

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА  
ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Кафедра технології та організації будівельного виробництва

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА  
ЗВЕДЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ У ХАРКОВІ**

Розробив: студ. IV курсу, групи ПЦБ 2022-1  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія ОПП  
«Промислове та цивільне будівництво»

Поповкін Сергій Петрович



Керівник: к. т. н. , доц. Давиденко О.А.



Рецензент: к.е.н., доц. Савченко О.І.



**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА**

**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА  
ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри ТОБВ  
д.т.н., проф. Шумаков І.В.



«01» червня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ**

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

**ПОПОВКІН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ**

Спеціальність: *192 - Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Зведення житлового будинку у Харкові*

затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова № 447-03 від 26.05.2026 р.

Термін подання завершеної роботи на кафедру “10” червня 2026 р.

Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: *інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення об'єкту.*

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, технологічні рішення та організація будівництва, розділ охорони праці.*













Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- архітектурно-будівельна частина: *фасад; плани; розріз будинку; основні конструктивні вузли; генплан.*

- розрахунково-конструктивна частина: *плита перекриття; армування; специфікації; інженерно-геологічний розріз; план розташування фундаменту; схему армування.*

- технологічні рішення та організація будівництва: *технологічна карта на влаштування цегляних стін та міжповерхового перекриття; календарний графік.*

## КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		
		завдання видав	завдання прийняв	
1. Архітектурно-будівельна частина	доц. Казімагомедов Ф.І.			
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	доц. Храпатова І.В.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	доц. Бутенко С.В.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва	доц. Давиденко О.А.			
4. Охорона праці	доц. Косенко Н.О.			
Нормоконтроль	зав.лаб. Зінов'єва О.М.			

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	03.05.26-25.05.26	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	27.05.26-17.05.26	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	19.05.26-29.05.26	виконано
4. Охорона праці	02.06.26-12.06.26	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи



доц. Давиденко О.А.

Завдання прийняв до виконання



Поповкін С.П.

Дата видачі завдання “10”квітня 2026 р.

# ЗМІСТ

Розділ 1. Архітектурно-будівельна частина	5
1.1 Вихідні дані.....	5
1.2 Генеральний план.....	6
1.3 Об'ємно-планувальні рішення об'єкта.....	7
1.4 Теплотехнічний аналіз огорожувальних конструкцій.....	10
1.5 Архітектурно-конструктивні рішення.....	12
1.6 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі.....	14
Розділ 2. Розрахунково-конструктивна частина.....	16
2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту.....	16
2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту.....	22
Розділ 3. Технологічні рішення та організація будівництва .....	41
Розділ 4 Охорона праці.....	63
Список джерел інформації.....	77
ДОДАТОК А.....	81
ДОДАТОК Б.....	83

## РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 1.1 Вихідні дані

Житловий будинок на 9 поверхів, розташований на вул. Котельніковській.

Місце будівництва: м. Харків.

Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря:

- а) абсолютний мінімум табс. =  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$
- б) середня температура найхолоднішої доби  $t_{\text{сер. хол. доб.}} = -28\text{ }^{\circ}\text{C}$
- в) середня за найхолодніші п'ять діб  $t_{\text{сер. хол. 5 діб}} = -23\text{ }^{\circ}\text{C}$
- г) середня за найхолодніші три доби  $t_{\text{сер. хол. 3 доби}} = -25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Кліматична характеристика: суха зона вологості.

Снігове навантаження:

- а) район 1
- б) інтенсивність  $500\text{ Н/м}^2$

Вітрове навантаження:

- а) район 2
- б) інтенсивність  $450\text{ Н/м}^2$

Геологічні умови: суглинки; рівень ґрунтових вод відсутній.

Розрахункова глибина промерзання ґрунту: 850 мм.

Таблиця 1.1

Повторюваність напрямків вітру

місяць	ПН	ПН-С	С	ПД-С	ПД	ПД-З	З	ПН-З
Січень	9	23	24	3	4	12	12	13
Липень	12	11	8	6	10	15	13	25

- нормативне значення опору теплопередач зовнішніх стін, вікон, горищних перекриттів або покриттів відповідно до ДСТУ Б В.2.7-316:2016

## 1.2 Генеральний план

Будівельний майданчик розташований у місті Харкові по вул. Котельніковська. Розміри ділянки в плані становлять 125 × 90 м.

На південь від будівельного майданчика, на відстані 38 м, розташована територія адміністративної будівлі. У цьому ж напрямку, на відстані 268 м від межі майданчика, паралельно осі «А» проходить автомобільна дорога.

У східному напрямку, на відстані 80 м, знаходиться під'їзна дорога до гуртожитків і житлових будинків. Із західного боку на відстані 191 м розміщені гаражі. На півночі, на відстані 42 м, проходить під'їзна дорога.

Територія забудови вільна від зелених насаджень та розташована серед чагарників. Рельєф місцевості рівнинний і спокійний, з ухилом не більше  $i \leq 0,003$ . Відмітка горизонтального планування становить 206,5 м.

Автомобільна дорога по вул. Котельніковська, яка може використовуватись для руху будівельного транспорту, має ширину 15 м та довжину 180 м. Внутрішньоквартальні дороги, придатні для пересування будівельної техніки, мають ширину 15 м, а їх загальна протяжність становить 1208 м.

Таблиця 1.2

### Техніко-економічні показники проєкту

№ п/п	НАЙМЕНУВАННЯ	Одиниці виміру	Кількість
1	Площа території	Га	1,125
2	Площа забудови території будівлями	Га	0,647
3	Щільність забудови	Газ/Гат, %	57,6
4	Площа зазелення	Га	0,230
5	Коефіцієнт зазелення	Газл/Гат, %	20,4
6	Довжина автодороги	м	24,8
7	Коефіцієнт використання території	Гав/Гат, %	79,6

Газ - площа забудови території;

Гат - площа території;

Газл - площа озелення;

Гав - площа використання території;

### **1.3 Об'ємно-планувальні рішення об'єкта**

Будівля, що проєктується, має секційну об'ємно-планувальну схему та складається з двох симетричних секцій прямокутної форми розмірами 15620 × 25225 мм. Будинок дев'ятиповерховий, висота типового поверху становить 2,8 м.

Для забезпечення вертикального сполучення та комфортного пересування мешканців у будівлі передбачено два пасажирські ліфти вантажопідйомністю по 500 кг кожний зі швидкістю руху 1,0 м/с.

Будівля має підвальний поверх, розташований на відмітці –2,800, висота якого становить 2,6 м. Також передбачено технічний поверх (горище) висотою 2,4 м, розташований на відмітці +25,200.

На першому поверсі першої секції запроєктовано:

- одну однокімнатну квартиру типу 1А;
- одну двокімнатну квартиру типу 2А;
- одну двокімнатну квартиру типу 2Б;
- одну однокімнатну квартиру типу 2В.

На всіх наступних поверхах першої секції розташовані:

- одна однокімнатна квартира типу 1А;
- одна двокімнатна квартира типу 2А;
- одна двокімнатна квартира типу 2Б;
- одна трикімнатна квартира типу 3А.

Планувальне рішення другої секції є аналогічним першій секції.

## Площа приміщень, та загальна площа:

№ п/п	Тип квартири	Кіл.жил. кімнат	приміщення за призначенням	Площа м <sup>2</sup>	Загальна площа м <sup>2</sup>
1	2	3	4	5	6
1	1А	1	Кімната	21,32	46,96
			Кухня	10,31	
			Коридор	6,67	
			Санвузол	4,34	
			Балкон	4,32	
2	2А	2	Кімната	16,29	62,19
			Кімната	12,14	
			Кухня	14,16	
			Коридор	9,88	
			Санвузол	5,40	
			Балкон	4,32	
3	2Б	2	Кімната	15,37	58,25
			Кімната	10,48	
			Кухня	10,13	
			Коридор	12,55	
			Санвузол	5,40	

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6
3	2Б		Балкон	4,32	
4	2В	2	Кімната	16,20	62,25
			Кімната	10,85	
			Кухня	10,30	
			Коридор	15,18	
			Санвузол	5,40	
			Балкон	4,32	
5	3А	3	Кімната	16,20	74,24
			Кімната	11,12	
			Кімната	14,11	
			Кухня	10,30	
			Коридор	14,42	
			Санвузол	5,40	
			Балкон	4,32	
			Лоджія	3,77	

Усі кухні в квартирах обладнані газовими плитами та мийками відповідно до вимог житлового будівництва. Санітарно-технічне оснащення санвузлів передбачає встановлення ванн, унітазів та умивальників.

У будинку запроєктовано п'ять типів квартир, характеристика яких наведена у таблиці 2.

Кожна секція будинку оснащена однією сходовою клітиною, а також одним вхідним сходовим маршем, що забезпечує зручний доступ до житлової частини будівлі.

## ТЕП об'ємно планувальних рішень.

№ п/п	НАЙМЕНУВАННЯ	Одиниці виміру	Кількість
1	Площа забудови	м <sup>2</sup>	647,0
2	Будівельний об'єм	м <sup>3</sup>	27830,7
3	Загальна площа (S <sub>об</sub> )	м <sup>2</sup>	7238,9
4	Жила площа (S <sub>ж</sub> )	м <sup>2</sup>	5767,4
5	Коефіцієнт K <sub>1</sub> =S <sub>ж</sub> /S <sub>об</sub>	м <sup>2</sup> / м <sup>2</sup>	0,80
6	Коефіцієнт K <sub>2</sub> =V <sub>б</sub> /S <sub>об</sub>	м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	3,76

**1.4. Теплотехнічний розрахунок**

Вибір елементів стіни(по конструкційним особливостям).

Розрахунок опору теплопередачі здійснюється за формулою [7, 8]:

$$R_0 = R_i + R_b + R_n,$$

$R_i$  – визначення здатності і-го шару протидіяти потоку тепла конструкції;

$R_b$  – визначення внутрішньої поверхні за термічним опіром;

$R_n$  – визначення зовнішньої поверхні за термічним опіром.

$$R_i = \frac{\delta}{\lambda}; \frac{m^2 K}{Wm},$$

$\delta$  - товща шару,  $\lambda$  - коефіцієнт з теплопровідності.

Розрахунок зовнішньої стіни:

1. Цементно-піщане оздоблення,  $\delta=20$ мм;  $\lambda=0,7$  Вт/м\*К;

2. Цегляна кладка  $\delta=510$ мм;  $\lambda=0,7$ Вт/м\*К;

3. Мінераловатні плити за ДСТУ Б В.2.7-316:2016,

$$\rho_0 = 1800 \text{ кг/м}^3; \lambda = 0,87 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

$\epsilon$  – коефіцієнт, що бере до уваги деформацію теплоізоляційного матеріалу під час використання;

- для утеплювача:

$$R = \frac{\delta}{\lambda \cdot \epsilon}.$$

$\lambda$  - коефіцієнт з теплопровідності за додатком Л [3].

Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни для температурної зони  $R_{q\min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ .

Мінімально припустиме значення теплопередачі зовнішньої стіни для з опору температурної зони

Виконання умови будівель (опалювальних)- обов'язкове:

$$R_{\Sigma_{np}} \geq R_{q\min}$$

де  $R_{\Sigma_{np}}$  – загальний термічний опір непрозорої огорожувальної конструкції, виражений у  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ , визначається за такою формулою:

$$R_{\Sigma_{np}} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n R_i + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{\alpha_b} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_3}$$

де:  $\alpha_b$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, беремо як  $8,7 \text{ Вт/(м К)}$

$\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі з зовнішньої поверхні стіни (зовнішня) беремо рівним  $23,0 \text{ Вт/м}^2$ . До згідно з додатком Е; [3]

$$R_{\Sigma_{np}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{\delta_2}{0,037} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{1}{23} = 0,115 + 0,026 + \frac{\delta_2}{0,037} + 0,586 + 0,0435$$

$$R_{\Sigma_{np}} = R_{q\min} = 0,7705 + \frac{\delta_2}{0,037} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К / ВТ}$$

тож  $\delta_2 = 0,12 \text{ м}$ .

Таким чином, товщина теплоізоляційного шару виконаного з мінераловатних плит твердого типу повинна становити  $\min 0,099 \text{ м}$ .

Приймаємо –  $0,12 \text{ м}$ .

$$R_{\Sigma_{np}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{0,12}{0,037} + \frac{0,51}{0,87} + \frac{1}{23} = 4,013$$

$$R_{\Sigma_{np}} = 4,013 \geq R_{q\min} = 4$$

## **1.5 Архітектурно-конструктивні рішення**

### **Конструктивне рішення будівлі**

Будівельна система будинку змішана. Несучі стіни та перегородки виконуються ручною кладкою із силікатної цегли, а перекриття та сходові марші зі збірних залізобетонних елементів.

Конструктивна схема будівлі з поздовжніми несучими стінами. Просторова жорсткість і стійкість будинку забезпечуються спільною роботою дисків перекриттів із поздовжніми несучими та поперечними самонесучими стінами, до яких належать зовнішні бокові стіни та стіни сходових клітин.

### **Фундаменти**

У проєкті передбачено застосування збірних залізобетонних фундаментів. Монтаж фундаментних елементів і стінових блоків виконується по струні-причалці, що забезпечує точність встановлення конструкцій.

Горизонтальна гідроізоляція виконується з двох шарів гідроізолу або толю на бітумній мастиці. Вертикальна гідроізоляція передбачає дворазове нанесення гарячого бітуму на зовнішню поверхню стін підвалу.

Зворотне засипання пазух фундаментів здійснюється після влаштування перекриття над підвалом із ретельним пошаровим ущільненням ґрунту.

### **Стіни**

Будинок запроектовано з поздовжніми несучими стінами відповідно до вимог чинних ДСТУ та ДБН. Зовнішні стіни утеплюються фасадною теплоізоляційною системою.

Стіни виконуються із силікатної цегли щільністю  $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ . Кладка стін і простінків виконується з дотриманням технологічних вимог та систематичним контролем якості цегляної кладки й будівельного розчину.

У проєкті прийнято такі товщини стін:

зовнішні несучі та самонесучі стіни 510 мм;

внутрішні несучі стіни та стіни між квартирами 380 мм;

стіни ліфтових шахт 380 мм (залізобетонні).

### **Перекриття**

Перекриття над підвалом та міжповерхові перекриття запроектовані із застосуванням збірних залізобетонних багатопустотних плит товщиною 220 мм.

Монтаж плит перекриття здійснюється на цементному розчині. Просторова жорсткість і надійний зв'язок між плитами забезпечуються анкерними з'єднаннями. Шви між плитами, а також місця примикання плит до стін очищаються від будівельного сміття та ретельно заповнюються цементним розчином.

Особлива увага приділяється якісному заповненню швів між плитами перекриття, плитами та стінами, а також щільності прилягання і надійності натягу анкерів.

### **Сходи**

Сходова клітина запроектована із застосуванням збірних залізобетонних маршів, обладнаних поручнями та перилами.

Співвідношення висоти та ширини сходинок прийнято 1:2, що забезпечує зручність і безпечність пересування. Розміри однієї сходинок становлять 280 × 140 мм, ширина сходового маршу 1350 мм. Розміри сходових площадок складають 3000 × 1350 мм.

### **Перегородки**

Внутрішні перегородки виконуються із силікатної цегли товщиною 120 мм.

### **Вікна**

У будинку передбачено встановлення металопластикових віконних блоків розмірами: 1500 × 1500 мм; 1200 × 1500 мм.

### **Двері**

Передбачено такі типи дверей:

Дерев'яні глухі на вході в кімнати, кухні, санвузли;

Металеві двійні двері на вході в будинок.

### **Підлоги**

У житлових приміщеннях підлоги передбачені з цементної стяжки товщиною 15 мм, шару мастики та щитового паркету товщиною 15 мм. У коридорах і кухнях покриття підлоги виконується з лінолеуму.

У санвузлах передбачено влаштування гідроізоляційного шару, цементної стяжки та покриття з керамічної плитки для підлоги.

### **Санвузли**

Стіни санвузлів виконуються із силікатної цегли. Стіни та підлога облицьовуються керамічною плиткою розмірами 300 × 200 мм та 400 × 400 мм відповідно. Перед укладанням плитки на підлозі виконується гідроізоляція.

Санвузли обладнуються унітазами, умивальниками та ваннами.

### **Балкони та лоджії**

Основою балконів і лоджій є залізобетонні плити товщиною 120 мм. Розміри балконів становлять 3600 × 1500 мм, лоджій 2800 × 1500 мм.

Усі балкони та лоджії обладнані бетонними огороженнями висотою 1,2 м.

### **Покрівля**

Будинок має малоскатну покрівлю з ухилом  $i = 0,01$  та внутрішнім водовідведенням.

Конструкція покрівлі складається з таких елементів:

- 1) трьох шарів покрівельного руберойду з дрібнозернистою посипкою;
- 2) гідрофобізованих мінераловатних плит товщиною 40 мм щільністю  $\rho = 200 \text{ кг/м}^3$ ;
- 3) шару руберойду, наклеєного на гарячому бітумі;
- 4) збірної залізобетонної багатопустотної плити перекриття товщиною 220 мм.

## **1.6 Санітарно-технічне та інженерне обладнання будівлі**

1. Господарсько-питний водопровід передбачений для забезпечення побутових потреб мешканців, а також для протипожежного водопостачання.
2. Система водопостачання централізована, із циркуляцією гарячої води, під'єднана до міської водопровідної мережі.

3. Каналізація будівлі підключена до централізованої міської каналізаційної мережі.
4. Водовідведення атмосферних опадів здійснюється через внутрішній ливневий водостік.
5. Система опалення централізована, водяна. Температура теплоносія становить 50–70 °С.
6. Вентиляція приміщень природна, здійснюється через віконні та дверні прорізи, а також вентиляційні канали.
7. Газопостачання будинку передбачено від зовнішньої міської газової мережі.
8. Електропостачання здійснюється від зовнішньої міської електромережі напругою 220 В та 380 В.
9. Будинок обладнується системами телефонного зв'язку, телебачення та радіомовлення з підключенням до зовнішніх міських мереж.
10. У будівлі передбачено внутрішній сміттепровід зі сміттєзбірною камерою, розташованою на першому поверсі.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

### 2.1 РОЗРАХУНОК ПІДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ ОБ'ЄКТУ– ФУНДАМЕНТУ

#### Аналіз властивостей ґрунтів

Аналіз інженерно-геологічних умов

Класифікаційні показники ґрунтів

1. Обчислення класифікаційних показників виконуємо за формулами:

$$\text{Коефіцієнт пористості : } e = \frac{\gamma_s}{\gamma} \cdot (1 + W) - 1$$

$$\text{Ступінь вологості } S_r = \frac{W \cdot \gamma_s}{e \cdot \gamma_w}$$

$$\text{Число пластичності } I_p = W_L - W_p$$

$$\text{Показник текучості } I_L = \frac{W - W_p}{W_L - W_p}$$

Таблиця 2.1

ТЕП об'ємно планувальних рішень

№ Шару	$e$	$S_r$	$I_p$	$I_L$	Властивості ґрунту
1	-	-	-	-	Насипний ґрунт
2	0,67	0,77	-	-	Пісок дрібний, середньої щільності, вологий
3	0,7	0,94	-	-	Пісок середньої крупності, середньої щільності, насичений водою
4	-	-	-0,2	-0,1	Глина сіра тверда

Висновок: як основу для стрічкового фундаменту доцільно прийняти другий шар ґрунту вологий дрібний пісок середньої щільності.

### Розрахунок монолітного стрічкового фундаменту

Виконується розрахунок стрічкового фундаменту під зовнішню стіну по осі «Б» дев'ятиповерхового житлового будинку. Зовнішні стіни будівлі — цегляні, товщиною 510 мм. Основою фундаменту слугують дрібні піски з коефіцієнтом пористості  $e = 0,67$ . Об'ємна вага бетону фундаменту та ґрунту на обрізах фундаменту приймається  $\gamma = 20 \text{ кН/м}^3$ . Глибина закладання підосви фундаменту від рівня природного рельєфу становить  $d = 2,2 \text{ м}$

### Нормативні та розрахункові навантаження на фундамент під внутрішню стіну

Таблиця 2.2

Збір навантаження на фундамент на 1 м

Навантаження	Нормативне навантаження		Коефіцієнт надійності по навантаженню	Розрахункове навантаження
	На од. площі, $\text{кН/м}^2$	Віл грузової площі, кН		
Постійне навантаження				
3-и шари наплавл. покрівлі	0,2	0,6	1,3	0,78
теплоізоляційні плити $t=0,1\text{м}$ , $\gamma=0,8\text{кН/м}^3$	0,08	0,24	1,2	0,29
залізобетонна плита покриття	2,8	8,4	1,1	9,24
від 9-и плит міжповерхового покриття з підлогою	3,28	88,56		99,36

від перегородок	0,5	13,5	1,1	14,85
від цегляної кладки стін		283	1,1	311,3
<b>Разом</b>		394,3		435,82
Тимчасові:	1,5	40,5	1,3	52,65
	0,46	1,38	1,14	1,8
<b>Разом</b>				<b>490,3 кН</b>

### Визначення ширини підшви стрічкового фундаменту

На основі аналізу інженерно-геологічних умов будівельного майданчика встановлено, що природною основою для фундаменту може бути другий шар ґрунту. Глибину закладання фундаменту приймаємо 2,2 м.

Ґрунти під підшвою фундаменту дрібний вологий пісок середньої щільності.

Для визначення ширини підшви фундаменту приймаємо розрахунковий опір ґрунту  $R = 0,3$  МПа.

Вертикальне навантаження на фундамент становить  $N = 490,3$  кН/м<sup>3</sup>.

Ширина стрічкового монолітного фундаменту визначається за розрахунком.

$$b = \sqrt{\frac{N}{1 \cdot R_0 - \gamma_{cp} \cdot d}}$$

$d$  - глибина закладання фундаменту -  $d = 2,5$  м;

$\gamma_{\varphi}$  - видалена вага матеріалу фундаменту -  $\gamma_{\varphi} = 20$  кН/м<sup>3</sup>

$$b = \sqrt{\frac{N}{1 \cdot R_0 - \gamma_{cp} \cdot d}} = \sqrt{\frac{490,3}{1 \cdot 300 - 20 \cdot 2,2}} = 1,4 \text{ м}$$

Розрахунковий опір ґрунту

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II})$$

$\gamma_{c1} = 1,3; \gamma_{c2} = 1,1$  - коефіцієнти умовної роботи відповідно ґрунтової основи та будівлі або споруди у взаємодії з основою;

$k$  – коефіцієнт,  $k = 1$ , так як розрахункові характеристики  $\gamma_{II}$  і  $c_{II}$  отримані в результаті безпосереднього випробування зразків ґрунту будівельного майданчика;

$M_\gamma, M_q, M_c$  - безрозмірні коефіцієнти, що залежать від кута внутрішнього тертя;

$k_z$  - коефіцієнт, що приймається рівним при  $b < 10 \text{ м}$   $k_z = 1$ ;

$b$  - менша ширина (сторона) подошви фундаменту;

$\gamma_{II} = 18,5 \text{ кН/м}^3$  - розрахункова питома вага ґрунту основи;

$\gamma'_{II}$  - певна розрахункова питома вага ґрунтів, що залягають вище подошви фундаменту;

$$\gamma'_{II} = \frac{h_1 \cdot \gamma_1 + h_2 \cdot \gamma_2}{h_1 + h_2} = \frac{1,4 \cdot 16 + 0,8 \cdot 18,5}{1,4 + 0,8} = 16,9 \text{ кН/м}^3$$

при  $\varphi = 29$  -  $M_\gamma = 1,06; M_q = 5,25; M_c = 7,67$ ;

$$R_1 = \frac{1,3 \cdot 1,1}{1} \cdot (1,06 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 18,5 + 5,25 \cdot 2,2 \cdot 16,9) + 7,67 \cdot 5) = 393,23 \text{ кПа}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{490,3}{1 \cdot 373,23 - 20 \cdot 2,2}} = 1,22 \text{ м}$$

$$\frac{b_1 - b_2}{b_1} \cdot 100\% = \frac{1,4 - 1,22}{1,22} \cdot 100\% = 15\% > 10\%$$

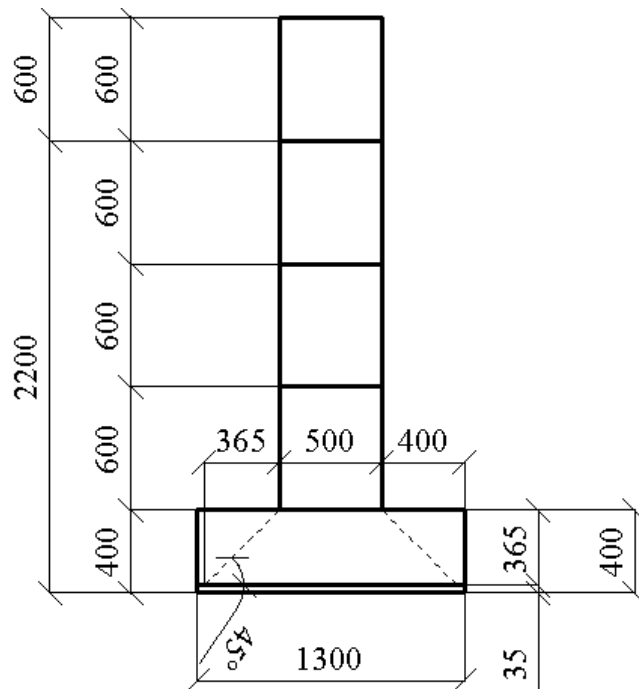
$$R_2 = \frac{1,3 \cdot 1,1}{1} \cdot (1,06 \cdot 1 \cdot 1,22 \cdot 18,5 + 5,25 \cdot 2,2 \cdot 16,9) + 7,67 \cdot 5) = 378,17 \text{ кПа}$$

$$b_2 = \sqrt{\frac{490,3}{1 \cdot 368,17 - 20 \cdot 2,2}} = 1,23 \text{ м} \approx 1,3 \text{ м}$$

$$p = \frac{N}{lb} = \frac{490,3}{1,3 \cdot 1} = 377,15 \text{ кН/м}^2$$

Перевірка стрічкового фундаменту на продавлювання не виконується, оскільки стискуючі зусилля практично рівномірно передаються на всю площу підшви. Висоту стрічки фундаменту приймаємо 400 мм. Це обумовлено тим, що ширина стрічки під внутрішню стіну буде більшою, у зв'язку з чим для неї необхідно виконувати перевірку на продавлювання.

### Розрахунок площі перерізу арматури



Згинальний момент у консолі по грані стіни від дії розрахункових навантажень визначається за відповідною розрахунковою схемою.

$$N_{арм} = p \cdot \gamma_n = 377,15 \cdot 0,95 = 358,3 \text{ кН};$$

$$M_{арм} = N_{арм} \cdot e = 358,3 \cdot 0,2 = 71,66 \text{ кНм};$$

$$e = \frac{400}{2} = 200 \text{ мм}; R_s (A400C) = 365 \text{ МПа}$$

Мінімальна робоча висота фундаментного блоку:

$$h_0 = h - 35 = 400 - 35 = 365 \text{ мм}$$

Площа перерізу арматури:

$$A_s = M / 0,9 h_0 R_s = 71,66 / 0,9 \times 0,365 \times 365(1000) = 0,0006 \text{ м}^2 = 6 \text{ см}^2;$$

Приймаємо рекомендований мінімальний крок стержнів 200мм, тоді по довжині блоку в 1м укладають 5 Ø14 А400С,  $A_s = 7,69 \text{ см}^2$ .

### **Визначення осідання фундаменту методом пошарового підсумовування**

Осідання основи визначається методом пошарового підсумовування за відповідною розрахунковою формулою:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zg,i}) \cdot h_i}{E_i}$$

де  $\beta$  – коефіцієнт, що враховує бічне розширення ґрунту, рівний 0,8;

$\sigma_{zp,i}$  – середнє значення під подошвою фундаменту від зовнішнього навантаження в  $i$ -м шарі ґрунту на вертикальній осі проходить через центр ваги подошви фундаменту;

$\sigma_{zg,i}$  – напруження від ваги ґрунту винятого з котловану;

$h_{эл,i}$  – потужність елементарного шару ґрунту;

$E_i$  – модуль деформації  $i$ -го шару ґрунту по гілки первинного навантаження; попередньо будуємо епюри природних напруг за формулою:

$$\sigma_{zg} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i$$

Побудова виконано по свердловині № 1

На денній поверхні ґрунту:  $\sigma_{zg}(0) = 0$

На покрівлі другого шару:

$$\sigma_{zg}(1) = h_1 \cdot \gamma_1 = 1,4 \cdot 16 = 22,4 \text{ кПа}$$

На рівні подошви фундаменту:

$$\sigma_{zg}(d) = 22,4 + 0,8 \cdot 18,5 = 37,2 \text{ кПа}$$

На покрівлі третього шару:

$$\sigma_{zg}(2) = 22,4 + 4 \cdot 18,5 = 96,4 \text{ кПа}$$

На покрівлі четвертого шару:

$$\sigma_{zg}(3) = 96,4 + 4,3 \cdot 19,3 = 179,4 \text{ кПа}$$

Таблиця 2.3

Підрахунок осідання основи

№ слоя	Грунт	Z, м	$\zeta = \frac{2 \cdot z}{b}$	$\alpha$	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot \sigma_{zp,sp}$ кПа	$\sigma_{zp,sp}$	$\zeta_x = \frac{2 \cdot z}{B_x}$	$\alpha_k$	$\sigma_{zy} = \alpha_k \cdot \sigma'_{zp,sp}$ кПа	$\sigma'_{zp,sp}$	$E_{i1}$ МПа	$0,8 \cdot \frac{\sigma_{zp,sp}}{E_{i1}}$	$\frac{S_{zi}}{M}$
1	пісок дрібний	0	0	1,0	377,15		0	1	37,2		20		0,01117
						272,3				63,6			
		1,4	1,71	0,444	167,45		1,17	0,71	26,4				
2	пісок середньо круп.					105,2				18,35	30		0,00625
		3,2	4,57	0,114	43		2,67	0,276	10,3				
						32,6				8,1			
		4,6	6,57	0,059	22,25		3,83	0,159	5,9				
						17,7				3,15			
		6	8,57	0,035	13,2		5	0,01	0,4				0,00054

Осідання основи:

$$S = 0,01117 + 0,00625 + 0,00091 + 0,00054 = 0,019 \text{ м}$$

$S = 1,9 \text{ см} < 10 \text{ см}$  – умова дотримується, а деформація основи не перевищує допустимих значень.

## 2.2 ЗАЛІЗОБЕТОННІ КОНСТРУКЦІЇ. РОЗРАХУНОК НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ ОБ'ЄКТУ

### 2.2.1 Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничним станом першої групи

**Вихідні дані**

1. Район будівництва – м. Харків.
2. Кількість поверхів –  $n=9$  шт.
3. Висота поверху –  $H=3$  м.
4. Тип навантаження на перекриття – 8.
5. Величина навантажень:

- розрахункове – 11,3/8,0 кПа;
- повне нормативне – 9,7/6,7 кПа;
- постійне та тривале – 8,7/5,7 кПа;
- короткочасне – 1,0 кПа.

6. Клас попереднього напруження арматури – А600.

7. Розміри будівлі в плані:

- Довжина  $l = 42,4$  м;
- Ширина  $l = 14,4$  м.

### **Компонування збірного перекриття**

Панелі перекриття – типу 1ПК(кругло-пустотні, висотою 220 мм, з пустотами  $\varnothing 159$  мм).

Перекриття будівлі складається з багатопустотних плит, що опираються на несучі стіни.

Від раціонального про'ктування перекриття залежить економічність конструкцій перекриття.

### **Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничним станом першої групи**

Розраховується плита перекриття ПК 60.15-8А600, номінальною шириною 1,5 м, з розмірами 5980x1490x220.

Плита має 7 пустот, виготовлена з електротермічним натягуванням арматури на упори. Бетон важкий класу С16/20, з характеристиками:

- розрахункове значення міцності бетону на стиск:  $f_{cd} = 11,5$  МПа;
- коефіцієнт прямокутної частини білінійної епюри напружень:  $k = 0,82$ ;
- коефіцієнт центра ваги:  $\beta = 0,457$ ;
- коефіцієнт повноти білінійної епюри напружень:  $\omega_c = 0,91$ ;
- фактичний модуль пружності:  $E_c = 27000$  Мпа;
- $\varepsilon_{cz,cd} = 0,58$  ‰;
- $\varepsilon_{cu3,cd} = 3,23$  ‰.

Арматура класу А600С, з характеристиками:

- Розрахункове значення опору на розтяг для граничних станів другої групи:  $f_{pk}=630$  МПа;
- Характеристичне значення умовної гранці текучості:  $f_{p,0.1k}=575$  МПа;
- Розрахункове значення модуля пружності попередньо напруженої арматурної сталі:  $E_p=190000$  Мпа;
- $\varepsilon_{uk} = 0,02$ ;
- Розрахункове значення опору розтягу арматури:

$$f_{pd} = \frac{f_{p0,1k}}{\gamma_s} = \frac{575}{1,2} = 479,17 \text{ МПа}, \quad (2.28)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт надійності за бетоном.

### **Збір навантажень та визначення зусиль**

Плита працює як однопрольотна вільнооперта балка. Розрахунковий прольот плити дорівнює відстані між серединами опору. При глибині опору 120 мм і довжині плити 5980 мм, розрахунковий прольот дорівнює:

$$l_0 = 5980 - 120 = 5860 \text{ мм} = 5,86 \text{ м}$$

Навантаження на перекриття:

1. Повне розрахункове:  $(g + v) = q = 11,3 \text{ кПа}$ .
2. Повне нормативне:  $(g^n + v^n) = q^n = 9,7 \text{ кПа}$ .
3. Постійне і тривале:  $(g_{ld}^n + v_{ld}^n) = q_{ld}^n = 8,7 \text{ кПа}$ .
4. Короткочасне:  $v_{cd}^n = 1,0 \text{ кПа}$ .

Навантаження на 1 м.п. довжини плити:

1. Розрахункове погонне:  $q = q \cdot b_n = 11,3 \cdot 1,5 = 16,95 \text{ кПа}$ .
2. Повне нормативне погонне:  $q = q \cdot b_n = 9,7 \cdot 1,5 = 14,55 \text{ кПа}$ .
3. Постійне та тривале погонне:  $q = q \cdot b_n = 8,7 \cdot 1,5 = 13,05 \text{ кПа}$ .
4. Короткочасне погонне:  $q = q \cdot b_n = 1 \cdot 1,5 = 1,5 \text{ кПа}$ .

Згинаючі моменти розраховуються за формулою:

$$M = \frac{q \cdot l_0^2}{8} = \frac{(q \cdot b) \cdot l_0^2}{8},$$

де  $q$  – навантаження, кН/м<sup>2</sup>;

$b$  – номінальна ширина панелі, м;

$l_0$  – розрахункова довжина панелей, м.

Поперечні (перерізуючи) сили розраховуються за формулою:

$$V = \frac{q \cdot l_0}{2} = \frac{(q \cdot b) \cdot l_0}{2}.$$

Згинаючий момент від повного розрахункового навантаження:

$$M_{ed} = M_{max} = \frac{16,95 \cdot 5,86^2}{8} = 72,76 \text{ кНм.}$$

Поперечна сила від повного розрахункового навантаження:

$$V_{ed} = V_{max} = \frac{16,95 \cdot 5,86}{2} = 49,66 \text{ кН.}$$

Згинаючий момент від повного нормативного навантаження:

$$M_n = \frac{14,55 \cdot 5,86^2}{8} = 62,45 \text{ кНм.}$$

Поперечна сила від повного нормативного навантаження:

$$V_n = \frac{14,55 \cdot 5,86}{2} = 42,63 \text{ кН.}$$

Згинаючий момент від довготривалого навантаження:

$$M_l = \frac{13,05 \cdot 5,86^2}{8} = 56,02 \text{ кНм.}$$

Поперечна сила від довготривалого навантаження:

$$V_l = \frac{13,05 \cdot 5,86}{2} = 38,24 \text{ кН.}$$

### **Розрахунок міцності перерізів, нормальних до повздовжньої осі**

Для розрахунку багатопустотної плити переріз приводимо до таврового, висотою  $h = 220$  мм.

На рисунку 3.1.2 наведена розрахункова схема плити ПК 60.15-8А600.

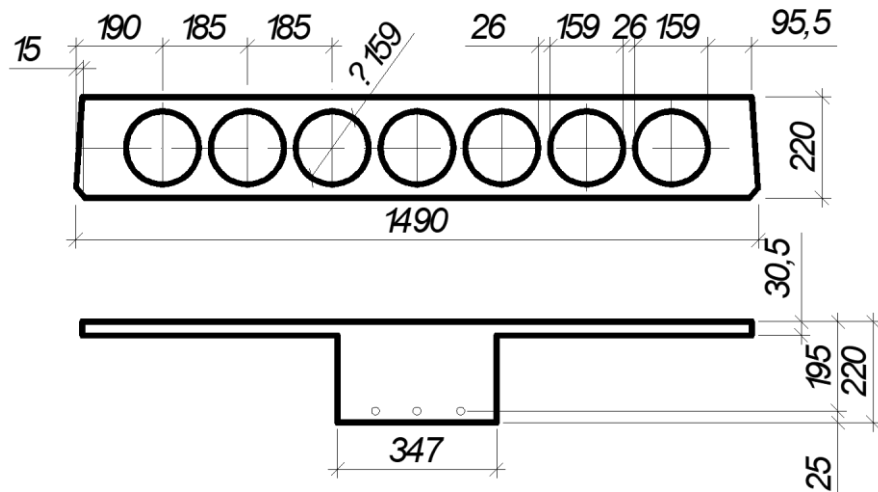


Рисунок 2.2.1 – Розрахунковий переріз плити

Ширина полиці з урахуванням підрізків  $b_{eff} = 1460$  мм. Ширина ребра розрахункового перерізу дорівнює сумі товщин всіх ребер:

$$b_w = b_{eff} - 7 \cdot 159 = 347 \text{ мм},$$

де 7 – кількість пустот в плиті, шт;

159 – діаметр пустоти, мм.

Висота стиснутої полиці:

$$h_f' = (h - 159) / 2 = (220 - 159) / 2 = 30,5 \text{ мм}.$$

Робочу висоту перерізу приймаємо, припускаючи  $a = 25$  мм:

$$d = h - a = 220 - 25 = 195 \text{ мм}.$$

Згинаючий момент, який сприймає переріз полиці (момент полиці):

$$M_{Rdf} = \alpha_{mf} \cdot f_{cd} \cdot b_{eff} \cdot d^2,$$

де  $\alpha_{mf}$  – відносний момент, що дорівнює:

$$\alpha_{mf} = \omega_c \cdot \xi_f (1 - \beta \cdot \xi_f) = 0,91 \cdot 0,156 (1 - 0,457 \cdot 0,156) = 0,132,$$

де  $\xi_f$  – відносна висота стиснутої зони, що дорівнює:

$$\xi_f = \frac{h_f'}{d} = \frac{30,5}{195} = 0,156.$$

$$M_{Rdf} = 0,132 \cdot 11,5 \cdot 1460 \cdot 195^2 = 84,27 \text{ кНм}.$$

Порівнюємо отримане значення несучої здатності стиснутої полиці  $M_{Rdf}$  з величиною згинаючого моменту від зовнішнього навантаження  $M_{ed} = 72,76$  кНм.

Так як  $M_{Rdf} \geq M_{ed}$ , то нейтральна вісь проходить в полиці, і подальший розрахунок та підбір арматури проводиться як для прямокутного перерізу, шириною  $b = 1460$  мм, на дію згинального моменту  $M_{ed}$ .

Визначасмо, в якій області деформування працює переріз при розташуванні нейтральної вісі по нижній грані полиці. Для цього вивчаємо в яку область деформування по значенню  $\xi$  попадає відносна висота полиці  $\xi_f$ :

$$\xi_a = \frac{\varepsilon_{c3,cd}}{\varepsilon_{c3,cd} + \varepsilon_{ud}} = \frac{0,58}{0,58 + 18} = 0,031,$$

де

$$\varepsilon_{ud} = \varepsilon_{uk} \cdot 0,9 = 0,02 \cdot 0,9 = 0,018 = 18\%.$$

$$\xi_b = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{ud}} = \frac{3,23}{3,23 + 18} = 0,152.$$

$$\xi_{lim} = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}}{\varepsilon_{cu3,cd} + \varepsilon_{so}} = \frac{3,23}{3,23 + 2,5} = 0,564,$$

де

$$\varepsilon_{so} = \frac{f_{pd}}{E_p} = \frac{479,17}{190000} = 2,5\text{‰},$$

При  $\xi_b = 0,152 < \xi_f = 0,156 < \xi_{lim} = 0,564$  переріз працює в області деформування 2.

1. Відносне плече внутрішньої пари сил:

$$\eta = \frac{z_c}{d} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{2\beta \cdot \alpha_m}{1+k}} = 0,5 + \sqrt{0,25 - \frac{2 \cdot 0,457 \cdot 0,11}{1+0,82}} = 0,94,$$

де

$$\alpha_m = \frac{M_{ed}}{f_{cd} \cdot b \cdot d^2} = \frac{72,76 \cdot 10^6}{11,5 \cdot 1460 \cdot 195^2} = 0,11.$$

2. Плече внутрішньої пари сил:

$$z_c = \eta \cdot d = 0,94 \cdot 195 = 182,5 \text{ мм.}$$

3. Необхідна площа арматури:

$$A_{st} = \frac{M_{ed}}{f_{yd} \cdot z_c} = \frac{72,76 \cdot 10^6}{479,17 \cdot 182,5} = 832,03 \text{ мм}^2.$$

Перевірка:

Висота стиснутої зони бетону:

$$x = \frac{d(1 - \eta)}{\beta} = \frac{195(1 - 0,94)}{0,457} = 25,6 \text{ мм,}$$

Відносні деформації розтягнутої арматури:

$$\varepsilon_{st} = \frac{\varepsilon_{cu3,cd}(d-x)}{x} = \frac{3,23(195-25,6)}{25,6} = 21,37 \text{ ‰.}$$

Приймаємо 8Ø12 А600 ( $A_{st} = 905 \text{ мм}^2$ ).

### **Розрахунок міцності перерізів похилих до повздовжньої осі**

Поперечна арматура класу А240С, з характеристиками:

- $f_{yk} = 240 \text{ МПа}$ ;
- $f_{ywd} = 170 \text{ МПа}$ .

Кількість поперечний стержнів у складі каркасу  $n=4$ .

Поперечна сила, яку може прийняти елемент без поперечного армування:

$$V_{Rd,c} = \left[ \left( \frac{0,18}{\gamma_c} \right) \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b_w d,$$

де  $\gamma_c = 1,3$ .

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{195}} = 2,01 > 2,$$

Приймаємо  $k = 2$ .

$$\rho_l = \frac{A_{st}}{b_w \cdot d} = \frac{905}{347 \cdot 195} = 0,013.$$

$$A_c = b_w \cdot h = 347 \cdot 220 = 76340 \text{ мм}^2.$$

$$V_{Rd,min} = (V_{min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d.$$

$$\sigma_{cp} = \frac{N_{ed}}{A_c} \leq 0,2 \cdot f_{cd} = 0,2 \cdot 11,5 = 2,3,$$

де  $N_{ed}$  – осьова сила в поперечному перерізі, що викликана навантаженням або попереднім напруженням в ньютонах,  $N_{ed} > 0$  при стиску.

Сила попереднього напруження що прикладається до арматури  $P_{max}$  не повинна перевищувати величини:

$$P_{max} = A_p \cdot \sigma_{p,max},$$

де  $A_p$  – площа перерізу попередньо напруженої арматури;

$\sigma_{p,max}$  – максимальні напруження, що прикладені до попередньо напруженої арматури менші з двох:

$$\sigma_{p,max} = 0,8 \cdot f_{pk} = 0,8 \cdot 630 = 504 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{p,max} = 0,9 f_{p01k} = 0,9 \cdot 575 = 517,5 \text{ МПа};$$

Приймаємо  $\sigma_{p,max} = 504 \text{ МПа}$ .

$$P_{max} = N_{ed} = 504 \cdot 905 = 456120 \text{ Н} = 456,12 \text{ кН}.$$

За формулою (3.1.27):

$$\sigma_{cp} = \frac{456120}{76340} = 5,97 > 0,2 \cdot f_{cd} = 2,3,$$

Приймаємо  $\sigma_{cp} = 2,3$ .

$$V_{Rd,c} = \left[ \frac{0,18}{1,3} \cdot 2 \cdot (100 \cdot 0,013 \cdot 15)^{\frac{1}{3}} + 0,15 \cdot 2,3 \right] \cdot 347 \cdot 195 = 50435 \text{ Н}$$

$$= 50,435 \text{ кН}$$

$$V_{min} = 0,035 \cdot k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} = 0,035 \cdot 2^{\frac{3}{2}} \cdot 15^{\frac{1}{2}} = 0,39 \text{ Н}.$$

$$V_{Rd,min} = (0,39 + 0,15 \cdot 2,3) \cdot 347 \cdot 195 = 49734 \text{ Н} = 49,734 \text{ кН.}$$

$$V_{Rd,c} = 50,435 \text{ кН} > V_{Rd,min} = 49,734 \text{ кН.}$$

Висновок: поперечне армування не потрібно.

## Розрахунок багатопустотної попередньо напруженої плити за граничними станами другої групи

### Геометричні характеристики перерізу плити

Визначаємо коефіцієнти приведення арматури до бетону для нижньої та верхньої арматури відповідно:

$$\alpha_{sp} = E_p / E_{cm} = 190000 / 27000 = 7.037;$$

$$\alpha_{sc} = E_{sc} / E_{cm} = 170000 / 27000 = 6.296.$$

Верхня стиснута арматура – 8  $\emptyset$  3 Вр-I із кроком 200 мм та площею  $A_{sc} = 100.5 \text{ мм}^2$ .

Розміри перерізу та дані по армуванню:

$$b_{eff} = 1460 \text{ мм}; b_{ef} = 1490 \text{ мм}; b_w = 450 \text{ мм};$$

$$h_{eff} = 41.16 \text{ мм}; h_{ef} = 41.16 \text{ мм}; a_{sc} = c_1 = 20 \text{ мм};$$

$$a_{sp} = c_p = 28 \text{ мм}; A_{sc} = 100.5 \text{ мм}^2; A_{sp} = 452 \text{ мм}^2.$$

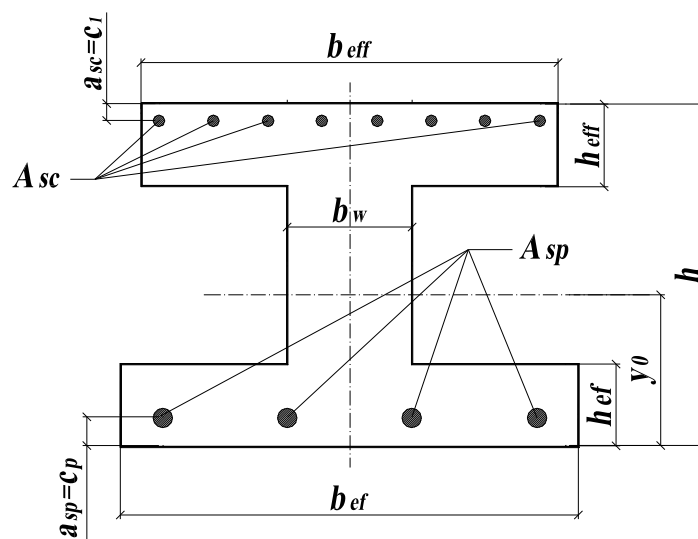


Рисунок 2.2.2 – Схема розрахункового перерізу плити

1. Площа поперечного перерізу бетону:

$$A_c = b_{eff} h_{eff} + b_w(h - 2h_{eff}) + b_{ef} h_{ef} =$$

$$= 1460 \cdot 41.16 + 450(220 - 2 \cdot 41.16) + 1490 \cdot 41.16 = 183378 \text{ мм}^2;$$

Площа приведенного поперечного перерізу:

$$A_{red} = A_c + \alpha_{sp} A_{sp} + \alpha_{sc} A_{sc} = 183378 + 7.037 \cdot 452 + 6.296 \cdot 100.5 = 187192 \text{ мм}^2.$$

2. Статичний момент бетонного перерізу відносно нижньої розтягнутої грані:

$$S_c = b_{eff} h_{eff} (h - 0.5h_{eff}) + b_w(h - 2h_{eff}) \cdot 0.5h + b_{ef} h_{ef} \cdot 0.5h_{ef} =$$

$$= 1460 \cdot 41.16(220 - 0.5 \cdot 41.16) + 450(220 - 2 \cdot 41.16) \cdot 0.5 \cdot 220 +$$

$$+ 1490 \cdot 41.16 \cdot 0.5 \cdot 41.16 = 20061164 \text{ мм}^3.$$

Статичний момент приведенного перерізу відносно нижньої розтягнутої грані:

$$S_{red} = S_c + \alpha_{sp} A_{sp} c_p + \alpha_{sc} A_{sc} (h - c_1) =$$

$$= 20061164 + 7.037 \cdot 452 \cdot 28 + 6.296 \cdot 100.5 \cdot (220 - 20) = 20276774 \text{ мм}^3.$$

3. Відстань від центру ваги бетонного та приведенного перерізів до розтягнутої нижньої грані та до осей напруженої і стиснутої арматури:

$$y_{0,c} = \frac{S_c}{A_c} = \frac{20061164}{183378} = 109.4 \text{ мм};$$

$$y_{0,red} = \frac{S_{red}}{A_{red}} = \frac{20276774}{187192} = 108.3 \text{ мм};$$

$$y_{sp} = y_{0,red} - c_p = 108.3 - 28 = 80.3 \text{ мм};$$

$$y_{sc} = h - c_1 - y_{0,red} = 220 - 20 - 108.3 = 91.7 \text{ мм}.$$

4. Момент інерції бетонного перерізу:

$$I_c = \sum (I_{ci} + A_{ci} y_{ci}^2) = \frac{b_{ef} h_{ef}^3}{12} + b_{ef} h_{ef} (y_{0,c} - 0.5h_{ef})^2 + \frac{b_{ef} h_{ef}^3}{12} +$$

$$+ b_{eff} h_{eff} (h - y_{0,c} - 0.5h_{eff})^2 + \frac{b_w (h - 2h_{eff})^3}{12} + b_w (h - 2h_{eff}) (y_{0,c} - 0.5h)^2 =$$

$$= \frac{1490 \cdot 41.16^3}{12} + 1490 \cdot 41.16 \times (109.4 - 0.5 \cdot 41.16)^2 +$$

$$+ \frac{1460 \cdot 41.16^3}{12} + 1460 \cdot 41.16 (220 - 109.4 - 0.5 \cdot 41.16)^2 +$$

$$+ \frac{450(220 - 2 \cdot 41.16)^3}{12} + 450(220 - 2 \cdot 41.16)(109.4 - 0.5 \cdot 220)^2 =$$

$$= 1085827023 \text{ мм}^4.$$

Момент інерції приведенного перерізу

$$I_{red} = \frac{b_{ef} h_{ef}^3}{12} + b_{ef} h_{ef} (y_{0,red} - 0.5 h_{ef})^2 + \frac{b_{eff} h_{eff}^3}{12} +$$

$$+ b_{eff} h_{eff} (h - y_{0,red} - 0.5 h_{eff})^2 + \frac{b_w (h - 2h_{ef})^3}{12} + b_w (h - 2h_{ef})(y_{0,red} - 0.5h)^2 +$$

$$+ \alpha_{sp} A_{sp} (y_{0,red} - c_p)^2 + \alpha_{sc} A_{sc} (h - y_{0,red} - c_1)^2 =$$

$$= \frac{1490 \cdot 41.16^3}{12} + 1490 \cdot 41.16 \times (108.3 - 0.5 \cdot 41.16)^2 +$$

$$+ \frac{1460 \cdot 41.16^3}{12} + 1460 \cdot 41.16 (220 - 108.3 - 0.5 \cdot 41.16)^2 +$$

$$+ \frac{450(220 - 2 \cdot 41.16)^3}{12} + 450(220 - 2 \cdot 41.16)(108.3 - 0.5 \cdot 220)^2 +$$

$$+ 7.037 \cdot 452(108.3 - 28)^2 + 6.296 \cdot 100.5(220 - 108.3 - 20)^2 = 1111878358 \text{ мм}^4.$$

5. Моменти опору приведенного перерізу:

- відносно нижньої грані  $W_{red}^{inf} = \frac{I_{red}}{y_{0,red}} = \frac{1111878358}{108.3} = 10266652 \text{ мм}^3;$

- відносно верхньої грані  $W_{red}^{sup} = \frac{I_{red}}{h - y_{0,red}} = \frac{1111878358}{220 - 108.3} = 9954148 \text{ мм}^3.$

### Попереднє напруження і втрати напружень у напруженій арматурі

Максимальні напруження, що виникають у напруженій арматурі при натягуванні, призначають меншим із двох значень:

$$\sigma_{p,max} = 0,8 \cdot f_{pk} \text{ або } \sigma_{p,max} = 0,9 \cdot f_{p0,1k}.$$

$$\sigma_{p,max} = \min \{0,8 \cdot 630; 0,9 \cdot 575\} = \min \{504; 517,5\} = 504 \text{ МПа.}$$

Напруження, які передаються на конструкцію після перших (миттєвих) втрат, не повинні перевищувати меншого із двох значень:

$$\sigma_{pm0}(x) = 0,75 \cdot f_{pk} \text{ або } \sigma_{pm0}(x) = 0,85 \cdot f_{p0,1k}$$

$$\sigma_{pm0}(x) = \min\{0,75 \cdot 630; 0,85 \cdot 575\} = \min\{472,5; 488,75\} = 472,5 \text{ МПа.}$$

В усіх випадках, для любого класу арматури, значення напружень при натягуванні  $\sigma_p$  приймають:

$$0,3 f_{p0,1k} \leq \sigma_p \leq \sigma_{p,max} ,$$

тобто

$$0,3 \cdot 575 = 172,5 \text{ МПа} \leq \sigma_p \leq 504 \text{ МПа.}$$

Призначаємо напруження при натягуванні арматури  $\sigma_p = 470 \text{ МПа}$ .

### **Миттєві втрати попереднього напруження**

1. Втрати від релаксації напружень в арматурі  $\Delta P_r$  для арматури класу А600С при електротермічному способі натягу:

$$\Delta P_r = 0,03 A_{sp} \sigma_p = 0,03 \cdot 452 \cdot 470 = 6373 \text{ Н.}$$

2. Втрати від теплової обробки збірних залізобетонних плит:

$$\Delta P_\theta = 0,5 A_{sp} E_p \alpha_c (T_{max} - T_0),$$

де  $A_{sp}$  - поперечний переріз напруженої арматури, мм<sup>2</sup>;

$E_p$  - модуль пружності напруженої арматури, МПа;

$\alpha_c = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  - коефіцієнт лінійного температурного розширення (див. п.3.1.2.4 ДБН В 2.6-98);

$\Delta t = T_{max} - T_0$  - різниця між максимальною і початковою температурами бетону поблизу напруженої арматури; за відсутності точних даних щодо перепаду температур допускається приймати  $\Delta t = T_{max} - T_0 = 65^\circ\text{C}$ .

Оскільки при пропарюванні форма з упорами нагрівається разом із виробом, то втрати від температурного перепаду відсутні, тобто  $\Delta P_\theta = 0$

3. Втрати попереднього напруження від деформацій сталевих форм (упорів) при неодноразовому натягуванні арматури на форму - при

електротермічному способі натягу арматури втрати від деформацій форми не враховуються, тобто  $\Delta P_3 = 0$  ..

4. Втрати  $\Delta P_\mu(x)$  внаслідок тертя в арматурі, що напружується на бетон. При електротермічному способі напруження на упори  $\Delta P_\mu(x) = 0$  .

5. Втрати в анкерах  $\Delta P_4$ , що мають місце при заклинюванні у каналах анкерних пристроїв протягом здійснення заанкерування, після натягування і внаслідок деформації самих анкерів.

При електротермічному способі напруження арматури втрати від деформації анкерів не враховуються, оскільки вони повинні бути враховані при визначенні повного видовження арматури, тобто  $\Delta P_4 = 0$  .

6. Втрати зусилля в арматурі внаслідок миттєвої деформації бетону  $\Delta P_{el}$  необхідно враховувати відповідно до деформації бетону, при цьому слід враховувати порядок, у якому арматура напружується.

Втрати  $\Delta P_{el}$  можуть прийматись як середні втрати у кожній арматурі:

$$\Delta P_{el} = A_{sp} E_p \sum \left[ \frac{j \cdot \Delta \sigma_c(t)}{E_{cm}(t)} \right];$$
$$\Delta P_{el} = 452 \cdot 190000 \sum \left[ \frac{0.5 \cdot 2.73}{27000} \right] = 4342 \text{ Н},$$

де  $\Delta \sigma_c(t)$  - зміна напруження у центрі ваги арматури, прикладеного в момент часу  $t$ ;

$j = (n - 1)/2n$ , де  $n$  - кількість успішно напружених ідентичних пучків. Для спрощення можна прийняти  $j = 0.5$  ( $j = 1$  - для змін, викликаних постійними діями, прикладеними після попереднього напруження);

$E_{cm}(t)$  - зміна модуля пружності з часом:

$$E_{cm}(t) = (f_{cm}(t) / f_{cm})^{0.3} E_{cm},$$

де  $E_{cm}(t)$  і  $f_{cm}(t)$  - значення у віці  $t$  діб, а  $f_{cm}$  і  $E_{cm}$  - значення у віці 28 діб.

Зусилля попереднього напруження зі врахуванням миттєвих втрат

$$P_{0,c} = \sigma_p A_{sp} - \Delta P_r - \Delta P_\theta - \Delta P_3 - \Delta P_\mu(x) - \Delta P_4;$$

$$P_{0,c} = 470 \cdot 452 - 6373 - 0 - 0 - 0 - 0 = 206067 \text{ Н.}$$

$$\begin{aligned} \Delta \sigma_c(t) &= \frac{P_{0,c}}{A_{red}} + \frac{P_{0,c} z_{cp} y_{0,red}}{I_{red}} = \\ &= \frac{206067}{187192} + \frac{206067 \cdot 81.4 \cdot 108.3}{1111878358} = 2.73 \text{ МПа,} \end{aligned}$$

де  $z_{cp} = y_{0,c} - c_p = 109.4 - 28 = 81.4 \text{ мм.}$

### Сила попереднього напруження

У даний момент часу  $t$  і на відстані (або довжині дуги) від напруженого кінця арматури  $x$  середня сила  $P_{m,t}(x)$  дорівнює максимальній силі  $P_{\max}$ , прикладеній до напруженого кінця, мінус миттєві втрати і втрати, що залежать від часу. Абсолютна величина  $P_{m,t}(x)$  враховує всі втрати.

Величину початкової сили напруження арматури  $P_{m,0}(x)$  (в момент часу  $t = t_0$ ), прикладеної до бетону відразу після натягу і анкерування (натягування на бетон) або передачі попереднього напруження (натягування на упори), отримуємо відніманням від сили натягу  $P_{\max}$  миттєвих втрат і вона не повинна перевищувати величини

$$P_{m,0}(x) = A_{sp} \sigma_{pm0}(x) = 452 \cdot 472.5 = 213570 \text{ Н,}$$

$$\text{де } \sigma_{pm0}(x) = \min\{0,75 \cdot 630; 0,85 \cdot 575\} = \min\{472.5; 488.75\} = 472.5 \text{ МПа.}$$

Зусилля попереднього напруження  $P_{m,0}$  зі врахуванням миттєвих втрат, що діє безпосередньо після передачі попереднього обтиску на конструкцію, повинно бути не більш  $P_{m,0}(x)$ :

$$P_{m,0} = P_{0,c} - \Delta P_{el}; P_{m,0} \leq P_{m,0}(x).$$

$$P_{m,0} = 206067 - 4342 = 201725 \text{ Н} < P_{m,0}(x) = 213570 \text{ Н,}$$

тобто умова виконується.

## Обмеження напружень у бетоні

Максимальні стискаючі напруження у бетоні в момент обтиску:

$$\begin{aligned}\sigma_c &= \frac{P_{m,0}}{A_{red}} + \frac{P_{m,0}z_{cp}y_{0,red}}{I_{red}} = \\ &= \frac{201725}{187192} + \frac{201725 \cdot 81.4 \cdot 108.3}{1111878358} = 2.68 \text{ МПа},\end{aligned}$$

Напруження стиску у бетоні конструкції, що виникають внаслідок дії сили попереднього напруження та інших навантажень, які прикладені під час натягування або передавання попереднього напруження, повинні обмежуватись величиною

$$\sigma_c \leq 0.6 f_{ck}(t) = 0.6 \cdot 15 = 9.0 \text{ МПа}.$$

де  $f_{ck}(t)$  - характеристичний опір стиску бетону в момент часу  $t$ , коли до нього прикладається сила попереднього напруження.

Оскільки  $\sigma_c = 2.68 \text{ МПа} < 9.0 \text{ МПа}$ , то умова виконується.

Для елементів, натягування арматури яких виконується на упори, напруження в момент передачі попереднього напруження можуть збільшуватись до  $0,7 f_{ck}(t)$ , якщо підтверджено випробуваннями або практикою, що утворення поздовжніх тріщин виключається.

Якщо напруження стиску в бетоні від попереднього напруження арматури перевищують  $0,45 f_{ck}(t) = 0.45 \cdot 15.0 = 6.75 \text{ МПа}$ , повинна враховуватись нелінійна повзучість.

Перевіримо напруження у верхніх розтягнутих фібрах бетону плити під час передачі попереднього напруження на бетон:

$$\begin{aligned}\sigma_{c(1)} &= -\frac{P_{m,0}}{A_{red}} + \frac{P_{m,0}z_{cp}}{W_{red}^{sup}} = -\frac{201725}{187192} + \frac{201725 \cdot 81.4}{9954148} = \\ &= 0.572 \text{ МПа} < f_{ctm} = 1.9 \text{ МПа}.\end{aligned}$$

Розрахункове армування верхньої зони плити не потрібне, вона армується конструктивно (8Ø3 Вр-I).

Клас бетону, в якому розміщена попередньо напружена арматура без анкерів: для арматури класів А600, А800, Вр1400, Вр1500 – не нижче С16/20; для арматури класів А1000, Вр1200, Вр1300, К1400, К1500 – не нижче С25/30.

Передаточну міцність бетону  $f_{cp}$  (передаточна міцність бетону на час його обтиснення, яка контролюється аналогічно класу бетону на стиск) слід призначати не менше С12/15 і не менше 50 % прийнятого класу бетону.

### Залежні від часу втрати попереднього напруження

Середнє значення сили напруження  $P_{m,t}(x)$  у момент часу  $t > t_0$  повинно визначатись залежно від методу попереднього напруження арматури. На додаток до миттєвих втрат, повинні враховуватись залежні від часу втрати попереднього напруження  $\Delta P_{c+s+r}(x)$  як наслідок повзучості і усадки бетону та довготривалої релаксація напруженої сталі, тобто  $P_{m,t}(x) = P_{m0}(x) - \Delta P_{c+s+r}(x)$ .

Спрощений метод визначення втрат, що залежать від часу, на відстані  $x$  при дії постійних навантажень представлений виразом

$$\Delta P_{c+s+r}(x) = A_{sp} \Delta \sigma_{p,c+s+r} = A_{sp} \frac{\varepsilon_{cs} E_p + 0.8 \Delta \sigma_{pr} + \frac{E_p}{E_{cm}} \varphi(t, t_0) \sigma_{c,QP}}{1 + \frac{E_p A_{sp}}{E_{cm} A_c} \left( 1 + \frac{A_c}{I_c} z_{cp}^2 \right) [1 + 0.8 \varphi(t, t_0)]} =$$

$$= 452 \frac{0.0003277 \cdot 190000 + 0.8 \cdot 48.2 + \frac{190000}{27000} \cdot 3.0 \cdot 4.04}{1 + \frac{190000 \cdot 452}{27000 \cdot 183378} \left( 1 + \frac{183378}{1085827023} 81.4^2 \right) [1 + 0.8 \cdot 3.0]} = 74776 \text{ Н} \approx 74.78 \text{ кН},$$

де  $\Delta \sigma_{p,c+s+r}$  - абсолютне значення зміни напружень в арматурі внаслідок повзучості і усадки та релаксації на відстані  $x$  в момент часу  $t$  ;  
 $\varepsilon_{cs}$  - обчислене значення деформації усадки згідно з п.3.1.3.8 ДСТУ,  
 абсолютна величина;

$E_p$  - модуль пружності напруженої арматури;

$E_{cm}$  - середній модуль пружності бетону;

$\Delta\sigma_{pr}$  - абсолютна величина зміни напружень в арматурі на відстані  $x$  в момент часу  $t$ , викликана релаксацією напруженої арматури. Вона визначається при напруженнях  $\sigma_p = \sigma(G + P_{m0} + \varphi_2 Q)$ , де  $\sigma(G + P_{m0} + \varphi_2 Q)$  - початкові напруження в арматурі, викликані попереднім напруженням, постійними та квазіпостійними впливами;

$\varphi(t, t_0)$  - коефіцієнт повзучості в момент часу  $t$  при часі прикладання навантаження  $t_0$ . При  $t = 100$  або більше діб для розрахунків можемо прийняти значення граничного коефіцієнта повзучості  $\varphi(\infty, t_0) = 3.0$  для бетону класу С 16/20 при відносній вологості навколишнього середовища 40 -75% згідно із табл. 3.1 ДСТУ.

$\sigma_{c,QP}$  - напруження у бетоні, прилеглому до арматури, внаслідок дії власної ваги, попереднього напруження та інших відповідних квазіпостійних впливів. Величина  $\sigma_{c,QP}$  може бути наслідком часткової власної ваги і початкового напруження або повного сполучення дії  $\sigma_p = \sigma(G + P_{m0} + \varphi_2 Q)$ , залежно від стадії роботи конструкції, що розглядається;

$$\sigma_{c,QP} = \frac{M_{Ed,l} z_{cp}}{I_c} + \frac{P_{m,0}}{A_c} + \frac{P_{m,0} z_{cp}^2}{I_c};$$

$$\sigma_{c,QP} = \frac{22.8 \cdot 10^6 \cdot 81.4}{1085827023} + \frac{201725}{183378} + \frac{201725 \cdot 81.4^2}{1085827023} = 4.04 \text{ МПа};$$

$$\text{де } M_{Ed,l} = \frac{q_l l_0^2}{8} = \frac{8.4 \cdot 4.66^2}{8} = 22.8 \text{ кНм} = 22.8 \cdot 10^6 \text{ Нмм};$$

$q_l = 8.4 \text{ кН/м}$  – навантаження від власної ваги (постійне) та тривале;

$A_{sp}$  - площа всієї напруженої арматури на відстані  $x$  ;

$A_c$  - площа перерізу бетону;

$I_c$  - момент інерції перерізу бетону;

$z_{cp} = y_{0,c} - c_p = 109.4 - 28 = 81.4$  мм - відстань між центром ваги перерізу бетону і віссю напруженої арматури.

Повна деформація усадки (абсолютна величина) складається із двох компонентів: деформації усадки при висиханні та деформації внутрішньої усадки. Таким чином, значення загальної деформації усадки  $\varepsilon_{cs}$  визначається як:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd}(t) + \varepsilon_{ca}(t) = 0.0003169 + 10.81 \cdot 10^{-6} = 0.0003277 ,$$

де  $\varepsilon_{cd}(t)$  - деформація усадки при висиханні (абсолютна величина);

$\varepsilon_{ca}(t)$  - деформація внутрішньої усадки (абсолютна величина).

Кінцеве значення деформації усадки при висиханні

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_n \varepsilon_{cd,0} = 0.99 \cdot 0.00052 = 0.000515 ,$$

де  $\varepsilon_{cd,0} = 0.52\% = 0.00052$  - прийняте за таблицею 7.2 для бетону С 16/20 при відносній вологості 60 % (очікуване середнє значення з коефіцієнтом варіації близько 30 %);

$k_n$  - коефіцієнт, що залежить від умовного розміру  $h_0$  (в мм), згідно із таблицею 2.4

Таблиця 2.4

Номінальні значення усадки при висиханні  $\varepsilon_{cd,0}$  (%) для бетону нормального твердіння на цементі згідно з ДСТУ Б В.2.7-46

$f_{ck} / f_{ck.cube}$ , МПа	Відносна вологість, %					
	20	40	60	80	90	100
16/20	0,68	0,60	0,52	0,33	0,18	0,00
32/40	0,54	0,51	0,43	0,27	0,14	0,00
50/60	0,43	0,42	0,34	0,22	0,12	0,00

Умовний розмір поперечного перерізу

$$h_0 = 2A_c / u = 2 \cdot 183378 / 3390 = 108.2 \text{ мм}$$

де  $u = 1490 + 1460 + 2 \cdot 220 = 3390$  мм - периметр тієї частини, яка піддається висушуванню (периметр поперечного перерізу плити);

$A_c = 183378 \text{ мм}^2$  - площа перерізу бетону.

Тоді  $k_n = 1.0 - \frac{(1 - 0.85)}{100} (108.2 - 100) = 0.988 \approx 0.99$  (за пропорцією із табл.).

Таблиця 2.5

Масштабний коефіцієнт

$h_0$	$k_n$
100	1,0
200	0,85
300	0,75
$\geq 500$	0,70

Розвиток деформації усадки при висиханні визначається із виразу:

$$\varepsilon_{cd}(t) = \beta_{ds}(t, t_s) \varepsilon_{cd}(\infty) = 0.6153 \cdot 0.000515 = 0.0003169,$$

де 
$$\beta_{ds}(t, t_s) = \frac{(t - t_s)}{(t - t_s) + 0.04 \sqrt{h_0^3}} = \frac{(100 - 28)}{(100 - 28) + 0.04 \sqrt{108.2^3}} = 0.6153;$$

$t$  - вік бетону, діб, в момент часу, що розглядається (для  $t = 100$  діб);

$t_s$  - вік бетону, діб, при початку усадки висихання (або набухання) (для

$t_s = 28$  діб). Як правило, це час завершення догляду.

Деформації внутрішньої усадки (абсолютне значення) визначають:

$$\varepsilon_{ca}(t) = \beta_{es}(t) \cdot \varepsilon_{ca}(\infty) = 0.8646 \cdot 12.5 \cdot 10^{-6} = 10.81 \cdot 10^{-6},$$

де  $\varepsilon_{ca}(\infty) = 2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6} = 2.5(15 - 10) \cdot 10^{-6} = 12.5 \cdot 10^{-6};$

$$\beta(t) = 1 - \exp(1 - 0.2t^{0.5}) = 1 - \exp(-0.2 \cdot 100^{0.5}) = 1 - \exp(-2) = 0.8646;$$

$t = 100$  - час, діб.

У Єврокодi визначено три класи арматури за релаксацією:

Клас 1: дріт або канат – із звичайною релаксацією;

Клас 2: дріт або канат – із низькою релаксацією;

**Клас 3: гарячекатані або оброблені стрижні.**

Обчислення втрат від релаксації напруженої сталі при проектуванні повинні ґрунтуватись на  $\rho_{1000}$  - втратах від релаксації (у %) після 1000 годин від натягування за середньої температури  $20^0\text{C}$ .

Значення  $\rho_{1000}$  може прийматися: 8% для класу 1; 2,5% для класу 2 і 4% для класу 3 або прийматися за сертифікатом.

Втрати на релаксацію можна прийняти за сертифікатом виробника або обчислювати у процентному відношенні зміни напружень від початкових попередніх напружень і визначати застосуванням нижченаведеного виразу:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1.98 \cdot \rho_{1000} \cdot e^{8\mu} \left( \frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-\mu)} \cdot 10^{-5}.$$

Для класу 3:

$$\frac{\Delta\sigma_{pr}}{\sigma_{pi}} = 1.98 \cdot 4 \cdot e^{8 \cdot 0.75} \left( \frac{t}{1000} \right)^{0.75(1-0.75)} \cdot 10^{-5} = 0.102,$$

де  $\Delta\sigma_{pr}$  - абсолютне значення втрат від релаксації попереднього напруження;

$\sigma_{pi}$  - при напруженні на упори – абсолютна величина початкових попередніх напружень  $\sigma_{pi} = \sigma_{pm0}(x) = 472.5 \text{ МПа}$ ;

$t$  - час після напруження, год (500000 год, тобто близько 57 років);

$\mu = \sigma_{pi} / f_{pk}$ , де  $f_{pk} = 630 \text{ МПа}$  - характеристичне значення міцності на розтяг напруженої арматури:  $\mu = 472.5 / 630 = 0.75$ .

Тоді  $\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{pi} \cdot 0.102 = 472.5 \cdot 0.102 = 48.2 \text{ МПа}$ .

Середнє значення сили напруження  $P_{m,t}(x)$  у момент часу  $t > t_0$  (з врахуванням усіх втрат)

$$P_{m,t}(x) = P_{m0} - \Delta P_{c+s+r} = 201.73 - 74.78 = 126.95 \text{ кН}$$

Величина  $P_{m,t}(x)$  повинна відповідати двом наступним умовам:

$$P_{m,t}(x) = 126.95 \text{ кН} \leq 0.65 f_{pk} A_{sp} = 0.65 \cdot 630 \cdot 452 \cdot 10^{-3} = 185.1 \text{ кН};$$

$$P_{m,t}(x) = 126.95 \text{ кН} \leq P_{m0}(x) - 100 A_{sp} = 201.73 - 100 \cdot 452 \cdot 10^{-3} = 156.53 \text{ кН}.$$

Умови виконуються.

Напруження в попередньо напруженій арматурі зі врахуванням усіх втрат:

$$\sigma_{sp} = P_{m,t}(x) / A_{sp} = 126950 / 452 = 280.9 \text{ МПа.}$$

Відносні деформації в арматурі  $\varepsilon_{sp}$  визначають, в залежності від напружень

$\sigma_{sp}$ , згідно діаграми стану арматури за формулою:

$$\text{при } 0 \leq \sigma_{sp} = 280.9 \text{ МПа} < f_{pd0} = 479.17 \text{ МПа:}$$

$$\varepsilon_{sp} = \sigma_{sp} / E_p = 280.9 / 190000 = 0.00148 = 1.48 \text{ ‰.}$$

### Розрахунок за деформаціями

Величину проліт/висота за формулою, якщо  $\rho > \rho_0$ :

$$\frac{l}{d} = k \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho}{\rho - \rho_0} + \frac{1}{12} \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} \right].$$

Або якщо  $\rho < \rho_0$ :

$$\frac{l}{d} = k \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \cdot \sqrt{f_{ck}} \cdot \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right].$$

де  $\frac{l}{d}$  – граничне відношення проліт/висота.

$k = 1$  – коефіцієнт, що враховує різні конструктивні системи.

$\rho_0 = 10^{-3} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 10^{-3} \cdot \sqrt{15} = 0,0039 \text{ см}^2$  – довідковий відсоток армування.

$\rho$  – необхідний відсоток армування для розтягнутої арматури у середині прольоту для сприйняття моменту від розрахункового навантаження.

$$\rho = \frac{A_{s2}}{b \cdot d} = \frac{905}{1500 \cdot 195} = 0,0031 \text{ см}^2.$$

Так як  $\rho = 0,0031 \text{ см}^2 < \rho_0 = 0,0039 \text{ см}^2$  співвідношення проліт висота розраховуємо за формулою (4.1.52):

$$\frac{l}{d} = 1 \left[ 11 + 1,5 \cdot \sqrt{15} \cdot \frac{0,0039}{0,0031} + 3,2 \cdot \sqrt{15} \cdot \left( \frac{0,0039}{0,0031} - 1 \right)^{3/2} \right] = 19,93.$$

Крім того, ще необхідно помножити отримане значення на  $310/\sigma_s$ .

$$\frac{l}{d} \cdot \frac{310}{\sigma_s} = 19,93 \cdot \frac{310}{426} = 14,5.$$

$$\frac{l}{d} = \frac{5980}{195} = 30,67 > 14,5.$$

Таким чином відношення проліт/висота не відповідає граничному значенню і перевірку прогину розрахунком потрібно виконувати.

Перевіримо величину прогину при дії моменту 72,76 кНм. Кривизна у перерізі отримана за деформаційною методикою при розрахунках за II групою граничних станів і для цього рівня навантаження дорівнює 0,0049.

$$f = \frac{1}{r} \cdot k_m l^2 = 0,0049 \cdot \frac{5}{48} \cdot 5,98^2 = 0,018 \text{ м.}$$

$$f = 0,018 \text{ м} < f_u = \frac{1}{150} l = \frac{1}{150} \cdot 5,98 = 0,04 \text{ м.}$$

Перевірка виконана.

## **РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА**

### **3.1 Технологія та організація будівельного виробництва**

#### **Підготовчі роботи будівельного майданчика**

Підготовчі роботи поділяються на дві основні групи:

- позамайданчикові;
- внутрішньомайданчикові.

До позамайданчикових робіт належать процеси, пов'язані з будівництвом зовнішніх під'їзних доріг до будівельного майданчика, прокладанням мереж та споруд для забезпечення об'єкта електроенергією, водою, зв'язком, а також, за необхідності, створенням виробничої бази будівельної організації.

До внутрішньомайданчикових робіт входить комплекс заходів з підготовки території будівництва, зокрема:

- створення геодезичної розбивочної основи;
- улаштування огорожі будівельного майданчика;
- очищення території від дерев, пнів, валунів, а також знесення будівель і споруд, що не можуть використовуватися під час будівництва;
- організація відведення поверхневих і ґрунтових вод;
- улаштування тимчасових будівель, доріг та інженерних мереж;
- підготовка майданчиків для складування матеріалів і укрупнювального складання конструкцій;
- забезпечення тимчасового освітлення майданчика.

Обсяги підготовчих робіт визначаються проектом виконання робіт.

#### **Створення геодезичної розбивочної основи**

Геодезична розбивочна основа призначена для планового та висотного закріплення проекту будівель і споруд на місцевості, а також для забезпечення геодезичного супроводу протягом усього періоду будівництва.

Геодезичну розбивку виконують у вигляді координатної сітки квадратів, осі якої визначають положення споруди на місцевості. Для закріплення розбивочної основи можуть використовуватись червоні лінії забудови.

Під час винесення будівельної сітки на місцевість використовують пункти державної геодезичної мережі. Основні осі будівлі закріплюють методом прямокутних координат. Для детальної розбивки паралельно контуру споруди влаштовують будівельне обнесення, на яке переносять основні осі з їх подальшим закріпленням.

Будівельне обнесення розміщують на відстані не менше 20 м від осей будівлі для забезпечення його збереження під час виконання земляних робіт.

### **Огородження будівельного майданчика**

Будівельний майданчик повинен бути огорожений з метою запобігання доступу сторонніх осіб та забезпечення безпечних умов праці. Огорожа має бути міцною та стійкою. Найчастіше застосовують дерев'яні або металеві конструкції.

У випадку примикання огорожі до тротуарів з інтенсивним рухом пішоходів додатково влаштовують захисні навіси для безпечного проходу людей.

### **Очищення території будівництва**

Територію майданчика очищають від дерев, кущів, пнів, валунів та споруд, що перешкоджають виконанню будівельних робіт. Для валки дерев і корчування пнів використовують бульдозери та інші механізми. Кущі зрізають кущорізами або бульдозерами із заглибленням ножа на 15–20 см.

Великі валуни та каміння вивозять або переміщують землерийно-транспортними машинами. Негабаритні камені попередньо подрібнюють вибуховим способом.

Родючий рослинний шар ґрунту знімають і складують для подальшого використання під час благоустрою території.

Зелені насадження, які не підлягають видаленню, огороджують та захищають від пошкодження. Дерев'яні й кущі, придатні для озеленення, пересаджують.

### **Відведення поверхневих і ґрунтових вод**

Для захисту будівельного майданчика від затоплення поверхневої води, що

утворюються внаслідок атмосферних опадів і танення снігу, відводять за допомогою водовідвідних каналів, лотків, обвалування або систем підземного дренажу.

Поверхню майданчика, складів і монтажних зон планують з необхідними ухилами для організованого відведення води.

### **Улаштування тимчасових інженерних мереж**

Для потреб будівництва по можливості використовують постійні інженерні мережі. За їх відсутності влаштовують тимчасові мережі водопостачання, електропостачання, теплопостачання та стисненого повітря.

Тимчасові водопровідні мережі виконують переважно зі сталевих труб діаметром 25–150 мм. Труби прокладають нижче глибини промерзання ґрунту або утеплюють теплоізоляційними матеріалами.

Тимчасове електропостачання організовують повітряними лініями електропередачі. Підземне прокладання кабелів застосовують лише за необхідності дотримання вимог безпеки.

Для забезпечення теплом використовують тимчасові тепломережі та пересувні котельні установки. Подавання стисненого повітря здійснюють за допомогою стаціонарних або пересувних компресорних станцій.

### **Розміщення тимчасових будівель**

На будівельному майданчику розміщують тимчасові культурно-побутові, адміністративно-господарські та виробничі будівлі: їдальні, душові, медичні пункти, приміщення для обігріву працівників, контори, прохідні тощо.

Площу та кількість таких будівель визначають розрахунком. Доцільно використовувати інвентарні контейнерні, збірно-розбірні або пересувні споруди заводського виготовлення.

Відкриті склади конструкцій, матеріалів та обладнання розташовують у зоні дії монтажних механізмів, а важкі та великогабаритні елементи — максимально близько до місця монтажу.

Закриті склади групують у межах складської зони. Майданчики для укрупнювального складання конструкцій розміщують таким чином, щоб

забезпечити зручне й безпечне транспортування елементів у проектне положення.

### **Улаштування тимчасових доріг**

Тимчасові дороги призначені для забезпечення під'їзду до будівельного майданчика та внутрішнього транспортного сполучення.

За можливості їх прокладають по трасах постійних доріг, передбачених генеральним планом забудови. До введення об'єкта в експлуатацію такі дороги можуть експлуатуватися без верхнього покриття.

Конструкція автомобільних доріг включає земляне полотно та дорожній одяг, який складається з піщаної підготовки, основи та покриття. Для зменшення вартості робіт при улаштуванні тимчасових доріг широко застосовують багаторазові збірні залізобетонні плити колійного типу.

## **3.2 Організаційно-технологічні схеми та методи будівництва**

### **Організаційно-технологічна схема будівництва**

Організаційно-технологічна схема будівництва передбачає вибір найбільш раціонального методу організації будівельного процесу. Для зведення даного об'єкта прийнято потоковий метод організації робіт.

Основою потокового будівництва є принципи рівномірності та безперервності виконання робіт, що забезпечує ефективне використання трудових, матеріальних і технічних ресурсів, а також безперервний випуск будівельної продукції. Головною особливістю потокового методу є суміщення в часі різних будівельних процесів на окремих захватках, що дозволяє скоротити тривалість будівництва та покращити техніко-економічні показники.

Для організації потокового зведення будівлю, залежно від її розмірів, конструктивних і об'ємно-планувальних особливостей, поділяють на черги, ділянки та захватки. Роботи можуть виконуватись одночасно на всіх ділянках або послідовно на кожній із них.

У даному проєкті запроєктовано 9-поверховий двосекційний цегляний житловий будинок. Для організації потокового будівництва об'єкт поділено на дві захватки: I та II. Кожна захватка додатково розбивається на окремі ділянки при виконанні цегляної кладки, внутрішніх та інших видів робіт.

Для реалізації потокового методу необхідно:

- розділити комплексний процес на окремі прості процеси;
- визначити склад виконавців для кожного процесу;
- підібрати необхідні будівельні машини та механізми;
- встановити однакову тривалість робіт на кожній захватці;
- забезпечити суміщення процесів у часі;
- організувати послідовне виконання однакових процесів та паралельне виконання різних процесів на окремих захватках.

## **Методи виконання робіт**

### *Розробка ґрунту*

До початку розробки котловану виконують такі підготовчі роботи:

- зняття рослинного шару ґрунту;
- викорчовування та пересадження дерев;
- вертикальне планування території;
- улаштування огорожі будівельного майданчика;
- розбивка осей будівлі.

Розробку ґрунту виконують екскаватором Е-505, обладнаним прямою лопатою з місткістю ковша 0,65 м<sup>3</sup>, із навантаженням ґрунту в автосамоскиди.

Після механізованої розробки виконують доопрацювання ґрунту бульдозером ДЗ-29 за човниковою схемою. Остаточне доопрацювання дна котловану здійснюється вручну.

Технічні характеристики екскаватора Е-505:

- місткість ковша 0,65 м<sup>3</sup>;
- довжина стріли 5,5 м;
- найбільший радіус копання 9,2 м;

- максимальна глибина копання 4,0 м;
- радіус вивантаження 5,4 м;
- висота вивантаження 1,7 м;
- потужність двигуна 59 кВт;
- маса 20,5 т.

#### *Улаштування фундаментів*

Перед монтажем фундаментів виконують:

- розбивку та закріплення осей;
- очищення дна котловану;
- перевірку проектних відміток.

Для монтажу фундаментних блоків застосовується гусеничний кран ДЕК-251, який переміщується по периметру котловану.

Перед монтажем влаштовують піщану підготовку.

Монтаж стрічкових фундаментів починають з установлення маякових блоків у кутах будівлі та в місцях перетину стін. При значній довжині фундаментів маякові блоки розміщують з кроком не більше 20 м.

Шви між фундаментними подушками заповнюють піском з ущільненням, а верхню частину швів замоноличують цементним розчином товщиною 40 мм.

Фундаментні стінові блоки монтують тим самим краном із закладенням стиків цементним розчином марки М400.

Після завершення монтажу плит перекриття підвалу виконують гідроізоляцію з двох шарів рулонного матеріалу на бітумній мастиці та зворотне засипання ґрунту з ущільненням.

#### *Улаштування цегляних стін*

Організація праці мулярів базується на розподілі робіт за рівнем складності. Роботи, що потребують високої кваліфікації, виконують муляри високих розрядів, а допоміжні операції — підсобні робітники.

Кам'яну кладку можна організувати:

1. потоково-розчленованим методом;
2. потоково-конвеєрним (кільцевим) методом.

Для даного двосекційного житлового будинку прийнято потоково-розчленований метод, оскільки він є більш ефективним при значному обсязі внутрішніх стін та перегородок.

Захватки поділяють на ділянки відповідно до кількості ланок мулярів. У процесі кладки виконують монтаж і перестановку інвентарних підмостів, а також установлення залізобетонних перемичок.

#### *Монтаж міжповерхових перекриттів і сходових елементів*

Монтаж плит перекриття, покриття, сходових площадок і маршів виконують баштовим краном КБ-405.

Спочатку монтують сходові площадки та марші, після чого закладають шви цементним розчином.

Монтаж плит перекриття починають від сходових клітин у напрямку зовнішніх стін. Плити закріплюють між собою та зі стінами за допомогою зварювання або металевих скруток.

Після монтажу виконують замонолічування швів і ділянок, які неможливо перекрити типовими плитами. Для цього встановлюють опалубку, укладають арматуру та бетонну суміш із подальшим ущільненням вібраторами.

#### *Улаштування покрівлі*

Перед улаштуванням покрівлі виконують:

- наклеювання додаткових шарів рулонного килима;
- монтаж водоприймальних воронок;
- улаштування карнизних елементів;
- ґрунтування основи.

Після ґрунтування наклеюють шар руберойду, влаштовують теплоізоляцію з жорстких мінераловатних плит і цементно-піщану стяжку.

Далі наклеюють три шари рулонного покриття. Для додаткового захисту парапетів та водоприймальних воронок використовують оцинковану сталь.

По периметру будівлі влаштовують металеву огорожу покрівлі.

#### *Улаштування віконних і дверних прорізів*

Монтаж віконних і дверних блоків виконують після зведення 5–6 поверхів.

Перед установленням прорізи очищують від залишків розчину та бруду. Віконні конструкції закріплюють дюбелями, після чого стики герметизують монтажною піною.

Дверні блоки монтують разом із коробками та навішуванням полотен.

#### *Внутрішнє оздоблення приміщень*

Оздоблювальні роботи виконують після монтажу вікон і дверей.

#### Стелі

- у житлових кімнатах і коридорах вапняна штукатурка;
- у кухнях та санвузлах пластикові панелі;
- у сходових клітинах штукатурка вапняним розчином.

#### Оздоблення стін

- житлові кімнати та коридори шпалери;
- кухні та санвузли керамічна плитка;
- сходові клітини штукатурка та фарбування водоемульсійною фарбою.

#### Підлоги

- житлові приміщення цементна стяжка та щитовий паркет;
- коридори й кухні лінолеум;
- санвузли гідроізоляція, цементна стяжка та керамічна плитка.

#### Утеплення фасаду

Утеплення зовнішніх стін виконують жорсткими мінераловатними плитами з попереднім установленням напрямних профілів.

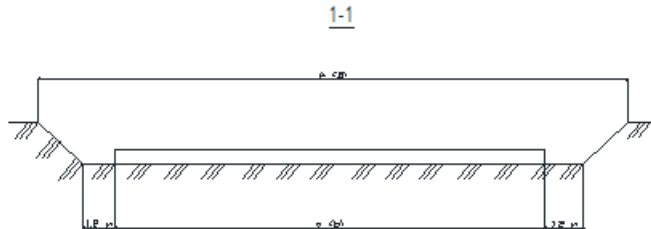
Фасад облицьовують фасадним каменем. Матеріали подають щогловими підйомниками та монтують із використанням риштувань.

#### Благоустрій території

Після завершення будівництва виконують благоустрій прилеглої території, який включає: озеленення території, улаштування газонів і клумб, будівництво тротуарів, облаштування дитячого майданчика, установлення лавок біля входів до будинку.

### **Вибір методів виконання робіт і комплектів будівельних машин**

Розміри задані між крайніми осями. Для отримання дійсних розмірів котловану необхідно визначити його розміри по дну котловану використовуючи формулу:



$$a = a' + 2.4 = 50.45 + 2.4 = 52.85(\text{м})$$

$$b = b' + 2.4 = 15.62 + 2.4 = 18.02(\text{м})$$

$a$  і  $b$  - довжина та ширина по дну котловану;  
 $a'$  і  $b'$  - довжина та ширина будівлі у плані;

Розміри будівлі по верху визначаються за формулою:

$$A = a + 2 * mH = 52.85 + 2 * 1 * 2.4 = 57.65(\text{м})$$

$$B = b + 2 * mH = 18.02 + 2 * 1 * 2.4 = 22.82(\text{м})$$

де:  $A$  і  $B$  – розміри по верху котловану;

$m$  – коефіцієнт закладання укосу;

$H$  – глибина котловану яка складає 2,4 (м).

Обсяг робіт по котловану визначають за формулою:

$$V_k = H_k / 6 * [(2A + a) * B + (2a + A) * b]$$

$$V_k = 2.4 / 6 * [(2 * 57.65 + 52.85) * 22.82 + (2 * 52.85 + 57.65) * 18.02] = 0.4 * (3837 + 2943) = 2716(\text{м}^3)$$

Ширина в'їздної траншеї для двох машин складає:  $d = 8$  (м)

Довжина в'їздної траншеї складає:

$$L_{mp} = 10 * H_k = 10 * 2.4 = 24(\text{м})$$

Обсяг ґрунту в'їздної траншеї:

$$V_{в.тр.} = \frac{H_k^2}{6} = (3*d + 2*m*H_k * \frac{m'-m}{m'}) * (m'-m)$$

де:  $m'$  - коефіцієнт закладання дна в'їздної траншеї:  $m'=10$

$$V_{в.тр.} = \frac{2.4^2}{6} = (3*8 + 2*0.5*2.4 * \frac{10-(0.5+0.5)}{10}) * (10-1) = 452$$

об'єм земельних робіт:

$$V_{заг.} = V_k + V_{в.тр.}$$

$$V_{заг.} = 2716 + 452 = 3168 (м^3)$$

*Визначаємо розміри забою прямих лопат*

Розміри забою прямих лопат визначають за робочими параметрами, розташуванню та габаритними розмірами транспортних засобів.

Найбільша ширина лобового проходу:

$$B_3^l = 2 * \sqrt{R_{п.см}^2 - L_n^2}$$

де:  $R_{п.см}^2$  - радіус різання на рівні стоянки дорівнює 9,2(м);

$L_n^2$  - довжина робочої передвижки дорівнює 2 (м);

$$B_3^l = 2 * \sqrt{9.2^2 - 2^2} = 18(м)$$

Найбільш прокатна ширина бокового ярусного забою, при якій до мінімуму скорочується об'єм недоборів ґрунту на укосах:

$$B_3^б = \sqrt{R_{п.см}^2 - L_n^2} + \frac{R_{п.см}}{\sqrt{2}} = \sqrt{9.2^2 - 2^2} + \frac{9.2}{\sqrt{2}} = 15.5(м)$$

*Розрахунок кількості проходок*

Визначаємо кількість лобових проходок:

Так як ширина по дну котловану складає 18 (м), а найбільша ширина лобового проходу екскаватора Е-505 складає також 18 (м), то кількість лобових проходок буде дорівнювати одній.

$$n_{np}^l = b / B_3^l = 18.02 / 18 \approx 1 (\text{проходка})$$

Визначаємо кількість бокових проходок:

Щоб визначити кількість бокових проходок треба довжину по верху котловану розділити на найбільш прокатну ширину бокового ярусного забою.

$$n_{np}^b = A / B_3^b = 57.65 / 15.5 \approx 4 (\text{проходки})$$

*Визначаємо вид і кількість транспортних засобів*

Необхідну кількість автосамоскидів, що забезпечують безперебійну роботу екскаватора, визначаємо за формулою:

$$N_{a-c} = \frac{T_{уст.н} + T_n + T_{уст.р.} + T_p + T_{np.} + T_{мп.}}{T_{уст.н} + T_n}$$

Для перевезення розробленого ґрунту у відвал обираємо автосамоскид КрАЗ-555

де:  $T_{уст.н}$  - тривалість установки самоскида під завантаженням  $T_{уст.н} = 0,3$

хв;

$T_n$  - тривалість завантаження автосамоскиду  $T_n = 1,52$  хв;

$T_{уст.р.}$  - тривалість встановлення під розвантаження  $T_{уст.р.} = 0,6$ ;

$T_p$  - тривалість розвантаження  $T_p = 1$  хв;

$T_{np.}$  - тривалість пробігу автосамоскиду  $T_{np.}=7,5$  хв;

$T_{mn}$  - тривалість технологічних перерв  $T_{mn}=1,25$  хв.

$$N_{a-c} = \frac{0.3+1.52+0.6+1+7.5+1.25}{0.3+1.52} = 6.7 \approx 7 (\text{машин})$$

Отже під час риття котловану необхідно 7 автосамоскидів ЗИЛ-555 для перевезення виритого ґрунту у відвал на відстані 2 км від об'єкту.

Для улаштування підвальної частини будинку обираємо кран на гусінічному ході. Щоб визначити марку крану треба спочатку визначити монтажну характеристику найважчої конструкції та порівняти її з монтажною характеристикою крану.

Найважчим елементом при улаштуванні підвалу будинку є фундаментний блок ФЛ 14.24. Його вага складає 2.1 (т).

Монтажна вага найважчого елемента:

$$m = m_{ел.} + m_{стр.} = 2.1 + 0.05 = 2.15 \quad (\text{т})$$

де:  $m_{ел.}$  - маса елемента, що монтується;

$m_{стр.}$  - маса монтажних строп = 0.05 (т).

Визначаємо максимальний виліт стріли крана.

Максимальний виліт стріли крана визначається за формулою:

$$L = l_{ел.} + l_m + l_{пр.об.} + l_3 + l_6 = 8.205 + 1.2 + 2.4 + 1 + 1.6 = 14.405 \quad (\text{м})$$

де:  $l_{ел.}$  - відстань від крайньої осі до найвіддаленішої точки монтажу елемента = 8.205 (м);

$l_m$  - відстань від крайньої осі до краю котловану з урахуванням полоси роботи монтажників = 1.2 (м);

$l_{пр.об.}$  - ширина призми обвалення ґрунту = 2.4 (м);

$l_3$  - відстань від краю призми обвалення до коліс крана = 1 (м);

Монтажні характеристики крана ДЕК-251 повністю задовольняють умовам улаштування найважчого елемента, фундаментних блоків Ф.Л. 14-24.

$l$ <sub>в</sub> - відстань від краю колеса до осі повертання крану = 1.6 (м).

Визначаємо монтажну висоту:

$$H = H_m + h_{стр} + h_з = 2.2 + 1.5 + 0.5 = 4.2 \text{ (м)}$$

де:  $H_m$  - глибина на яку встановлюється елемент = 2.2 (м);

$h_{стр}$  - висота стропуючого обладнання = 1.5 (м);

$h_з$  - монтажний запас по висоті = 0.5 (м).

Остаточно приймаємо кран на гусинічному ході ДЕК-251.

Монтажні характеристики гусеничного крана ДЕК-251 повністю відповідають умовам монтажу найбільш важкого елемента підвальної частини будівлі — фундаментних блоків ФЛ 14.24.

Отже, остаточно для виконання робіт нульового циклу приймаємо гусеничний кран ДЕК-251.

Для улаштування надземної частини будинку обираємо баштовий кран на рельсовому ході. Щоб визначити марку крану треба спочатку визначити монтажну характеристику найважчої конструкції та порівняти її з монтажною характеристикою крану.

Найважчим елементом при улаштуванні надземної частини будинку є плита перекриття та покриття ПК 60.12 Її вага складає 1.934 (т).

Монтажна вага найважчого елемента:

$$m = m_{ел.} + m_{стр.} = 1.934 + 0.05 = 1.984 \text{ (т)}$$

де:  $m_{ел.}$  - маса елемента, що монтується;

$m_{стр.}$  - маса монтажних строп = 0.05 (т).

Визначаємо максимальний виліт стріли крана.

Максимальний виліт стріли крана визначається за формулою:

$$L = 24 \text{ (м)}$$

Визначаємо монтажну висоту:

$$H_m + h_{стр} + h_3 = 30.645 + 1.5 + 0.5 = 32.645 \quad (\text{м})$$

де:  $H_m$  - висота на яку встановлюється елемент, плита покриття  
= 30.645 (м);

$h_{стр}$  - висота стропуючого обладнання = 1.5 (м);

$h_3$  - монтажний запас по висоті = 0.5 (м).

Монтажні характеристики баштового крана КБ-405 повністю відповідають нашим умовам.

### 3.3 Технологічна карта на виконання цегляної кладки типового поверху

#### Область застосування

Технологічна карта розроблена на виконання цегляної кладки стін типового поверху житлового будинку.

До складу робіт, передбачених технологічною картою, входять:

- виконання цегляної кладки зовнішніх стін;
- виконання цегляної кладки внутрішніх стін;
- улаштування, перестановка та розбирання інвентарних підмостів;
- монтаж сходових маршів;
- виконання транспортних і такелажних операцій.

#### Організація і технологія виконання робіт

До початку виконання цегляної кладки стін повинні бути завершені такі підготовчі роботи:

- організація будівельного майданчика;
- виконання робіт нульового циклу;
- геодезична розбивка осей будівлі;

- доставка та підготовка до роботи баштового крана, підмостів, інвентарю, пристроїв і матеріалів.

Складування цегли передбачено на спеціально відведених майданчиках на піддонах. Схема складування наведена на кресленні.

Розвантаження цегли з транспортних засобів здійснюється пакетами. Для запобігання випаданню цегли днища пакетів захищають брезентовими фартухами. Розчин подають до робочого місця інвентарними бункерами місткістю 1 м<sup>3</sup> з подальшим перевантаженням у металеві ящики місткістю 0,25 м<sup>3</sup>.

Для виконання кладки зовнішніх та внутрішніх стін застосовують інвентарні шарнірно-панельні підмости. Схема їх розташування наведена на кресленні. Загальна ширина робочої зони прийнята 2,5–2,6 м, з яких 0,6–0,7 м становить безпосередньо робоча зона муляра.

Виконання цегляної кладки зовнішніх і внутрішніх стін типового поверху здійснюється у такій технологічній послідовності:

1. підготовка робочих місць мулярів;
2. виконання цегляної кладки стін із розшиванням швів.

Після кожного переставлення підмостів рівень кладки повинен бути не менше ніж на 0,7 м вище рівня робочого настилу або перекриття. Якщо кладку необхідно виконувати нижче цього рівня, слід застосовувати запобіжні пояси або спеціальні захисні огороження.

Розшивання зовнішніх швів виконують після укладання кожного ряду цегли.

Виконання робіт стоячи на стіні товщиною менше 0,75 м забороняється.

Карнизи з виносом більше 0,3 м улаштовують із зовнішніх приставних риштувань. При цьому необхідно передбачати тимчасові кріплення карнизів, які знімають лише після повного твердіння розчину та влаштування покрівлі.

Під час виконання робіт забороняється перебування людей під місцем кладки карнизів.

Підготовка робочих місць мулярів виконується у такій послідовності:

1. установлення риштувань;

2. розміщення запасу цегли, необхідного для двогодинної роботи;
3. установлення ящиків із розчином;
4. закріплення порядовок із нанесенням позначок віконних і дверних прорізів.

Процес цегляної кладки включає такі операції:

1. установлення та перестановка риштувань;
2. рубання цегли за потреби;
3. подача і розкладання цегли на стіні;
4. подача, розстилання та розрівнювання розчину;
5. укладання цегли в конструкцію;
6. розшивання швів;
7. контроль правильності виконання кладки.

Цегляну кладку стін із розшиванням швів виконують ланкою «трійка» потоково за захватками та ярусами. Схема організації робіт наведена на кресленні.

У процесі виконання кладки стін обов'язки між робітниками ланки «трійка» розподіляються таким чином:

- муляр №1 3-го розряду виконує кладку зовнішньої версти та розшивання швів;
- муляр №2 3-го розряду здійснює кладку внутрішньої версти;
- муляр №3 2-го розряду виконує забутку, а також допомагає мулярам №1 і №2 у подачі матеріалів та перелопачуванні розчину.

Кладку внутрішніх стін виконують ланкою «двійка».

Муляр 3-го розряду (№1) відповідно до нівелірних позначок і за допомогою виска встановлює порядовки, після чого натягує причальний шнур для забезпечення горизонтальності рядів кладки.

Муляр 3-го розряду (№2) подає цеглу з піддонів та розкладає її для ложкових і тичкових рядів. Цеглу укладають стопками по дві штуки паралельно стіні на відстані довжини однієї цеглини.

Муляр №1 виконує кладку внутрішньої версти товщиною 1,5 цегли за багаторядною системою перев'язки швів. Кладку верстових рядів ведуть способом «впритул» із підрізанням розчину. Після завершення робіт контролюють правильність виконання кладки.

Рациональна організація праці, а також методи і прийоми виконання робіт при зведенні цегляних стін прийняті відповідно до карт трудових процесів ККТ-3.0-3.

Після завершення кладки першого ярусу муляри переходять до виконання робіт на другому ярусі. Для цього шарнірно-панельні підмости переставляють у наступне робоче положення.

Для зведення зовнішніх стін із полегшеної цегляної кладки використовують:

- силікатну звичайну та модульну цеглу;
- керамічну цеглу;
- лицьову керамічну цеглу.

Для утеплення стін застосовують теплоізоляційні плити з пінополістиролу.

У зовнішніх стінах у горизонтальних швах на рівні низу перекриттів, у кутах та місцях примикання поперечних стін передбачають установлення зварних арматурних сіток.

Простінки з полегшеної кладки додатково армують сітками, які укладають у шви кладки на рівні верхньої та нижньої частини простінка.

Арматурні сітки повинні бути надійно захищені від корозії. Теплоізоляційний шар необхідно герметично захищати від проникнення вологи в місцях віконних і дверних прорізів.

Утеплювач укладають на шар свіжого цементного розчину.

Зовнішню та внутрішню версти стіни з'єднують поперечними діафрагмами товщиною у півцеглини з дотриманням необхідної перев'язки швів. Відстань між діафрагмами не повинна перевищувати 1200 мм.

Діафрагми необхідно влаштовувати також у місцях спирання балок і перемичок. Для забезпечення спільної роботи навантажених і ненавантажених

ділянок стіни в горизонтальні шви кладки встановлюють зварні сітки з вертикальним кроком 1200 мм.

Установлення зварних сіток у горизонтальних швах на рівні низу перекриттів, у кутах та місцях примикання поперечних стін є обов'язковим.

Цегляну кладку стін виконує комплексна бригада, до складу якої входять:

- муляри;
- муляри-монтажники;
- такелажники;
- теслі.

Паралельно зі зведенням стін виконують:

- монтаж сходових площадок і маршів;
- установлення залізобетонних перемичок;
- монтаж збірних плит перекриття;
- перестановку шарнірно-панельних підмостів;
- установлення віконних і дверних блоків.

Подачу матеріалів та конструкцій здійснюють баштовим краном, який підбирають за такими параметрами:

- масою найбільш важкого елемента;
- максимальним вильотом стріли;
- максимальною висотою підйому гака.

Найбільш важким монтажним елементом є плита перекриття ПК61.18-4Ат масою 3,43 т. Необхідний виліт стріли становить 2,8 м, а висота підйому гака 48 м.

За технічними характеристиками для виконання монтажних робіт приймається баштовий кран КБ-405.

### **Вимоги до якості та приймання робіт**

Роботи зі зведення кам'яних конструкцій повинні виконуватись відповідно до проєктної та нормативної документації, яка встановлює:

- види матеріалів і їх проєктні марки за міцністю та морозостійкістю;
- марки будівельних розчинів;

- типи кладки та заходи із забезпечення міцності конструкцій на стадії зведення.

Технічні критерії якості та засоби контролю виконання робіт наведені в таблиці операційного контролю.

### **3.4 Календарний графік будівництва**

Календарний графік визначає доцільну послідовність, взаємоузгодженість у часі окремих будівельних процесів та загальну тривалість зведення будівлі.

Вихідними даними для розроблення календарного графіка є:

- креслення архітектурно-будівельної частини проєкту;
- відомості трудомісткості робіт;
- потреба в будівельних машинах, конструкціях і матеріалах;
- дані щодо постачання матеріалів і конструкцій;
- інформація про фінансування будівництва.

#### **Порядок розроблення календарного плану**

Розроблення календарного плану виконують у такій послідовності:

- складають номенклатуру робіт;
- визначають обсяги робіт за кожним видом;
- обирають методи виконання основних робіт та провідні машини;
- визначають нормативну трудомісткість і машиноємність;
- формують склад бригад і ланок;
- встановлюють технологічну послідовність виконання процесів;
- визначають змінність робіт;
- розраховують тривалість окремих процесів та їх взаємне суміщення у часі з коригуванням чисельності робітників;
- порівнюють отриману тривалість із нормативною та за потреби виконують коригування;
- розробляють графіки потреби в ресурсах та їх забезпечення.

Календарний графік є організаційним документом, у якому відображаються всі види робіт у технологічній послідовності, терміни їх

виконання та взаємозв'язок між окремими процесами. На його основі визначають потребу в трудових ресурсах, будівельних машинах, механізмах і транспортних засобах.

Календарний графік розроблено відповідно до чинних нормативних документів України. Його основною метою є визначення складу та обсягів будівельно-монтажних робіт, послідовності їх виконання та загальної тривалості будівництва.

До складу календарного графіка входять:

- підготовчий період;
- роботи нульового циклу;
- зведення надземної частини;
- оздоблювальні роботи;
- покрівельні роботи;
- спеціальні роботи.

У межах кожного циклу встановлюють таку послідовність виконання процесів, яка забезпечує скорочення термінів будівництва та максимальне суміщення робіт у часі при обов'язковому дотриманні технології, вимог охорони праці та високої якості виконання робіт.

### **Основні критерії оцінки календарного плану**

Якість календарного плану оцінюється за такими показниками:

- мінімальна тривалість будівництва;
- рівномірне використання трудових ресурсів і будівельних машин;
- мінімальна собівартість виконання робіт;
- максимальний обсяг будівельної продукції;
- забезпечення економічної ефективності будівництва.

Тривалість будівництва визначають:

у складі ПОБ за календарним планом;

у складі ПВР за календарним графіком виконання робіт.

У даному проєкті календарний графік розроблено з урахуванням таких принципів:

- дотримання технології виконання будівельно-монтажних робіт;
- максимального суміщення процесів у часі;
- забезпечення рівномірного використання ресурсів.

Під час визначення послідовності виконання робіт необхідно забезпечити:

- стійкість змонтованих конструкцій;
- належну якість виконання робіт;
- безпечні умови праці;
- високу продуктивність праці;
- досягнення заданої інтенсивності будівництва.

Тривалість виконання окремих видів робіт визначають за відповідними розрахунковими формулами:

$$T_p = \frac{Q}{n_{cm} * u_p * T_{cm}}$$

$$T_M = \frac{M}{n_{cm} * N_M * T_{cm}}$$

$T_p$  - тривалість ручних процесів;

- $Q$  - трудоемкість;
- $u_p$  - кількість робочих (чисельність ланки);
- $T_{cm}$  - кількість годин в зміну;
- $M$  - машиноємність;

При розробленні календарного графіка враховано такі положення:

- будівлю поділено на окремі захватки;
- обсяги робіт визначено у зведеній відомості будівельно-монтажних робіт;
- норми витрат праці (люд.-год) прийнято відповідно до чинних РЕКН та ЄНіР;
- чисельність виконавців визначено з урахуванням фронту робіт і їх обсягів;

- змінність робіт прийнята 1–2 зміни на добу.

Розрахунки трудових витрат і машинного часу наведено у відповідній таблиці.

Окрім графіка виконання робіт, розробляють графік руху робочої сили. Він відображає необхідну кількість працівників на кожний день будівництва, а також терміни залучення та вивільнення робітників різних спеціальностей на об'єкті.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 4.1. Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Організація охорони праці на будівельному майданчику здійснюється відповідно до чинного законодавства України, яке визначає права та обов'язки роботодавців і працівників у сфері безпеки праці. Нормативні вимоги спрямовані на запобігання виробничому травматизму, зниження впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також забезпечення безпечних і належних умов праці під час виконання будівельних робіт.

Основа системи охорони праці на будівельному майданчику становлять чинні законодавчі та нормативно-правові акти України, які регламентують вимоги щодо безпеки праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки. До основних документів належать:

**Закон України «Про охорону праці»** визначає правові, організаційні та соціально-економічні засади охорони праці в державі. Документ гарантує працівникам право на безпечні умови праці, проходження навчання та інструктажів, а також забезпечення засобами індивідуального захисту [1].

**Кодекс законів про працю України (КЗпП)** регулює трудові відносини, у тому числі питання забезпечення безпечних умов праці та відповідальності за порушення вимог охорони праці.

**Закону України «Про систему громадського здоров'я» (№ 2573-IX)** в Україні впроваджено сучасну європейську модель контролю та профілактики хвороб, яка базується на 10 оперативних функціях ВООЗ.

**ДСТУ, ДБН, ДНАОП та інші галузеві нормативні документи**, які містять вимоги щодо охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки та охорони навколишнього середовища, зокрема [2, 3]:

ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»;

ДНАОП 0.00-1.21-98 «Правила охорони праці під час виконання будівельно-монтажних робіт»;

ДНАОП 0.00-4.33-99 «Положення про порядок проведення навчання, інструктажу і перевірки знань з питань охорони праці».

На основі аналізу чинного законодавства визначено основні завдання щодо забезпечення безпечних умов праці на будівельному майданчику:

- виявлення, усунення або мінімізація впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- організація ефективної системи управління охороною праці на стадіях проєктування та виконання будівельних робіт;
- проведення навчання, інструктажів і перевірки знань працівників з питань охорони праці;
- забезпечення персоналу необхідними засобами індивідуального та колективного захисту;
- здійснення постійного контролю за дотриманням вимог безпеки праці та встановлення відповідальності за їх порушення;
- впровадження профілактичних заходів щодо запобігання нещасним випадкам і професійним захворюванням.

Відповідно до основних принципів охорони праці та безпеки життєдіяльності, основними цілями організації охорони праці на об'єкті проєктування є [4, 5, 6]:

1. Підвищення рівня безпеки праці та зниження показників виробничого травматизму.
2. Створення безпечних умов праці для всіх учасників будівельного процесу.
3. Запобігання виникненню аварійних і надзвичайних ситуацій, зокрема пожеж, техногенних аварій, обвалів конструкцій та інших небезпечних подій.
4. Раціональна організація безпечної взаємодії між усіма підрозділами та учасниками будівництва.
5. Постійне вдосконалення системи управління охороною праці шляхом впровадження сучасних технологій, засобів контролю та ефективних методів забезпечення безпеки.

## **4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек на об'єкті**

Організація безпечних умов праці є одним із пріоритетних напрямів під час підготовки та реалізації будівельного проєкту. Будівництво 9-поверхового житлового будинку передбачає виконання значної кількості робіт підвищеної небезпеки, що потребує детального аналізу умов праці для своєчасного виявлення та мінімізації можливих ризиків.

Оцінювання умов праці на будівельному майданчику здійснюється з урахуванням таких факторів [6, 7, 8]:

Фізичні навантаження – значна частина будівельних процесів пов'язана з підвищеними фізичними зусиллями, зокрема під час монтажу арматури, установлення опалубки та виконання бетонних робіт.

Виконання робіт на висоті – зведення конструкцій на висоті понад 10 м потребує спеціальної підготовки працівників, застосування страхувальних систем та засобів індивідуального захисту.

Шумове навантаження – робота будівельних машин і механізмів, відбійних молотків, бетонозмішувачів та іншого обладнання супроводжується підвищеним рівнем шуму, який може перевищувати допустимі санітарні норми.

Пил та аерозолі – під час виконання земляних, бетонних та оздоблювальних робіт у повітря потрапляють частинки пилу, цементу, лакофарбових матеріалів та інших речовин, що негативно впливають на органи дихання.

Хімічні фактори – вплив токсичних речовин, розчинників, цементного пилу.

Біологічні фактори – можливість зараження через мікроорганізми, грибки.

Температурний режим – виконання робіт за високих або низьких температур потребує дотримання спеціального режиму праці та відпочинку, а також забезпечення працівників відповідними засобами захисту.

Освітленість робочих місць – недостатній рівень освітлення під час роботи у вечірній або нічний час може призвести до підвищення рівня виробничого травматизму.

На основі аналізу технологічних процесів, що виконуються на об'єкті, та відповідно до класифікації небезпечних і шкідливих виробничих факторів визначаються основні потенційні небезпеки будівельного виробництва (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Основні потенційні небезпеки будівельного виробництва

Категорія небезпеки	Потенційні загрози на об'єкті	Джерела та процеси виникнення
Механічні фактори	Падіння з висоти, поранення від інструментів	Робота на риштуваннях, з обладнанням, вантажні роботи
Електробезпека	Ураження електричним струмом	Тимчасові мережі, електроінструмент
Хімічні фактори	Подразнення дихальних шляхів, шкіра, отруєння	Робота з цементом, фарбами, лаками
Фізичні фактори	Надмірний шум, вібрація, температура	Будівельні машини, зимове/літнє виконання робіт
Пожежна небезпека	Загоряння матеріалів, коротке замикання	Зберігання ЛЗР, несправність обладнання
Психофізіологічні фактори	Перевтома, стрес, зниження уваги	Тривалі зміни, монотонні або надскладні дії
Біологічні фактори	Можливість зараження через мікроорганізми, грибки Інфекції, укуси комах	Робота на відкритому повітрі, антисанітарні умови

Будівництво багатоповерхового цегляного будинку є складним технологічним процесом, що супроводжується значними ризиками для здоров'я і життя працівників. З точки зору охорони праці, основні ризики включають:

Ризики падіння з висоти – роботи на висоті (кладка цегли, монтаж перекриттів, фасадні роботи) пов'язані з високою ймовірністю падінь;

відсутність або неправильне використання засобів індивідуального захисту (страхувальні пояси, огороження, риштування).

Ризики травмування механізмами та обладнанням – використання підйомних кранів, міксерів, підйомників, які можуть спричинити травми при неправильній експлуатації; недостатній контроль технічного стану обладнання.

Ризики, пов'язані з фізичними шкідливими факторами – вплив шуму, вібрації, пилу (особливо цементного пилу), що може призвести до професійних захворювань; робота в умовах підвищеної температури або холоду.

Аналіз умов праці під час будівництва 9-поверхового житлового будинку показав наявність значної кількості потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які пов'язані як із технологічними процесами, так і з особливостями виконання робіт на висоті, у стиснених умовах, із використанням важкої техніки та будівельних матеріалів.

Найбільш небезпечними факторами є:

- ризик механічних травм;
- можливість падіння працівників з висоти;
- небезпека ураження електричним струмом;
- вплив будівельного пилу та шкідливих аерозолів;
- підвищений рівень шуму;
- вплив високих або низьких температур.

Виявлення та оцінка зазначених небезпек є основою для розроблення комплексу організаційних і технічних заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці, зниження ризику виникнення нещасних випадків, професійних захворювань і аварійних ситуацій.

Наступним етапом є формування системи управління охороною праці та впровадження ефективних засобів індивідуального і колективного захисту на всіх стадіях будівництва об'єкта.

### 4.3. Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті

З метою забезпечення ефективного управління охороною праці на будівельному майданчику проведено оцінювання ризику реалізації виявлених потенційно небезпечних факторів. Для цього використано сучасні методи якісного та кількісного аналізу ризиків, що дають можливість визначити ймовірність виникнення небезпечних ситуацій, а також оцінити ступінь їх впливу на працівників, технологічні процеси та загальний рівень безпеки будівельного виробництва.

Як основний інструмент оцінювання ризиків застосовано метод матричного аналізу, згідно з яким рівень ризику  $R$  визначають як добуток ймовірності виникнення небезпечної події та тяжкості її можливих наслідків:

$$R = P \times C,$$

де:

$P$  – ймовірність реалізації небезпеки (Probability),

$C$  – тяжкість наслідків (Consequence).

Для оцінювання параметрів застосовано наступну шкалу (табл. 4.2):

Таблиця 4.2

Шкала оцінювання рівня ризику

Оцінка $P$ (Ймовірність)	Значення	Опис
Дуже низька	1	Малоймовірне, майже неможливе
Низька	2	Іноді можливе
Середня	3	Може статись за певних умов
Висока	4	Ймовірне в звичайних умовах
Дуже висока	5	Практично гарантоване
Оцінка $C$ (Наслідки)	Значення	Опис
Незначні	1	Без травм або з незначними наслідками

Легкі	2	Травма, що не потребує госпіталізації
Помірні	3	Тимчасова втрата працездатності
Серйозні	4	Тривала непрацездатність, інвалідність
Катастрофічні	5	Смерть або груповий нещасний випадок

Для оцінювання ризиків при будівництві багатоповерхового житлового будинку проведений розрахунок (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Оцінювання ризиків при будівництві  
9-ти поверхового житлового будинку

Небезпека	Ймовірність (P)	Наслідки (C)	Рівень ризику (R)	Оцінка рівня ризику
Падіння працівника з висоти під час виконання будівельно-монтажних робіт.	4	5	20	Високий
Ураження працівників електричним струмом під час експлуатації електрообладнання	3	4	12	Середній
Пожежа внаслідок короткого замикання електромережі або електрообладнання.	2	5	10	Середній
Негативний вплив цементного пилу на органи дихання працівників під час виконання будівельних робіт.	3	2	6	Прийнятний
Травмування працівників унаслідок падіння або	3	4	12	Середній

неконтрольованого переміщення вантажу під час виконання вантажопідіймальних робіт.				
Переохолодження працівників під час виконання будівельних робіт у зимовий період.	3	3	9	Прийнятний

З метою подолання ризиків виникнення небезпечних подій на будівельному майданчику, проведена класифікація ризиків та подані рекомендації щодо їх зниження (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

#### Класифікація ризиків та подальші дії

Рівень ризику	Інтервал значень	Характеристика	Дії
Низький	1–4	Прийнятний ризик	Не потребує негайного втручання
Середній	5–9	Допустимий ризик	Потребує контролю та профілактики
Високий	10–15	Значний ризик	Потрібні додаткові заходи зниження
Критичний	16–25	Неприйнятний ризик	Негайне усунення або зупинка робіт

Проведений аналіз показав, що найбільший рівень небезпеки становить ризик падіння працівників з висоти. Це потребує впровадження першочергових інженерно-технічних заходів, зокрема застосування страхувальних систем, улаштування захисних огорож, а також посиленого контролю за дотриманням вимог безпеки під час виконання висотних робіт.

Інші виявлені небезпеки оцінено як середні або допустимі, проте вони також потребують реалізації комплексу організаційних і технічних заходів, а саме:

- проведення регулярних інструктажів з охорони праці;

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- своєчасного технічного обслуговування електромереж і обладнання;
- організації медико-профілактичного контролю стану здоров'я працівників.

Загальний рівень ризику на будівельному майданчику вимагає комплексного підходу до управління охороною праці, який реалізується через систему організаційних, технічних і профілактичних заходів.

Проведемо оцінку ризиків під час ведення кам'яної кладки (табл. 4.5).

Цегляна кладка – це процес укладання цегли з використанням розчину для створення міцних і довговічних будівельних конструкцій. Цей процес вимагає дотримання технології, щоб забезпечити якість і надійність стін.

Основні етапи процесу цегляної кладки: підготовка матеріалів; підготовка інструментів; приготування цементно-піщаного розчину; укладання цегли; контроль якості.

Кожен із зазначених етапів супроводжується наявністю потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які можуть становити загрозу для працівників та потребують впровадження відповідних організаційних і технічних заходів безпеки.

Таблиця 4.5

Оцінка ризиків під час ведення кам'яної кладки

Етап технологічного процесу	Потенційна небезпека	Ймовірність (P)	Наслідки ®	Рівень ризику ®	Заходи зниження ризику
Підготовчі роботи (очищення поверхні, підготовка інструментів і матеріалів; приготування розчину, та подача розчину)	Ураження працівників бетонопроводом або баддею	3	4	12 (середній)	Інструктаж, сигналізація, утримання зони подачі вільною

Основне мурування	Падіння працівника з висоти	4	5	20 (високий)	Використання ЗІЗ (поясів), огороження країв, інструктаж
Контроль якості мурування (перевірка вертикальності і горизонтальності стін за допомогою рівня і схилу)	Обвалення елементів опалубки	2	5	10 (середній)	Попередня перевірка, технічний нагляд

Найбільшу небезпеку під час укладання цегли становить ризик падіння працівників з висоти. Даний ризик класифікується як критичний ( $R = 20$ ) і потребує впровадження невідкладних заходів безпеки, зокрема:

- улаштування тимчасових робочих настилів, підмостей;
- застосування страхувальних систем і запобіжних ліній;
- проведення спеціального навчання працівників;
- здійснення постійного контролю технічного стану засобів підмоцнування.

Суттєву небезпеку також становить ризик травмування працівників під час подачі бетонної суміші, зокрема внаслідок падіння бадді або неконтрольованого переміщення бетонопроводу. Для зниження такого ризику необхідно [7]:

- чітко регламентувати послідовність виконання робіт;
- забезпечити постійний контроль за вантажопідіймальними операціями;
- організувати систему умовних сигналів між машиністом крана та працівниками, задіяними у процесі.

#### **4. 4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті**

Однією з основних передумов забезпечення безпечних умов праці під час зведення 9-поверхового житлового будинку є реалізація комплексу організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, спрямованих

на формування безпечного, ефективного й комфортного виробничого середовища для працівників.

У проєкті виконання робіт (ПВР) встановлюються послідовність і способи проведення будівельних процесів, визначаються безпечні технологічні рішення, межі небезпечних зон, а також порядок встановлення та демонтажу опалубки, риштувань і підймальних механізмів. ПВР є базовим документом для організації безпечного ведення будівельних робіт.

Для працівників передбачається проведення вступного, первинного, повторного та позапланового інструктажів з охорони праці, а також щоденних цільових інструктажів перед виконанням робіт підвищеної небезпеки, зокрема на висоті або із застосуванням вантажопідйальної техніки.

З метою запобігання перевтомі персоналу організовується змінний режим праці з дотриманням нормативної тривалості робочого часу, регламентованих перерв для відпочинку та санітарно-побутових потреб.

Працівники забезпечуються сертифікованими засобами індивідуального захисту: захисними касками, рукавицями, респіраторами, страхувальними поясами, спеціальним взуттям, окулярами та іншими засобами відповідно до специфіки виконуваних робіт.

Застосування баштових і гусеничних кранів, бетононасосів, електровібраторів, ручного механізованого та електричного інструменту сприяє зниженню фізичного навантаження на працівників і скорочує тривалість їх перебування в небезпечних зонах.

Будівельний майданчик поділяється на функціональні зони: ділянки складування матеріалів, смуги руху будівельної техніки, пішохідні маршрути для працівників, а також зони розміщення тимчасових споруд — побутових приміщень, санітарних вузлів, медичного пункту тощо.

Передбачається облаштування тимчасових переходів, містків і настилів для роботи на висоті, обладнаних надійними огороженнями, протиковзким покриттям та достатньою шириною для безпечного пересування.

Усі робочі зони, місця підйому та спуску, а також ділянки складування матеріалів повинні бути освітлені відповідно до нормативних вимог: не менше 50 лк для відкритих територій та 200–300 лк для внутрішніх приміщень.

У місцях експлуатації обладнання з підвищеним рівнем шуму встановлюються звукопоглинальні екрани. У закритих приміщеннях організовується тимчасова вентиляція для підтримання допустимих показників запиленості, концентрації газів і температурного режиму.

На території будівельного майданчика передбачається розміщення тимчасових модульних побутових приміщень: гардеробних, душових, кімнат для приймання їжі, санітарних вузлів із забезпеченням доступу до питної води відповідно до вимог ДБН В.2.2-5.

Реалізація зазначених заходів на стадії проектування та організації будівельного процесу сприяє покращенню умов праці, зменшенню рівня виробничого травматизму, запобіганню аварійним ситуаціям і створенню безпечного та здорового середовища на будівельному майданчику.

#### **4.5 Висновки**

Забезпечення належного рівня охорони праці на будівельному майданчику є важливою складовою безпечного та ефективного виконання будівельно-монтажних робіт. У цьому розділі проведено комплексний аналіз чинної нормативно-правової бази у сфері охорони праці, досліджено умови праці на об'єкті проектування та визначено заходи щодо зниження можливих виробничих ризиків і небезпек для працівників.

На початковому етапі було опрацьовано законодавчі та нормативні документи, що регламентують питання охорони праці в Україні. Зокрема, проаналізовано вимоги Закону України «Про охорону праці», Кодексу законів про працю України, державних будівельних норм (ДБН), стандартів безпеки праці (ДСТУ), а також галузевих правил та інструкцій. Це дало змогу сформулювати цілісне уявлення про нормативні вимоги, які необхідно враховувати під час проектування та організації будівельного виробництва.

Наступним етапом стало дослідження умов праці та визначення основних джерел небезпеки. Особливу увагу приділено роботам на висоті, процесам бетонування перекриттів, монтажу опалубки, використанню вантажопідіймальних механізмів і пересувних риштувань. У результаті аналізу встановлено, що найбільш небезпечними факторами є падіння працівників з висоти, ураження електричним струмом, падіння предметів, надмірні фізичні навантаження, вплив пилу цементу та шуму, а також порушення технологічної дисципліни.

Для запобігання виникненню небезпечних ситуацій було проведено оцінювання професійних ризиків методом експертного ранжування. У межах оцінки визначено ймовірність виникнення небезпечних подій та можливі наслідки їх реалізації. За результатами аналізу встановлено, що виконання робіт із бетонування перекриттів характеризується підвищеним рівнем ризику, що потребує впровадження додаткових превентивних заходів.

У розділі також детально розглянуто приклад оцінювання ризиків під час цегляної кладки. Найбільшу небезпеку під час укладання цегли становить ризик падіння працівників з висоти. Даний ризик класифікується як критичний ( $R = 20$ ). Суттєву небезпеку також становить ризик травмування працівників під час подачі бетонної суміші, зокрема внаслідок падіння бадді або неконтрольованого переміщення бетонопроводу. Для зниження такого ризику запропоновані заходи: улаштування тимчасових робочих настилів, підмостей; застосування страхувальних систем і запобіжних ліній; проведення спеціального навчання працівників; чітко регламентувати послідовність виконання робіт; забезпечити постійний контроль за вантажопідіймальними операціями; організувати систему умовних сигналів між машиністом крана та працівниками, задіяними у процесі.

Крім того, запропоновано організаційно-технічні та архітектурно-планувальні рішення, спрямовані на покращення умов праці та мінімізацію ризиків, а саме:

- упорядкування та функціональне зонування території будівельного майданчика;
- забезпечення нормативного рівня штучного освітлення;
- облаштування тимчасових побутових приміщень (санітарних вузлів, душових, приміщень для прийому їжі);
- встановлення інформаційних стендів, схем евакуації, попереджувальних і заборонних знаків;
- улаштування безпечних переходів і майданчиків для обслуговування техніки;
- механізація та автоматизація трудомістких будівельних процесів.

Отже, у розділі комплексно вирішено завдання щодо підвищення рівня безпеки праці на об'єкті проектування. Запропоновані заходи спрямовані на запобігання виробничому травматизму, зменшення впливу шкідливих і небезпечних факторів, а також створення безпечного виробничого середовища. Їх реалізація є обґрунтованою як з позиції техніко-економічної ефективності, так і з точки зору дотримання чинних вимог законодавства України у сфері охорони праці.

## СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. К.: Мінрегіонбуд України, 2016. 46 с. [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/A315\\_Organizatsiyabudivelnogo-virobnitstva.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2016/01/A315_Organizatsiyabudivelnogo-virobnitstva.pdf)
2. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення (НПАОП45.2-7.02-12) [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=25399](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=25399)
3. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2016–10–31]. К. : Мінрегіон України, 2016. 39 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=68456](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=68456)
4. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна №1 К. : Мінбуд України, 2006. 75 с. [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=21670106](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=21670106)
5. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення. [Чинний від 2019–01–19]. Зі Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 51 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=59627](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=59627)
6. ДБН В.2.6:220-2017. Покриття будівель і споруд. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 46 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=72201](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=72201)
7. ДБН А.1.1-1:2009. Система стандартизації та нормування у будівництві. Основні положення. К.: Мінрегіонбуд України, 2013. 16 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=112664](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112664)
8. ДБН В.1.1-45:2017. Будівлі і споруди в складних інженерно-геологічних умовах. Загальні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2017. 26 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=71184](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=71184)
9. ДБН В.2.2-41:2019. Висотні будівлі. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2019. 50 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=84353](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=84353)

10. ДБН В.2.6-162:2010. Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Із Зміною №1. К. : Міністерство розвитку громад та територій України. 2022. 103 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=26738](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=26738)

11. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=112670](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=112670)

12. ДСТУ-Н Б В 2.1-28:2013. Настанова щодо проведення земляних робіт, улаштування основ та спорудження фундаментів. [Чинний від 2014–01–01]. Київ, 2013. 98 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=54094](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=54094)

13. ДСТУ–Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з виконання робіт при виготовленні та монтажу будівельних конструкцій. [Чинний від 2016–04–01]. К. : Мінрегіон України, 2015. 62 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=63372](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=63372)

14. ДСТУ 9243.4:2023. Система проектної документації для будівництва. Основні вимоги до проектної документації. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2024. 59 с.

[https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=103963](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=103963)

15. ДСТУ 3008-2015. Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 31 с. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=64463](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=64463)

16. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. [https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id\\_doc=60541](https://online.budstandart.com/ua/catalog/document.html?id_doc=60541)

17. Інноваційні технології каркасного будівництва : навч. посібник / Г.М. Тонкачєєв, О.С. Молодід, В.Г. Тонкачєєв, О.Г. Шандра : Під ред. проф. Г.М. Тонкачєєва. К.: Видавництво Ліра-К. 2024. 316 с.

18. Правила охорони праці під час експлуатації вантажопідіймальних кранів, підіймальних пристроїв і відповідного обладнання.  
<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0244-18#Text>

19. Теліченко О.І., Нагорний М.В. Зведення і монтаж будівель та споруд : навч. пос. Суми : Видавництво СНАУ, 2020. 197 с.

20. Технологія монтажу будівельних конструкцій : навч. пос. / В. К. Черненко, О. Ф. Осипов, Г. М. Тонкачєєв та ін.; За ред. В. К. Черненка. Вид. 1-ше і 2-ге. видання К.: Горобець, 2011. 372 с.: іл.

22. Davydenko O., Druzhinin E., Obukhova N., Riumin V., Dzhalalov M. Evaluation of the effectiveness of investments in objects of unfinished construction at the pre-project stage. INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN INFRASTRUCTURE SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND RENOVATION (MISTOBUD-2025). JANUARY 30-31 2025 - KHARKIV, UKRAINE (VIRTUAL) DOI 10.1088/1755-1315/1499/1/012077

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1499/1/012077/pdf>

23. Problems of optimization of innovative solutions and improvement of the current building information system

Anatoly Druzhinin; **Oksana Davidenko**; Svitlana Bratishko; Oleg Kuchma; Olena Zhyliakova

AIP Conf. Proc. 2490, 040006 (2023) DECEMBER 07 2023

<https://doi.org/10.1063/5.0143924>

<https://knameedu->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/oksana\\_davydenko2\\_kname\\_edu\\_ua/EWztU6nNAPREILBBjPrAHnIBzZTmlylKEk7PhY\\_Qnl0XFQ?e=ZaUd6m](https://knameedu-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/oksana_davydenko2_kname_edu_ua/EWztU6nNAPREILBBjPrAHnIBzZTmlylKEk7PhY_Qnl0XFQ?e=ZaUd6m)

24. Risk-oriented approach to optimising management in the context of using BIM technology Druzhinin A., Druzhinin E., **Davydenko O.**, Obukhova N. P. 57-67

Collective monograph edited by I. Linde INFORMATION SYSTEMS IN PROJECT AND PROGRAM MANAGEMENT

European University Press ISMA University of Applied Sciences Riga (Latvia) 2023 ISBN 978-9984-891-22-4

<https://knameedu->

[my.sharepoint.com/:b:/g/personal/oksana\\_davydenko2\\_kname\\_edu\\_ua/EaTpgsheJyxPjmFZrkWHTABOCsnAxGRe9EUjNM1I3HrSg?e=gc7rOc](https://knameedu-my.sharepoint.com/:b:/g/personal/oksana_davydenko2_kname_edu_ua/EaTpgsheJyxPjmFZrkWHTABOCsnAxGRe9EUjNM1I3HrSg?e=gc7rOc)

25. А. В. Дружинін, Є.А. Дружинін, О. А. Давиденко, Н.В. Обухова  
Управління проектами на базі будівельного інформаційного моделювання  
– ХАМГ, Комунальне господарство міст, 2023

<https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/6110>

## Додаток А

### Відомість об'ємів робіт

№ п/п	Назва робіт	Один. вим.	Кіл.
1	Планування площ бульдозером потужністю 79 кВт [108 к.с.] за 1 прохід	1000м <sup>2</sup>	9,46
2	Зрізування рослинного шару 15см	1000м <sup>3</sup>	0,36
3	Розробка ґрунту у відвал екскаватором «драглайн» або «зворотна лопата» з ковшем ємністю 0,65 [0,5-1] м3, група ґрунтів 2	1000м <sup>3</sup>	0,72
4	Розробка ґрунту з навантаженням в автосамоскиди екскаватором однокішшевим дизельним на гусеничному ході з ковшем ємністю 0,65 [0,5-1] м3, група ґрунту 2	1000м <sup>3</sup>	3,168
5	Доопрацювання ґрунту	1000м <sup>3</sup>	0,055
6	Засипка траншей і котлованів бульдозерами потужністю 79 кВт [108 к.с.] з переміщенням ґрунту до 5 м, група ґрунтів 2	1000м <sup>3</sup>	0,72
7	Засипка вручну траншей, пазах котлованів і ям, група ґрунтів 2	100м <sup>3</sup>	0,1
8	Ущільнення ґрунту пневматичними трамбівками, група ґрунту 1,2	100м <sup>3</sup>	0,72
9	Перевезення до 15 км	т	5700,0
10	Ущільнення ґрунту щебенем	100м <sup>2</sup>	8,0
11	Улаштування бетонної підготовки	100м <sup>3</sup>	0,8
12	Улаштування стрічкових фундаментів залізобетонних, при ширині зверху більше 1000 мм	100м <sup>3</sup>	1,113
13	Установка блоків стін підвалів масою до 0,5 т	100шт	0,28
14	Установка блоків стін підвалів масою до 1,5 т	100шт	2,85
15	Гідроізоляція стін, фундаментів горизонтальна обклеєна в 1 шар	100м <sup>2</sup>	1,38
16	Гідроізоляція стін, фундаментів бічна обмазочна бітумна в 2 шари по вирівняно поверхні	100м <sup>2</sup>	1,45
17	Укладання панелей перекриття з обпиранням на дві сторони площею до 10м2	100шт	0,74
18	Установка сходових маршів без зварювання масою до 1т [для цокольних поверхів]	100шт	0,02
19	Установка сходових маршів без зварювання масою більше 1т	100шт	0,02
20	Улаштування підстиляючих бетонних шарів	м <sup>3</sup>	64,0
21	Улаштування бетонного покриття товщиною 30мм	100м <sup>2</sup>	6,4
22	Кладка стін середньої складності при висоті поверху до 4м	м <sup>3</sup>	3612,0
23	Розшивання швів кладки з цегли	100м <sup>2</sup>	37,52
24	Кладка перегородок неармованих з цегли (керамічного) (сілікатного) (пустотного) товщиною в ½ цегли при висоті поверху до 4м	100м <sup>2</sup>	11,2
25	Установка і розбирання зовнішніх інвентарних риштування трубчастих висотою до 16м для інших оздоблювальних робіт	100м <sup>2</sup> вп	37,52
26	Укладання перемичок масою до 0,3 т	100шт	10,59
27	Установка в цегляних будинках плит балконів і козирків площею до 5м2	100шт	0,96
28	Установка екранів огорожі площею до 10м2	100шт	1,26
29	Улаштування пароізоляції обклеєній в один шар	100м <sup>2</sup>	5,76
30	Улаштування вирівнюючого цементно-піщаної стяжки товщиною 15мм	100м <sup>2</sup>	5,76
31	Монтаж сміттєпроводу	шт	2
32	Установка сходових майданчиків масою більше 1т	100шт	0,54
33	Установка сходових маршів без зварювання масою более 1т	100шт	0,54

34	Установка металевих огорож і поручнів з полівінілхлориду	100шт	1,62
	Покриття та перекриття		
35	Укладання панелей перекриття і покриття з опертям на дві сторони площ. до 10м2	100шт	9,36
36	Пристрій вирівнюючого стягування цементно-піщаної товщиною 15мм	100м <sup>2</sup>	6,16
37	Утеплення покриття плитами з мінеральної вати або перліту на бітумній мастиці в один шар	100м <sup>2</sup>	6,16
38	Улаштування пароізоляції в один шар	100м <sup>2</sup>	0,616
39	Улаштування покрівель з трьох шарів покрівельних рулонних матеріалів на бітумній мастиці з захисним шаром гравію або щебеню на бітумної мастиці	100м <sup>2</sup>	6,16
40	Улаштування примикань рулонних і мастичних покрівель до стін і парапетів	100м	0,64
41	Установка дерев'яних дверних блоків в перегородках на металевому каркасі	100м <sup>2</sup>	4,96
42	Установка металевих дверних блоків з навішуванням дверних полотен	100м <sup>2</sup>	12,7
43	Заповнення дверних прорізів дверними блоками	100м <sup>2</sup>	2,38
	підлоги		
44	Улаштування гідроізоляції	100м <sup>2</sup>	6,4
45	Улаштування тепло- і звукоізоляції засипної керамзитовою	м <sup>3</sup>	34,0
46	Улаштування стяжок цементних товщиною 20мм	100м <sup>2</sup>	57,6
47	Улаштування покриття з штучного паркету	100м <sup>2</sup>	24,8
48	Улаштування покриття на цементному розчині з керамічної плитки	100м <sup>2</sup>	5,52
49	Улаштування покриття з лінолеуму	100м <sup>2</sup>	27,28
	Оздоблення		
50	Покращена штукатурка розчином по каменю і бетону	100м <sup>2</sup>	165,5
51	Підготовка поверхонь зі збірних елементів і плит під фарбування	100м <sup>2</sup>	57,6
52	Обклеювання стін шпалерами	100м <sup>2</sup>	165,5
53	Утеплення фасадів мінеральними плитами товщиною 100мм	100м <sup>2</sup> пов ерхні	71,0
54	Облицювання зовнішніх поверхонь плитками	100м <sup>2</sup> пов ерхні	71,0
55	Пристрій основи під тротуар	100м <sup>2</sup>	1,6
56	Пристрій одношарових асфальтобетонних покриттів доріжок і тротуарів	100м <sup>2</sup>	1,6

## Додаток Б

### Визначення тривалості виконання робіт

№	Обгрунт. ДБН	Назва робіт	Об'єм робіт		Затрати праці				Тривалість, дні	Кільк. змін	Склад бригади
					Люд.-год.		Маш-год				
			Од.вим	Кол.	На один	Всього	На один	Всього			
1		Роботи підготовчого періоду									
2	1-9-2	Розробка ґрунту екскаватором	100м <sup>3</sup>	31,68	2,55	80,8	6,66	210,9	10	1	1
3	1-11-2	Доопрацювання ґрунту бульдозером	100м <sup>3</sup>	4,75	2,77	13,2	2,77	13,2	2	1	1
4	1-5-2	Ручна доопрацювання ґрунту	100м <sup>3</sup>	0,55	2,94	1,6	-	-	1	1	10
5	2-13-1	Улаштування основи під фундаменти	100м <sup>3</sup>	0,80	506,05+7,25	410,6	7,25	5,80	5	1	10
6	2-12-3	Улаштування блоків фундаментних масою до 2,5 т	100шт	0,95	180,71+92,37	259,4	43,85+48,52	87,8	8	1	4
7	2-12-1	Улаштування стінових блоків масою до 0,5 т	100шт	2,85	102,24+44,37	417,8	10,66+33,71	126,5	13	1	4
8	2-12-2	Пристрій стінових блоків масою до 1,5 т	100шт	0,28	134,56+60,58	54,6	22,39+38,19	16,9	2	1	4
9	4-14-2	Монтаж плит перекриття над підвалом	100шт	0,74	332,8+80,52	305,9	43,85+48,52	68,4	5	2	4
10	4-13-1	Улаштування монолітних ділянок	1м <sup>3</sup>	7,00	13,87+1,75	109,3	1,1+0,94	14,3	2	1	4
11	2-6-7	Улаштування обмазувальної гідроізоляції	100м <sup>2</sup>	1,45	48,58+1,28	72,3	1,28	1,9	1,5	1	6
12	1-12-2	Зворотне засипання бульдозером	100м <sup>3</sup>	7,20	1,58	11,4	1,58	11,4	1,5	1	1
13	1-14-1	ущільнення ґрунту	100м <sup>3</sup>	5,77	21,08+20,57	240	20,57	119,7	5	1	6
14	3-28-2	Кладка стін середньої складності	100м <sup>3</sup>	36,12	968,8+111,93	39036	52,93	1911,8	212	1	20
15	3-28-1	кладка перегородок	100м <sup>3</sup>	2,68	889,54+111,93	2684	52,93	141,9	37	1	9

16	3-27-2	установка перемичок	100шт	10,59	54,39	576	1,36	14,4	24	1	3
17	9-14-1	Улаштування сходових майданчиків	100шт	0,54	504,78+178,34	368,9	91,32	49,3	12	1	4
18	9-14-2	Пристрій сходових маршів	100шт	0,54	432,15+94,09	284,2	91,32	49,3	9	1	4
19	7-14-2	Улаштування й міжповерхових перекриттів	100шт	8,56	332,8+80,52	3538	46,98	402,1	55	2	4
20	6-13-1	Улаштування монолітних ділянок	1м <sup>3</sup>	77	13,87+1,75	1202,7	1,1+0,94	157,1	19	2	4
21	7-14-2	Монтаж балконних плит	100шт	0,96	332,8+80,52	396,8	46,98	45,1	12,5	1	4
22	7-14-2	Пристрій плит покриття	100шт	0,80	332,8+80,52	330,7	46,98	37,6	10	1	4
23	8-28-1	гідроізоляція покрівлі	100м <sup>2</sup>	6,16	29,7+0,4	185,4	0,27	1,7	8	1	3
24	8-29-3	теплоізоляція покрівлі	100м <sup>2</sup>	6,16	74,73+1,56	469,9	1,09	6,7	19,5	1	3
25	8-27-1	Пристрій цементно-піщаної стяжки	100м <sup>2</sup>	6,16	69,16+1,96	438,1	1,96	12,1	18	1	3
26	8-23-1	Улаштування покриття 3-х шаровий рулонний руберойд	100м <sup>2</sup>	18,48	7,14+0,09	133,6	0,13	2,4	5,5	1	3
27	8-25-3	Улаштування ділянки і оцинкованої сталі	100м	1,32	33,58	44,3	0,21	0,28	2	1	3
28	8-31-1	Улаштування перил по периметру будівлі	100м	1,32	19,32+0,82	26,6	0,54	0,7	1	1	3
29	6-10-3	Улаштування вікон	100м <sup>2</sup>	7,34	107,87+17,37	919,3	7,74	56,8	19	1	6
30	6-28-1	Улаштування дверних блоків	100м <sup>2</sup>	12,7	145,54+21,24	2118,1	10,81	137,3	44	1	6
31	6-32-1	Улаштування дверних полотен	100шт	7,29	239,84+4,78	1783,3	2,73	19,9	37,1	1	6
32	11-25-1	Внутрішня штукатурка	100м <sup>2</sup>	250,0	107,4+8,01	28853	0,24	60	100	1	36
33	13-21-1	Оздоблення стін плиткою	100м <sup>2</sup>	7,64	371,75+0,8	2846,3	0,4	3,1	35	1	10
34	7-28-2	Облаштування підлоги з плитки	100м <sup>2</sup>	5,52	242,72+3,59	1360	3,4	18,8	17	1	10

35	11-25-2	Облаштування підлоги з паркету	100м <sup>2</sup>	24,80	165,65+0,46	4120	0,32	7,9	25	1	20
36	13-25-1	Утеплення стін мінераловатними плитами	100м <sup>2</sup>	71,0	39,93	2835	0,25	17,75	22	1	16
37	13-26-1	облицювання фасаду	100м <sup>2</sup>	71,0	85,56	6074,8	0,25	17,75	47	1	16
38		Благоустрій території							10	1	10