня. Руйнування відбувається поза зоною з'єднання, що свідчить про високу надійність такого способу стикування.

Зведена порівняльна характеристика для арматури діаметром  $\varnothing 25$  мм наведена в таблиці 6.5 та на рисунку 6.17.

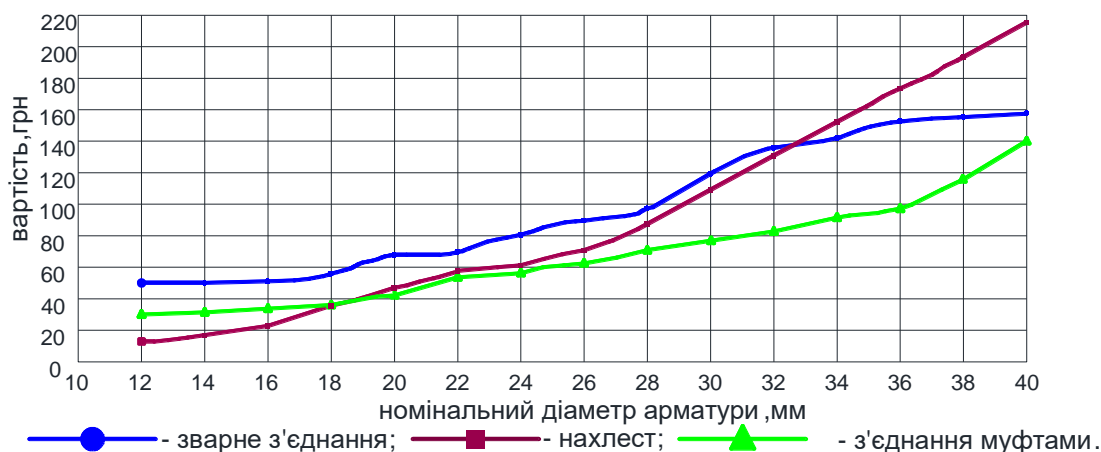


Рис. 6.17. Порівняння витрат на влаштування одного стику 3-ма видами з'єднань

Таблиця 6.5. Порівняльна характеристика з'єднань арматури для  $\varnothing 25$ мм

Параметри \ Тип з'єднання	Витрати на одне з'єднання, грн	Час влаштування одного з'єднання, хв. (год)	Міцність на розрив, $10^{-6}$ МПа
Внахлест	96,59	1 (0,017)	-
Зварювання	106,63	30 (0,5)	2,28
Обтиск муфтами	90,52	7 (0,117)	6,5

Отримані результати наочно демонструють технічну та економічну доцільність застосування механічних з'єднань арматури, особливо при використанні стержнів середніх і великих діаметрів.

### Висновки

На підставі виконаних лабораторних випробувань з'єднань арматурних стержнів класу **A500C**, виготовлених із застосуванням обтискних муфт, встановлено, що механічні стики забезпечують рівномірність з'єднання з основним тілом арматурного прокату. Під час випробувань на статичний розтяг руйнування зразків відбувалося по арматурному стержню за межами муфти, що підтверджує високу несучу здатність стикової зони.

Аналіз діаграм «напруження – деформація» показав, що характер роботи з'єднання практично не відрізняється від роботи суцільного стержня. Це свідчить про відсутність локальної концентрації напружень у зоні механічного стику, що є принциповою перевагою порівняно зі зварними та нахлестковими з'єднаннями.

Встановлено, що відносне видовження обтискних муфт після монтажу знаходиться в межах нормативних значень (8–15 %), що дозволяє здійснювати оперативний візуальний та інструментальний контроль якості виконаних стиків без застосування складних методів неруйнівного контролю.

З технологічної точки зору, з'єднання арматури внахлест характеризується простотою виконання, однак призводить до ущільнення арматурного каркасу та ускладнення процесів бетонування, особливо в елементах з високим ступенем армування. Крім того, передача зусиль через бетон знижує надійність конструкції в експлуатаційний період.

Зварні з'єднання забезпечують безпосередню передачу зусиль між стержнями, однак суттєво залежать від кваліфікації зварника, режимів зварювання та якості електродів. Порушення технології призводить до утворення крихких зон і зниження довговічності конструкцій.

Механічні з'єднання арматури з використанням муфт поєднують у собі простоту монтажу, високу повторюваність якості та мінімальну залежність від людського фактору. Вони особливо ефективні при будівництві монолітних багатоповерхових будівель, де важливими є темпи виконання робіт та прогнозованість результатів.

На основі виконаного аналізу встановлено, що застосування механічних з'єднань арматури дозволяє:

- скоротити загальну тривалість арматурних робіт на **20–40 %**;
- зменшити витрати арматурної сталі до **25–27 %** за рахунок відмови від нахлесту;
- підвищити надійність стиків у конструкціях, що працюють у складних напружено-деформованих станах;
- забезпечити стабільну якість з'єднань незалежно від кліматичних умов та місця виконання робіт.

Особливо ефективним є використання механічних стиків у колонах, пілонах та інших вертикальних елементах монолітного каркасу, де зварювання або влаштування нахлесту суттєво ускладнює організацію робіт.

У результаті виконаних досліджень та порівняльного аналізу способів з'єднання арматури встановлено, що:

1. З'єднання арматури внахлест, незважаючи на простоту виконання, супроводжується значною перевитратою матеріалу та зниженням конструктивної ефективності елементів.
2. Зварні з'єднання характеризуються підвищеною трудомісткістю, складністю контролю якості та підвищеними вимогами до кваліфікації виконавців.
3. Механічні з'єднання арматури обтискними муфтами забезпечують найкраще поєднання міцності, швидкості монтажу та економічності ефективності.
4. За результатами випробувань підтверджено рівномірність механічних стиків із суцільною арматурою.
5. Для умов даної магістерської роботи доцільно прийняти механічне з'єднання арматури обтискними муфтами для стикування арматурних стержнів колон та інших відповідальних елементів монолітного каркасу.

## 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 В., 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.

Элевационные разрезы на высоте 0,000

План на высоте 0,000

План на высоте 0,000

План на высоте +22,200

План на высоте +22,200

Секция B-B

Техническая таблица

Будущий генеральный план