

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

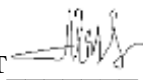
**НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ**

Кафедра геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ЖИТЛОВИЙ БУДИНОК У М. ХАРКІВ**

Розробив: студент 4 курсу, групи БтаЦІ 2022-2
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія
освітня програма «Промислове та цивільне будівництво»
Задорожний Євген Сергійович

Керівник  ст. викл. Гаврилюк О.В.

Рецензент  к.т.н., доцент Александрович В.А.

Харків

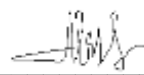
2026

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри геотехніки, підземних споруд та гідротехнічного будівництва

 **Вадим АЛЕКСАНДРОВИЧ**
« 26 » травня 2026 року

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

Задорожного Євгена Сергійовича

Спеціальність: 192 – *Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Індивідуальний житловий будинок у м. Харків*
затверджена наказом ректора ХНУМГ ім. О. М. Бекетова №447-03 від «26» травня 2026 року

Термін подання завершеної роботи на кафедру 17.06.2026 року

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: *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: *фасади, повздовжні та поперечні розрізи, план на відмітці 0.000;*

- розрахунково-конструктивна частина: *робочі креслення основних конструктивних елементів будівлі (фундаменти, колони, ригелі, елементи покриття та перекриття);*

- розділ технології будівельного виробництва: *технологічна карта.*

КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

Розділ		Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
			завдання видав	завдання прийняв
1. Архітектурно-будівельна частина		Завальний О.В.		
2. Розрахунково-конструктивна частина	Розрахунок підземної частини об'єкту	Гаврилюк О.В.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	Шебет Р.М.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва		Братішко С.М.		
4. Охорона праці		Нікітченко О.Ю.		
Нормоконтроль		Гаврилюк О.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	01.06.2026-04.06.2026	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина	05.06.2026-10.06.2026	виконано
3. Технологічні рішення та організація будівництва	11.06.2026-14.06.2026	виконано
4. Охорона праці	15.06.2026-17.06.2026	виконано

Керівник кваліфікаційної роботи  ст. викл. Гаврилюк О.В.

Завдання прийняв до виконання  Задорожний Є.С.

Дата видачі завдання «26» травня 2026 р.

ЗМІСТ

1	АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	6
1.1	Загальні дані.....	6
1.2	Генеральний план.....	8
1.3	Об'ємно-планувальне рішення.....	9
1.4	Конструктивне рішення.....	13
1.5	Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни.....	14
1.6	Інженерне обладнання.....	16
1.6.1	Опалення та гаряче водопостачання.....	17
1.6.2	Водопровід та каналізація.....	17
1.6.3	Електропостачання.....	17
1.6.4	Вентиляція.....	18
1.6.5	Протипожежні заходи.....	18
2	РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	20
2.1	Розрахунок підземної частини об'єкту.....	20
2.1.1	Визначення навантажень, що діють на фундаменти.....	20
2.1.2	Аналіз інженерно-геологічних умов майданчика.....	23
2.1.3	Глибина залягання фундаменту.....	26
2.1.4	Визначення розмірів підшов фундаментів.....	27
2.1.5	Визначення осідання стрічкового фундаменту.....	32
2.1.6	Перевірка міцності підстиляючого шару ґрунту та конструктивне армування стрічкового фундаменту.....	37
2.2	Розрахунок надземної частини об'єкту.....	38
2.2.1	Обґрунтування вибору конструктивного рішення та компонування схеми.....	38
2.2.2	Збір навантажень на плиту перекриття.....	39
2.2.3	Розрахунок попередньо напруженої плити перекриття.....	40
3	ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА.....	46
3.1	Загальні дані про об'єкт.....	46
3.2	Розробка технологічної карти на влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту.....	47
3.2.1	Область застосування.....	47
3.2.2	Технологія виконання робіт.....	48
3.2.3	Відомість обсягів робіт.....	50
3.2.4	Підбір машин і механізмів.....	51
3.2.5	Розрахунок трудомісткості та тривалості виконання робіт.....	55
3.2.6	Техніка безпеки та охорона праці.....	58
3.2.7	Техніко-економічні показники.....	60

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні	62
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек.....	63
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування	65
4.3.1 Оцінювання ризиків на робочому місці машиніста автомобільного крана	66
4.3.2 Оцінювання ризиків на робочому місці будівельного монтажника (стропальника).....	67
4.3.3 Оцінювання ризиків на робочому місці бетоняра	68
4.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування	69
4.4.1 Організаційні заходи з охорони праці	69
4.4.2 Технічні та технологічні заходи безпеки при виконанні робіт нульового циклу	70
4.4.3 Заходи щодо забезпечення електробезпеки та гігієни праці	71
4.5 Висновки	72
Список використаних джерел	74

1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні дані

Проектом передбачено будівництво індивідуального житлового будинку. Об'єкт проектування розташований у Шевченківському районі м. Харків, вул. Батумська, 16.

Будівля призначена для постійного проживання однієї сім'ї.

Площа забудови (без урахування терас і ганку) становить 205,39 м².

Загальна площа будинку (включно з площею тераси та ганку) становить 510,38 м².

Загальний будівельний обсяг будівлі (включно з надземною та підземною частинами, вище та нижче відмітки ± 0.000) складає 1987,15 м³.

Район будівництва характеризується кліматичними умовами І кліматичного району. Архітектурно-будівельні рішення було прийнято враховуючи наступні умови, відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» зі зміною №1 та №2 і ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [1, 2]:

- Розрахункова температура зовнішнього повітря в зимовий період становить -25,5 °С ;
- Вітрове навантаження складає 430 Па;
- Снігове навантаження складає 1600 Па;
- Найбільша висота снігового покриву складає 60 см;
- Ступінь вогнестійкості – II.

Відповідно до ДСТУ 8855:2019 «Визначення класу наслідків (відповідальності)» об'єкт належить до класу наслідків СС1 (незначні наслідки) [3].

Згідно з ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» зі зміною №1 для об'єктів, які належать до класу наслідків СС1 приймаємо коефіцієнт надійності за відповідальністю 0,95 [4, табл. 5].

Відповідно до чинних технічних умов, будівля має бути оснащена системами опалення та вентиляції, постачанням холодної та гарячої води, системами каналізації, електропостачанням.

Фасади проєктованого індивідуального будинку наведено нижче (рис.1.1-1.2).



Рисунок 1.1 – Фасад житлової будівлі



Рисунок 1.2 – Фасад житлової будівлі

1.2 Генеральний план

Ділянка, відведена під будівництво індивідуального житлового будинку, розташована в межах лісопаркової зони Шевченківського району міста Харкова за адресою: вул. Батумська, 16.

Під'їзд до ділянки здійснюється з боку вул. Батумської. Вулиця має зв'язок з прилеглою вулично-дорожньою мережею району, що забезпечує зручний транспортний доступ до території забудови.

Ситуаційний план наведено нижче (рис.1.3).

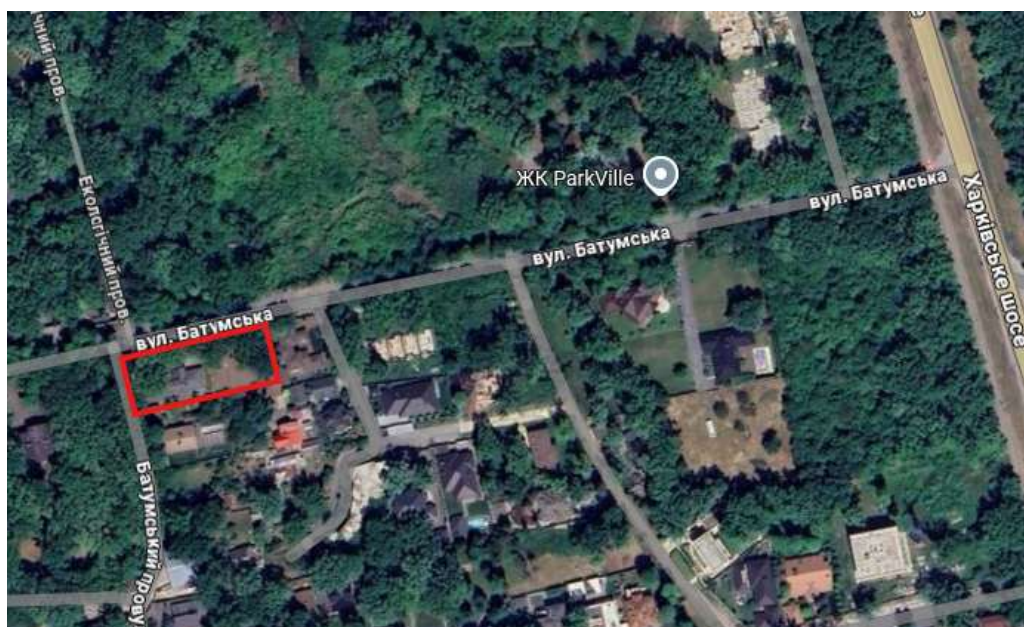


Рисунок 1.3 – Ситуаційний план території

При проектуванні даної будівлі всі архітектурно-планувальні рішення приймалися з урахуванням вимог чинних будівельних норм, зокрема ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» та ДБН В.2.2-15:2019 (зі зміною №1) «Житлові будинки. Основні положення», а також з урахуванням пожежних та санітарно-технічних вимог [5, 6].

Проектом передбачено будівництво двоповерхового житлового будинку, з підвальним приміщенням з габаритними розмірами в осях 15,7 м × 18,0 м.

На території ділянки передбачається розміщення басейну з терасою, а також окремого господарського (складського) приміщення.

Фрагмент генерального плану наведено нижче (див. Рис.1.4)

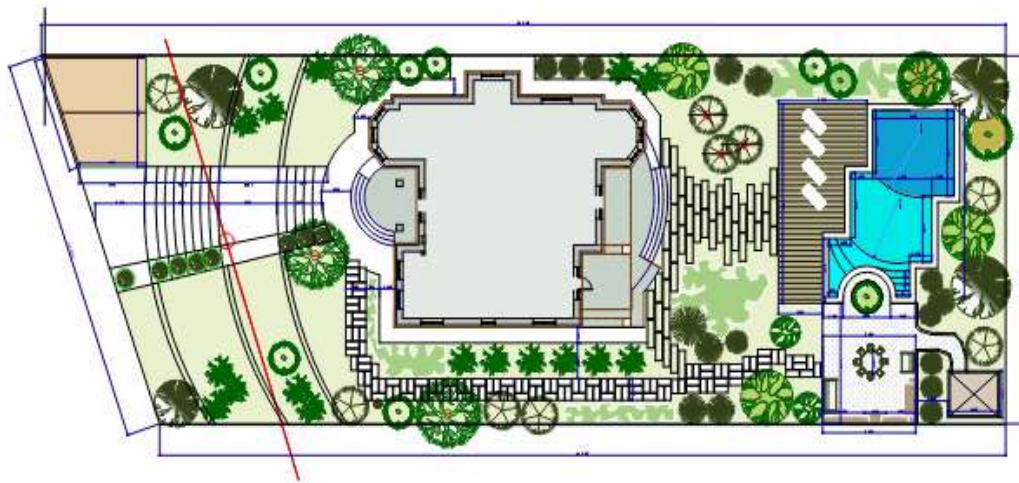


Рисунок 1.4 – Фрагмент генерального плану

ТЕП генерального плану наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – ТЕП генплану

№ п/п	Найменування	Одиниці виміру	Кількість
1	Поверховість	-	2
2	Площа забудови	м ²	205,39
3	Загальна площа	м ²	510,38
4	Будівельний об'єм	м ³	1987,15

1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Об'ємно-планувальне рішення будівлі визначає просторову організацію приміщень та їх функціональний взаємозв'язок. При проектуванні житлового будинку враховано вимоги чинних нормативних документів, а також забезпечено раціональне використання внутрішнього простору і зручність експлуатації.

Будівля має складну конфігурацію в плані, що обумовлено архітектурними та функціональними рішеннями. Габаритні розміри будинку в осях становлять 15,7 м × 18,0 м. Проектом передбачено двоповерхову будівлю з підвальним приміщенням.

Вертикальний зв'язок між поверхами здійснюється за допомогою внутрішніх сходів, розташованих в межах будівлі. Планувальна структура будинку забезпечує зручне функціональне зонування приміщень та їх логічне взаєморозташування.

Плани поверхів, а також експлікація приміщень наведені нижче.

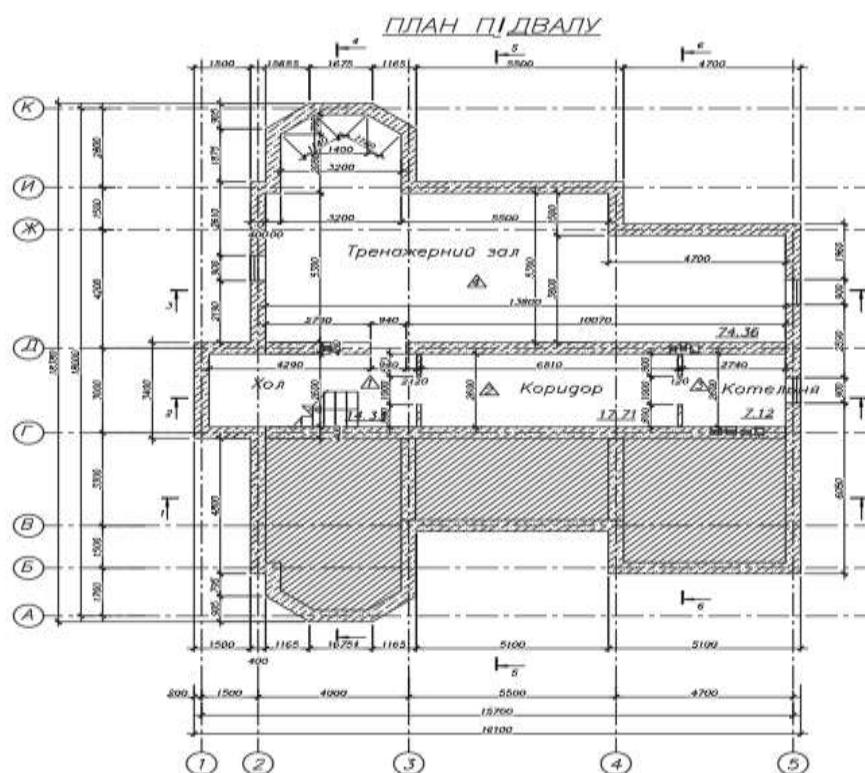


Рисунок 1.5 – План підвалу

Таблиця 1.2 – Експлікація приміщень підвалу

№	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
1	Хол	14,33	
2	Коридор	17,71	
3	Котельня	7,12	
4	Тренажерний зал	74,36	
Всього		113,52	

План першого поверху

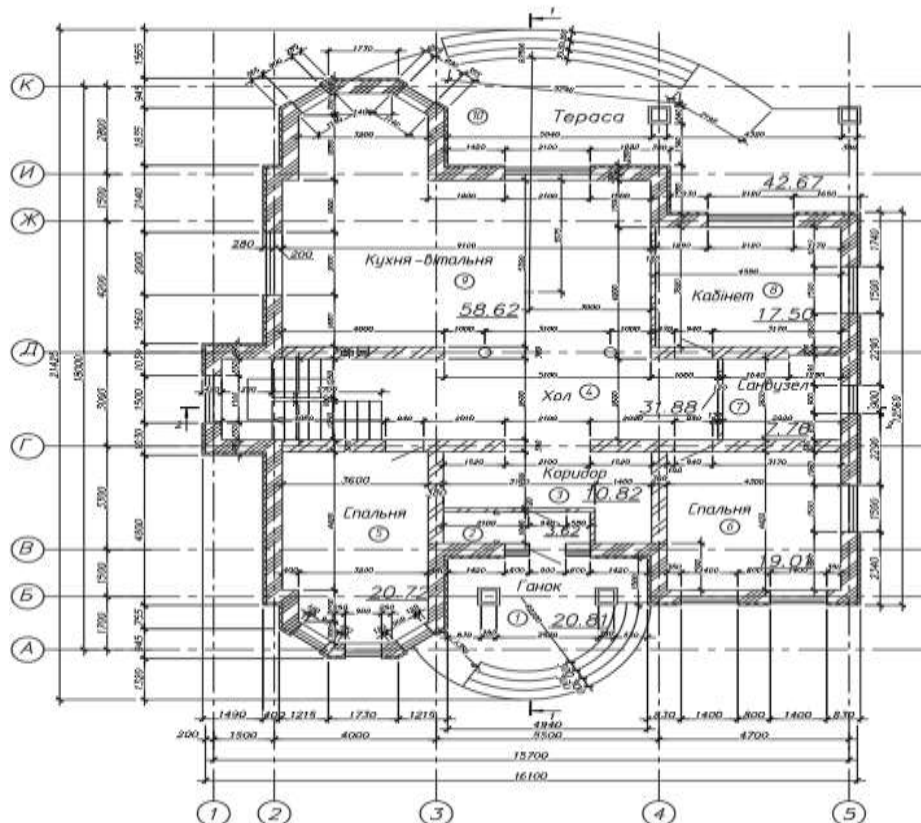


Рисунок 1.6 – План першого поверху

Таблиця 1.3 – Експлікація приміщень першого поверху

№	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
1	Ганок	20,81	
2	Тамбур	3,62	
3	Коридор	10,82	
4	Хол	31,88	
5	Спальня	20,72	
6	Спальня	19,01	
7	Санвузол	7,76	
8	Кабинет	17,50	
9	Кухня-вітальня	58,62	
10	Тераса	42,67	
Всього		233,41	

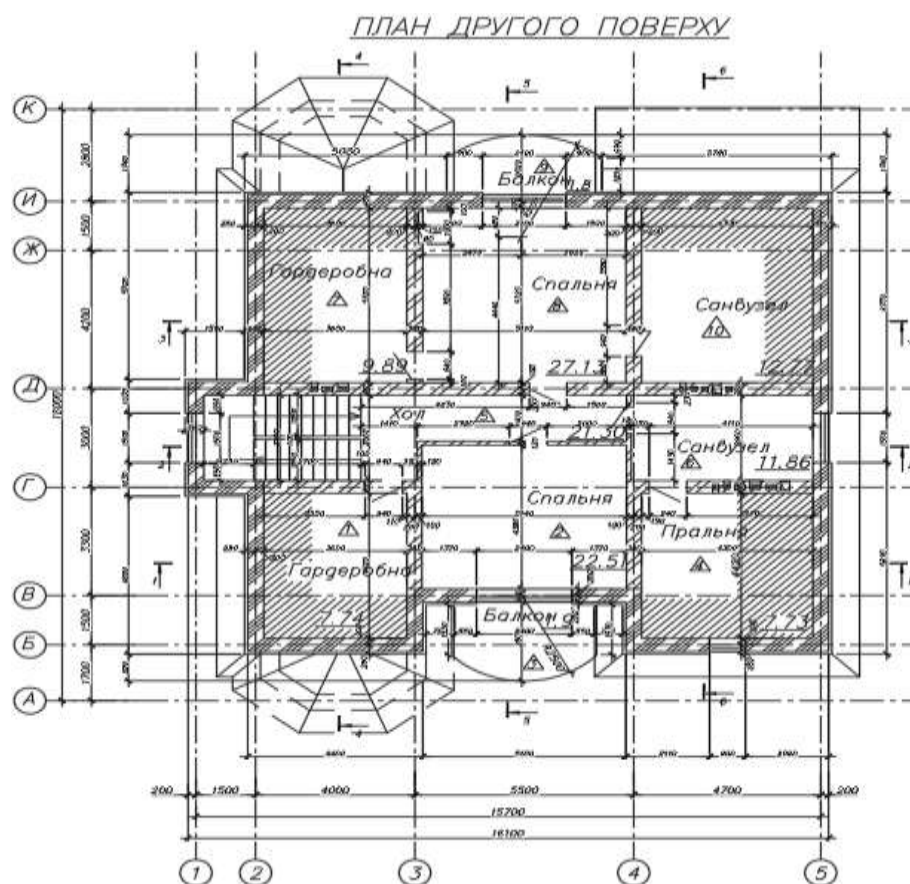


Рисунок 1.7 – План другого поверху

Таблиця 1.4 – Експлікація приміщень другого поверху

№	Найменування	Площа, м ²	Категорія приміщення
1	Гардеробна	15,91	7,74
2	Спальня	22,51	
3	Балкон	1,9	
4	Пральня	19,01	7,73
5	Хол	21,30	
6	Санвузол	11,86	
7	Гардеробна	19,15	9,89
8	Спальня	27,13	
9	Балкон	1,8	
10	Санвузол	22,88	12,77
Всього		163,45	

1.4 Конструктивне рішення

Конструктивні рішення індивідуального житлового будинку розроблені відповідно до чинних державних будівельних норм України та стандартів, що регламентують будівництво житлових будинків.

- Фундаменти – стрічкові збірно-монолітні. Підшва фундаментів виконується монолітною залізобетонною, стіни підземної частини – із фундаментних блоків.

- Зовнішні несучі стіни: блоки з автоклавного газобетону марки D400 товщиною 250 мм, утеплення мінеральними плитами товщиною 50 мм з повітряним зазором 20 мм та облицювальна цегла товщиною 120 мм; внутрішнє опорядження з вапняно-піщаного розчину товщиною 20 мм; загальна товщина – 460 мм.

- Внутрішні несучі стіни та перегородки: цегляні, товщиною 120 мм; армування металевою сіткою Ø 3 мм з осередком 50 x 50 мм у критичних зонах та на стиках із зовнішніми стінами.

- Перекриття: збірні залізобетонні багатопустотні плити товщиною 220 мм. плити вкладаються на шар цементно-піщаного розчину марки M100. Торці плит, що виходять на зовнішні стіни, утепляються термовкладишами з пінополістиролу для запобігання утворення «містків холоду». Зв'язок між плитами та стінами забезпечується за допомогою анкерування сталеву арматурою. Підвісні стелі виконані з гіпсокартону на профілях CD100.

- Покрівля: скатна, складна, включає композитну черепицю, обрешітку та контробрешітку, стропильну систему та гідробар'єр.

- Вікна та двері: металопластикові вікна з двокамерними склопакетами, дерев'яні або металопластикові дверні блоки; усі зазори герметизуються монтажною піною, відкоси внутрішні – оштукатурюються.

- Водовідвід та фасади: організований водовідвід з покрівлі по периметру, фасади облицьовані цеглою, цоколь – облицювання пісковиком; всі металеві елементи фарбують масляною фарбою у два шари.
- Внутрішнє оздоблення: стіни та стелі підготовлені для подальшого декоративного оздоблення за дизайн-проектом.

1.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій виконується з метою забезпечення нормативних показників теплоізоляції та енергоефективності будівлі. Розрахунок проводиться відповідно до вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» та ДСТУ 9191:2022 «Теплоізоляція будівель метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель» [2, 7].

Вихідні дані для розрахунку приймають згідно з кліматичними характеристиками району будівництва та конструктивними рішеннями будівлі. Згідно з картою температурних зон України місто Харків відноситься до I температурної зони, зона вологості території – суха, режим вологості приміщення – нормальний.

Згідно з положенням нормативних документів, мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішніх стін житлових будинків у I температурній зоні становить $R_{q,min} = 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [2, табл. 1].

Для розрахунку прийнято багатошарову конструкцію стіни загальною товщиною 460 мм. Для зручності характеристики шарів наведено в табличній формі нижче.

Таблиця 1.5 – Характеристики шарів зовнішньої стіни

№	Найменування шару	Матеріал	Товщина δ , м	Теплопровідність λ , Вт/(м · К)
1	Внутрішнє опорядження	Вапняно-піщаний розчин	0,020	0,81
2	Несуча частина стіни	Газобетонні блоки (D400)	0,250	0,11
3	Утеплювач	Плити мінераловатні	0,050	0,036
4	Повітряний прошарок	Замкнений прошарок	0,020	$R = 0,15$
5	Зовнішнє облицювання	Цегла керамічна лицювальна	0,120	0,55

Сумарний тепловий опір огорожувальної конструкції R_{Σ} визначається як сума термічних опорів окремих шарів та опорів тепловіддачі поверхонь:

$$R_{\Sigma} = R_{si} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + R_{gap} + R_{se} \quad (1.1)$$

де $R_{si} = 0,115 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – опір тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції [2];

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, Вт/(м·К);

$R_{gap} = 0,15 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – термічний опір замкненого повітряного прошарку (прийнято за ДБН В.2.6-31:2021 для прошарку товщиною 20мм) [2];

$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ – опір тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції

Обчислюємо загальний опір теплопередачі підставляючи значення до формули 1.1:

$$R_{\Sigma} = 0,115 + \frac{0,02}{0,81} + \frac{0,25}{0,11} + \frac{0,05}{0,036} + 0,15 + \frac{0,12}{0,55} + 0,043 = 4,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Порівняльний аналіз отриманого результату з нормативними вимогами показує:

$$R_{\Sigma} = 4,21 \geq R_{q,min} = 4$$

Таким чином, прийнята конструкція зовнішньої стіни товщиною 460 мм на основі газобетонних блоків та мінераловатного утеплювача повністю відповідає вимога енергоефективності для району будівництва м. Харків.

Додатково теплотехнічний розрахунок було перевірено в спеціалізованій програмі CadeePro. Графічна схема зовнішньої стіни з розподілом температури наведена на рисунку 1.8.

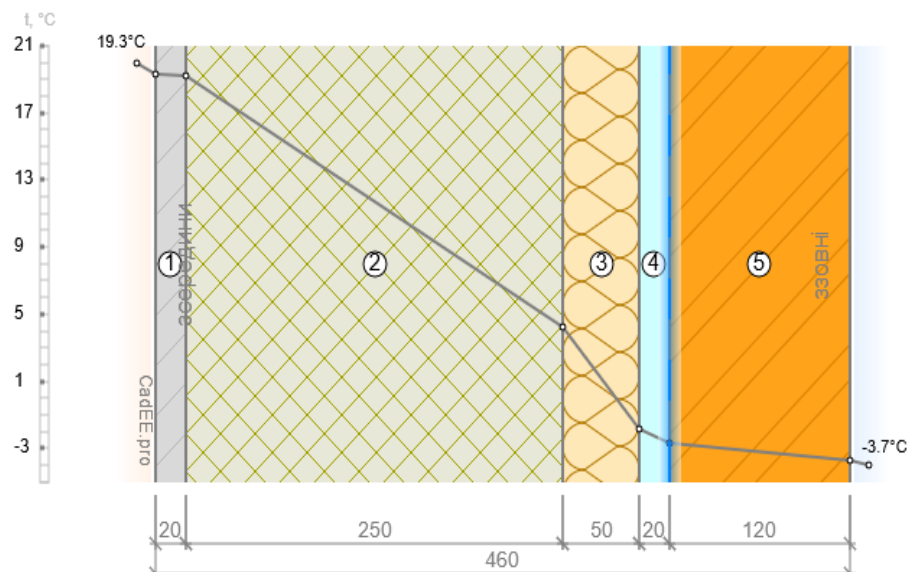


Рисунок 1.8 – Графічна схема зовнішньої стіни та розподіл температури (CadeePro)

Отримане значення опору теплопередачі становить $R_{\Sigma} = 4,17 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що добре узгоджується з ручним розрахунком ($R_{\Sigma} = 4,21 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$) і підтверджує відповідність конструкції нормативним вимогам.

1.6 Інженерне обладнання

Для створення комфортних умов життєдіяльності та підтримки необхідних санітарно-гігієнічних параметрів внутрішнього середовища, проєктований будинок обладнується сучасними інженерними системами.

1.6.1 Опалення та гаряче водопостачання

Джерелом теплопостачання є індивідуальна система на базі двоконтурного газового котла з закритою камерою згоряння, який розташований у спеціально обладнаному приміщенні котельні на підвальному поверсі. Система опалення прийнята водяна, двотрубна з примусовою циркуляцією теплоносія. Гаряче водопостачання забезпечується через контур ГВП котла, що гарантує автономність об'єкта.

1.6.2 Водопровід та каналізація

- Холодне водопостачання: здійснюється шляхом приєднання до існуючих міських мереж водоканалу по вул. Батумській. Передбачено встановлення вузла обліку води.

- Каналізація: відведення господарсько-побутових стоків передбачено у централізовану міську мережу водовідведення.

- Внутрішні мережі: монтуються з поліпропіленових труб, що мають високий термін експлуатації та стійкість до корозії.

-

1.6.3 Електропостачання

Електричне живлення будівлі передбачено від зовнішніх мереж 400/230В. Проектна потужність розрахована з урахуванням сучасного побутового навантаження та системи кондиціонування. Розподільний щит із захисною автоматикою розташовується в зоні холу.

1.6.4 Вентиляція

У будинку запроєктовано природну припливно-витяжну вентиляцію. Витяжка відпрацьованого повітря здійснюється через вентиляційні канали і стінах кухні та санвузлів. Приплив свіжого повітря забезпечується за рахунок встановлення регульованих віконних припливних клапанів та використання режиму мікропровітрювання сучасних металопластикових віконних блоків. Таке рішення дозволяє забезпечити нормований повітрообмін у приміщеннях при збереженні високих показників герметичності та енергоефективності огорожувальних конструкцій.

1.6.5 Протипожежні заходи

Відповідно до класу наслідків СС1 та II ступеня вогнестійкості, у проєкті реалізовано комплекс архітектурно-конструктивних рішень для забезпечення пожежної безпеки:

1. Вогнезахист конструкцій: Основні несучі та огорожувальні конструкції будівлі відносяться до групи негорючих матеріалів з високою межею вогнестійкості. Оскільки кроквяна система даху виконана з деревини, всі дерев'яні елементи підлягають обов'язковому глибокому просоченню антипіренами, що переводить їх у категорію важкогорючих матеріалів та стримує поширення вогню.

2. Шляхи евакуації: Планувальне рішення забезпечує безперешкодну евакуацію мешканців через два незалежні виходи (східний та західний фасад). Ширина дверних прорізів та коридорів відповідає нормативам ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва» [8].

3. Пожежні розриви: Розташування будинку на ділянці виконано з дотриманням нормативних протипожежних відстаней до сусідніх будівель та споруд.

4. Сигналізація: Передбачено встановлення автономних точкових димових сповіщувачів у житлових кімнатах та холах.

5. Доступ спецтехніки: Забезпечено вільний проїзд пожежної техніки з вулиці Батумській до фасадів будівлі.
6. Первинні засоби: Будівля комплектується переносними вуглекислими або порошковими вогнегасниками (тип ОП-5), що розташовуються на кожному поверсі.

2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту

2.1.1 Визначення навантажень, що діють на фундаменти

Збір навантажень на фундаменти виконано відповідно до вимог ДБН В.1.2-2006 [1].

Вихідні дані для збору навантажень:

- Висота внутрішньої стіни по осі Д (від верху фундаменту до верху стіни 2-го поверху без врахування плит перекриття) становить 8,775 м (підвал – 2,4 м; 1-й поверх – 3,375 м; 2-й поверх – 3 м);

- Висота зовнішньої стіни по осі 5 – 8,775 м;
- Вантажна ширина для осі Д прийнята 3,6 м;
- Вантажна ширина для осі 5 прийнята 2,35 м;
- Щільність цегляної кладки – 18 кН/м³;
- Для зовнішньої стіни щільності матеріалів прийняті згідно з конструктивним рішенням (п.1.4) та теплотехнічним розрахунком (п.1.5):

- 1) Вапняно-піщаний розчин (внутрішнє опорядження) – 18 кН/м³;
- 2) Газобетонні блоки D400 – 4 кН/м³;
- 3) Мінеральна вата (утеплювач) – 1,5 кН/м³;
- 4) Керамічна облицювальна цегла – 18 кН/м³;
- Навантаження від перекриття – 5,05 кН/м²;
- Постійне навантаження від даху – 1,1 кН/м²;
- Корисне навантаження – 1,5 кН/м² [1, табл. 6.2];
- Снігове навантаження – 1,6 кПа (згідно з п. 1.1 пояснювальної записки);

- Коефіцієнти надійності за навантаженням γ_f та коефіцієнти сполучення ψ прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2006 [1].

Для зручності розрахунків збір навантажень виконуємо в табличній формі (табл. 2.1 – 2.2).

Таблиця 2.1 – Збір навантажень на 1 п.м фундаменту по осі Д

№ п/п	Назва навантаження	Формула підрахунку	Нормативне, кН/м	γ_f	Розрахункове, кН/м
1	2	3	4	5	6
Постійні навантаження					
1	Власна вага несучої стіни	$0,12 \cdot (2,4 + 3,37 + 5 + 3) \cdot 18,0$	18,95	1,1	20,85
Від перекриття 1-го поверху					
2	Конструкція підлоги, 30 мм	$0,8 \cdot 3,6$	2,88	1,1	3,17
3	Цементно-піщана стяжка, 50 мм	$20,0 \cdot 0,05 \cdot 3,6$	3,60	1,1	3,96
4	Гідроізоляція	$0,05 \cdot 3,6$	0,18	1,1	0,20
5	Збірна з.б. плита, 220 мм	$3,0 \cdot 3,6$	10,80	1,1	11,88
6	Конструкція підвісної стелі	$0,2 \cdot 3,6$	0,72	1,1	0,79
		Всього	18,18	-	20,00
Від перекриття 2-го поверху					
7	Конструкція підлоги, 30 мм	$0,8 \cdot 3,6$	2,88	1,1	3,17
8	Цементно-піщана стяжка, 50 мм	$20,0 \cdot 0,05 \cdot 3,6$	3,60	1,1	3,96
9	Гідроізоляція	$0,05 \cdot 3,6$	0,18	1,1	0,20
10	Збірна з.б. плита, 220 мм	$3,0 \cdot 3,6$	10,80	1,1	11,88
11	Конструкція підвісної стелі	$0,2 \cdot 3,6$	0,72	1,1	0,79
		Всього	18,18	1,1	20,00
12	Від конструкції даху	$1,1 \cdot 3,6$	3,96	1,1	4,36
	Всього постійних		59,27	-	65,21
Тимчасові навантаження					
13	Корисне 1-го поверху	$1,5 \cdot 3,6 \cdot 0,9$	4,86	1,3	6,32
14	Корисне 2-го поверху	$1,5 \cdot 3,6 \cdot 0,9$	4,86	1,3	6,32
15	Снігове	$1,6 \cdot 3,6$	5,76	1,4	8,06
	Всього тимчасових		15,48	-	20,70
	Всього навантаження (N_{1-1})		74,75	-	85,91

Таблиця 2.2 – Збір навантажень на 1 п.м фундаменту по осі 5

№ п/п	Назва навантаження	Формула підрахунку	Нормативне, кН/м	γ_f	Розрахункове, кН/м
1	2	3	4	5	6
Постійні навантаження					
Від власної ваги конструкцій зовнішньої стіни					
1	Внутрішнє опорядження (вапняно-піщаний розчин, 20 мм)	$0,02 \cdot 18 \cdot 8,775$	3,16	1,1	3,48
2	Несуча частина стіни (газобетон D400, 250 мм)	$0,25 \cdot 4 \cdot 8,775$	8,78	1,1	9,66
3	Утеплювач (мінеральна вата, 50 мм)	$0,05 \cdot 1,5 \cdot 8,775$	0,66	1,1	0,73
4	Зовнішнє облицювання (керамічна цегла, 120 мм)	$0,12 \cdot 18 \cdot 8,775$	18,95	1,1	20,85
		Всього	31,55	-	34,72
5	Від конструкцій даху	$1,1 \cdot 2,35$	2,59	1,1	2,85
		Всього постійних	34,14	-	37,57
Тимчасові навантаження					
6	Снігове	$1,6 \cdot 2,35$	3,76	1,4	5,26
		Всього тимчасових	3,76	-	5,26
		Всього навантаження (N_{2-2})	37,90	-	42,83

2.1.2 Аналіз інженерно-геологічних умов майданчика

У даному підрозділі наведено аналіз ґрунтів основи на основі архівних інженерно-геологічних вишукувань [9].

2.1.2.1 Вихідні дані для проектування

Для оцінки властивостей ґрунтів основи та прийняття проєктних рішень було використано дані технічного звіту з інженерно-геологічних вишукувань, виконаних на об'єкті в м.Харків у жовтні 2019 року [9].

Метою вишукувань було з'ясування геолого-літологічних будови ділянки, визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів та виявлення можливих несприятливих процесів. Розвідка проводилась шляхом буріння двох свердловин глибиною по 6 м кожна.

Згідно з результатами буріння, геологічний розріз до розвіданої глибини представлений трьома інженерно-геологічними елементами [9]:

- ІГЕ-1: Сучасні відкладення – ґрунтово-рослинний шар, потужністю 0,6 – 0,7 м;
- ІГЕ-2: Четвертинні відкладення – суглинок світло-бурий, потужністю 3,2 – 3,5 м;
- ІГЕ-3: Суглинок темно-бурий, важкий, твердої консистенції, розкритою потужністю до 2,2 м.

На період вишукувань ґрунтові води до глибини 6 м не зустрінуті. Проте територія класифікується як потенційно підтоплювана [9].

Узагальнені дані про будову майданчика та нормативні характеристики ґрунтів наведено у таблицях 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Геологічна будова та гідрогеологічні умови майданчика

№ шару	Найменування ґрунтів	Номер свердловини і потужність шару, м	
		1	2
1	Ґрунтово-рослинний шар	0,70	0,60
2	Суглинок світло-бурий	3,5	3,20
3	Суглинок темно-бурий	1,8	2,20
	Глибина залягання ґрунтових вод	не виявлено	не виявлено
	Відмітка гирла свердловини, м	100,0	100,87

Таблиця 2.4 – Нормативні характеристики ґрунтів

Найменування	Умов. позн.	Од. вимірювання	Номер шару		
			1	2	3
Щільність	ρ_{II}	т/м ³	1,81	1,78	1,83
Щільність часток	ρ_s	т/м ³	2,7	2,71	2,68
Природна вологість	W	-	0,21	0,18	0,2
Вологість на межі текучості	W_L	-	0,42	0,37	0,36
Вологість на межі пластичності	W_p	-	0,31	0,26	0,23
Кут внутрішнього тертя	φ_{II}	град	-	17,8	20,9
Питоме зчеплення	C_{II}	кПа	-	25	37
Модуль деформації	E	мПа	-	8,01	9,63

2.1.2.2 Класифікаційні показники ґрунтів

Для визначення стану та фізичних властивостей ґрунтів за розрахунковими характеристиками обчислимо їх класифікаційні показники за наступними формулами:

- Коефіцієнт пористості (e):

$$e = \frac{\rho_s \cdot (1+W)}{\rho} \quad (2.1)$$

- Коефіцієнт водонасичення (S_r):

$$S_r = \frac{W \cdot \rho_s}{e \cdot \rho_w} \quad (2.2)$$

- Число пластичності (I_p):

$$I_p = W_L - W_p \quad (2.3)$$

- Показник текучості (I_L):

$$I_L = \frac{W - W_p}{I_p} \quad (2.4)$$

На основі даних лабораторних досліджень, наведених технічному звіті, визначимо класифікаційні показники для основних шарів ґрунту. Визначені показники наведено в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Класифікаційні показники ґрунтів

№ ПЕ	e	S_r	I_p	I_L	Властивості ґрунтів за ДСТУ
1	-	-	11,0	-0,91	Суглинок чорний, пилуватий, твердий
2	0,80	0,61	11,5	-0,62	Суглинок світло-бурий, , твердий
3	0,76	0,70	13,0	-0,26	Суглинок темно-бурий, важкий, твердий

Висновок за показниками:

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки щодо придатності ґрунтів як природної основи:

- Шар ПЕ-1 – ґрунтово-рослинний шар, гумусований, не придатний як основа через високий вміст органічних речовин та стисливість.
- Шар ПЕ-2 – суглинок, перебуває у твердому стані ($I_L < 0$). Є придатним як природна основа.
- Шар ПЕ-3 – суглинок важкий, твердий, є придатним і найбільш надійним як природна основа для даного типу споруди.

Інженерно-геологічний розріз досліджуваного масиву ґрунту наведено нижче.

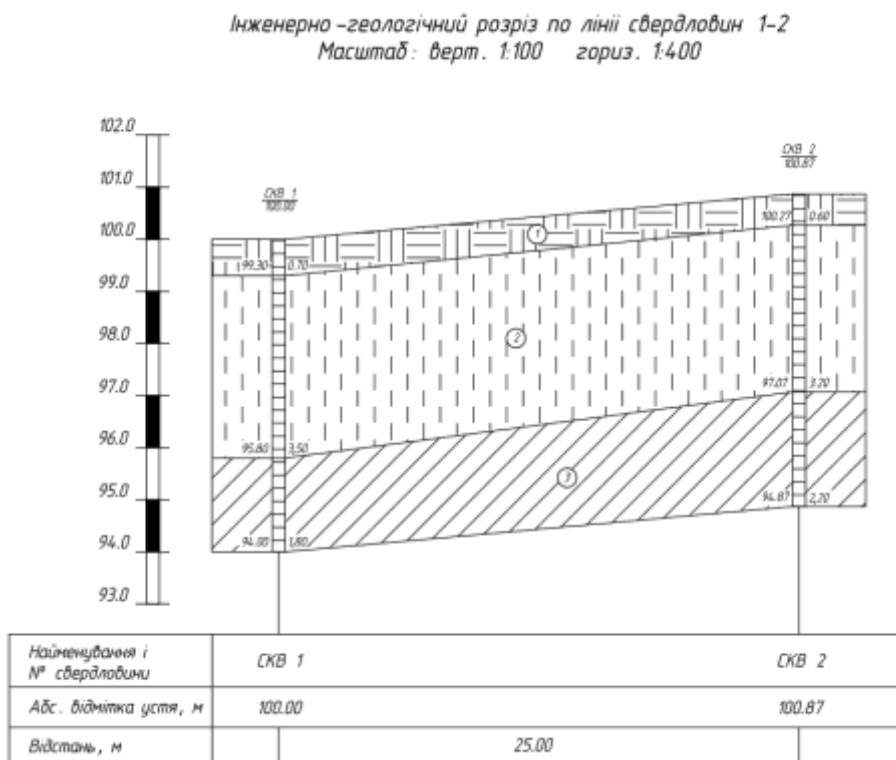


Рисунок 2.1 – Інженерно-геологічний розріз

2.1.3 Глибина залягання фундаменту

Фундамент прийнято стрічковий збірно-монолітний. Вибір глибини залягання фундаменту d є одним із ключових етапів проєктування підземної частини будівлі, що визначає її надійність та економічну доцільність. Для даного об'єкт в м. Харків глибина закладення підосви прийнята рівною 2,7 м від планувальної позначки землі.

Призначення даної глибини обґрунтовано наступними чинниками:

1. Конструктивні особливості будівлі: Основним фактором, що визначив глибину закладення, є наявність підвального поверху висотою приміщень 2,4 м. Для влаштування надійної конструкції підлоги підвалу та забезпечення необхідної товщини залізобетонної підосви фундаменту, рівень закладання прийнято на позначці -2,700 м. Це дозволяє розмістити фундаментну стрічку нижче рівня чистої підлоги підвального приміщення.

2. Інженерно-геологічні умови: Згідно з результатами буріння та побудованим розрізом (рис. 2.1), прийнята глибина 2,7 м забезпечує:

- Повне проходження верхнього ґрунтового-рослинного шару (ІГЕ-1) потужністю 0,6-0,7 м, який через вміст органіки та високу стисливість не придатний як основа.
- Спирання підшви фундаменту на несучий шар – суглинок світло-бурий (ІГЕ-2), який перебуває у твердому стані та має достатню несучу здатність ($E = 8,01$ МПа).

3. Кліматичні чинники: Нормативна глибина сезонного промерзання ґрунту для району м. Харків (для глинистих ґрунтів) складає близько 1,2-1,25 м. Оскільки фундаменти будівлі закладаються на глибину 2,7 м, що значно перевищує глибину промерзання, вплив сил морозного здимання ґрунту на підшви повністю виключається.

4. Гідрогеологічні умови: На період вишукувань ґрунтові води на ділянці не зустрінуті до глибини 6.0 м, що не створює обмежень для ведення робіт на прийнятій глибині та не потребує спеціальних заходів із водовідливу під час влаштування фундаментів.

Висновок: Виходячи з наведених вище факторів, для подальших розрахунків ширини підшви фундаментів по осях Д та 5 приймаємо розрахункову глибину закладання $d = 2,7$ м.

2.1.4 Визначення розмірів підшов фундаментів

2.1.4.1 Розрахунок ширини підшви фундаменту по осі Д

Визначення ширини підшви фундаменту під внутрішні стіни по осі Д проводимо за методикою граничних станів (за деформаціями). Глибина закладення фундаменту прийнята $d = 2,7$ м (п. 2.1.3).

1. Попереднє визначення ширини підшви (b):

Приймаємо орієнтовний розрахунковий опір ґрунту основи (ІГЕ-2) $R_0 = 250$ кПа.

Ширина підосви b для стрічкового фундаменту (при довжині $l = 1$ м) обчислюється за формулою:

$$b = \frac{N_{1-1}}{R_0 - \gamma_{fm} \cdot d} \quad (2.5)$$

де $N_{1-1} = 85,91$ кН/м – розрахункове навантаження на 1 п.м. фундаменту (табл. 2.1);

$\gamma_{fm} = 20$ кН/м³ – середня вага фундаменту та ґрунту на його обрізах;

$d = 2,7$ м – прийнята глибина закладення фундаменту.

Підставивши числові значення маємо:

$$b = \frac{85,91}{250 - 20 \cdot 2,7} = 0,44 \text{ м}$$

Отримана попередня ширина підосви $b = 0,44$ м є занадто малою для практичного виконання стрічкового фундаменту (недостатня жорсткість, складність опалубки, забезпечення стійкості стіни).

З урахуванням конструктивних вимог, технології виконання робіт, забезпечення достатньої площі обпирання стіни та рекомендацій ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд» приймаємо кінцеву ширину підосви фундаменту $b = 1,2$ м [10].

Для остаточного уточнення розрахункового опору ґрунту основи при прийнятій ширині підосви використаємо рекомендації ДБН В.2.1-10:2018 [10].

2. Розрахунковий опір ґрунту основи визначається за формулою [11]:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} \cdot (M_\gamma \cdot k_z \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + (M_q - 1) \cdot d_b \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c) \quad (2.6)$$

де $\gamma_{c1} = 1,25$ – коефіцієнт умов роботи ґрунту;

$\gamma_{c2} = 1,0$ – коефіцієнт умов роботи споруди;

$k = k_z = 1$ – розрахункові коефіцієнти;

$d_b = 2,4$ м – глибина підвалу від рівня планування;

γ'_{II} – осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають нижче підосви фундаменту:

$$\gamma'_{II} = 10 \cdot \frac{1,78 \cdot 0,8 + 1,83 \cdot 1,8}{0,8 + 1,8} = 18,15 \text{ кН/м}^3$$

γ_{II} – осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів, що залягають вище підшоши фундаменту:

$$\gamma_{II} = 10 \cdot \frac{1,81 \cdot 0,7 + 1,78 \cdot 2,0}{0,7 + 2,0} = 17,87 \text{ кН/м}^3$$

$c = 25 \text{ кПа}$ – розрахункове значення питомого зчеплення ґрунту, що залягає безпосередньо під підшовою фундаменту;

Для φ_{II} знаходимо коефіцієнти M_γ, M_q, M_c [11, за табл. Б.5.]:

При $\varphi_{II} = 17,8^\circ$ приймаємо $M_\gamma = 0,43$; $M_q = 2,73$; $M_c = 5,31$;

$d_1 = 2,7$ – глибина підшоши фундаменту від рівня планування.

Підставляємо визначені значення до формули:

$$R_1 = \frac{1,25 \cdot 1,0}{1} \cdot (0,43 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 17,87 + 2,73 \cdot 2,7 \cdot 18,15 + (2,73 - 1) \cdot 2,4 \cdot$$

$18,15 + 5,31 \cdot 25) \approx 438,89 \text{ кПа}.$

Отримане значення розрахункового опору ґрунту основи становить $R_1 = 438,89 \text{ кПа}$.

Для перевірки несучої здатності ґрунту визначимо середній тиск під підшовою фундаменту $P_{сер}$ та порівняємо його з уточненим розрахунковим опором ґрунту R_1 .

3. Середній тиск під підшовою фундаменту обчислюється за формулою:

$$P_{сер} = \frac{N_{1-1}}{b} + \gamma'_{II} \cdot d \quad (2.7)$$

де $N_{1-1} = 85,91 \text{ кН/м}$ – розрахункове навантаження на 1 п.м. фундаменту;

$b = 1,2 \text{ м}$ – прийнята ширина підшоши фундаменту;

$\gamma_{II} = 17,87 \text{ кН/м}^3$ – осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів вище підшоши фундаменту;

$d = 2,7 \text{ м}$ – глибина закладення фундаменту.

Підставляємо числові значення:

$$P_{сер} = \frac{85,91}{1,2} + 17,87 \cdot 2,7 = 119,85 \text{ кПа}$$

4. Перевіряємо умови:

$$P_{сер} = 119,85 \text{ кПа} \leq R_1 = 438,89 \text{ кПа}$$

Умова виконується з значним запасом. Коефіцієнт запасу становить:

$$k = \frac{438,89}{119,84} = 3,66$$

Таким чином, прийнята ширина підшви стрічкового фундаменту для внутрішніх стін $b = 1,2$ м повністю забезпечує несучу здатність ґрунту основи і відповідає вимогам ДБН В.2.1-10:2018 [10].

2.1.4.2 Розрахунок ширини підшви фундаменту по осі 5

Розрахунок ширини підшви фундаменту під зовнішні стіни по осі 5 виконується аналогічно до методики, викладеної в підпункті 2.1.4.1.

Глибина закладення фундаменту прийнята $d = 2,7$ м (п. 2.1.3).

1. Попереднє визначення ширини підшви (b):

Приймаємо орієнтовний розрахунковий опір ґрунту основи (ІГЕ-2) $R_0 = 250$ кПа.

Ширина підшви b для стрічкового фундаменту (при довжині $l = 1$ м) обчислюється за формулою (2.5):

$$b = \frac{N_{1-1}}{R_0 - \gamma_{fm} \cdot d}$$

де $N_{1-1} = 42,83$ кН/м – розрахункове навантаження на 1 п.м. фундаменту (табл. 2.2);

γ_{fm}, d – те саме, що в пункті 2.1.4.1.

Підставивши числові значення маємо:

$$b = \frac{42,83}{250 - 20 \cdot 2,7} = 0,22 \text{ м}$$

Отримана попередня ширина підшви $b = 0,22$ м є занадто малою для практичного виконання стрічкового фундаменту (недостатня жорсткість, складність опалубки, забезпечення стійкості стіни).

З урахуванням конструктивних вимог, технології виконання робіт, забезпечення достатньої площі обпирання стіни та рекомендацій ДБН В.2.1-10:2018 приймаємо кінцеву ширину підшви фундаменту $b = 1$ м [10].

2. Розрахунковий опір ґрунту основи визначається за формулою (2.6) з використанням коефіцієнтів визначених в пункті 2.1.4.1:

Підставляємо відповідні значення до формули:

$$R_2 = \frac{1,25 \cdot 1,0}{1} \cdot (0,43 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 17,87 + 2,73 \cdot 2,7 \cdot 18,15 + (2,73 - 1) \cdot 2,4 \cdot 18,15 + 5,31 \cdot 25) = 436,97 \text{ кПа.}$$

Отримане значення розрахункового опору ґрунту основи становить $R_2 = 436,97 \text{ кПа}$.

3. Середній тиск під подошвою фундаменту обчислюється за формулою (2.7):

$$P_{\text{сер}} = \frac{N_{1-1}}{b} + \gamma'_{II} \cdot d$$

де $N_{1-1} = 42,83 \text{ кН/м}$ – розрахункове навантаження на 1 п.м. фундаменту;

$b = 1 \text{ м}$ – прийнята ширина подошви фундаменту;

$\gamma'_{II} = 17,87 \text{ кН/м}^3$ – осереднене розрахункове значення питомої ваги ґрунтів вище подошви фундаменту;

$d = 2,7 \text{ м}$ – глибина закладення фундаменту.

Підставляємо числові значення:

$$P_{\text{сер}} = \frac{42,83}{1} + 17,87 \cdot 2,7 = 91,1 \text{ кПа}$$

4. Перевіряємо умови:

$$P_{\text{сер}} = 91,1 \text{ кПа} \leq R_1 = 436,97 \text{ кПа}$$

Умова виконується з значним запасом. Коефіцієнт запасу становить:

$$k = \frac{436,97}{91,1} = 4,8$$

Таким чином, прийнята ширина подошви стрічкового фундаменту для зовнішніх стін $b = 1 \text{ м}$ повністю забезпечує несучу здатність ґрунту основи і відповідає вимогам ДБН В.2.1-10:2018 [10].

2.1.5 Визначення осідання стрічкового фундаменту

Осідання стрічкового фундаменту визначаємо методом пошарового підсумування відповідно до ДБН В.2.1-10:2018 [10]. Умовою прийнятності методу є виконання вимоги $P_{\text{сер}} \leq R$, яка виконана в п. 2.1.4.

2.1.5.1 Розрахунок осідання фундаменту по осі Д

1. Оскільки будівля має підвал, розрахунок проводиться з урахуванням розвантаження основи від вийнятого ґрунту в котловані. Додатковий вертикальний тиск на рівні підосви фундаменту P_0 визначається як різниця між середнім тиском під підосвою фундаменту та природним напруженням на цій же глибині за формулою:

$$p_0 = P_{\text{сер}} - \sigma_{zg,0} \quad (2.8)$$

де $P_{\text{сер}} = 119,85$ кПа – середній тиск під підосвою фундаменту по ось Д;

$\sigma_{zg,0}$ – природне напруження від власної ваги ґрунту на рівні підосви, яке визначається як:

$$\sigma_{zg,0} = \sum_{i=1}^n \rho_{\Pi,i} \cdot h_i \quad (2.9)$$

де $\rho_{\Pi,i}$ – питома вага ґрунту i -го шару, що залягає вище підосви фундаменту, кН/м³;

h_i – товщина i -го шару ґрунту в межах глибини закладення фундаменту, м.

Підставивши числові значення маємо:

$$\sigma_{zg,0} = 1,81 \cdot 10 \cdot 0,7 + 1,78 \cdot 10 \cdot 2,0 = 48,27 \text{ кН/м}^2$$

Тоді додатковий тиск дорівнює:

$$p_0 = 119,85 - 48,27 = 71,58 \text{ кПа}$$

2. Ґрунтову товщу під підосвою фундаменту ділимо на шари товщиною $h_i \leq 0,4b$. Для фундаменту шириною $b = 1,2$ м товщина елементарного шару прийнята рівною 0,4 м.

3. Для побудови епюру вертикальних напружень від власної ваги ґрунту, за формулою визначаємо напруження від власної ваги ґрунту:

$$\sigma_{zg,i} = \sum_{i=1}^n \gamma_i \cdot h_i \quad (2.10)$$

де γ_i – питома вага ґрунту i -го шару, кН/м^3 ;

h_i – потужність i -го шару ґрунту, м.

Підставляємо відповідні числові значення для кожного шару ґрунту:

$$\sigma_{zg1} = \gamma_1 \cdot h_1 = 1,81 \cdot 10 \cdot 0,7 = 12,67 \text{ кН/м}^2$$

$$\sigma_{zg2} = \sigma_{zg1} + \gamma_2 \cdot h_2 = 12,67 + 1,78 \cdot 10 \cdot 3,5 = 74,97 \text{ кН/м}^2$$

$$\sigma_{zg3} = \sigma_{zg2} + \gamma_3 \cdot h_3 = 74,97 + 1,83 \cdot 10 \cdot 1,8 = 107,91 \text{ кН/м}^2$$

4. Додаткові вертикальні напруження в ґрунті на глибині z від підшови фундаменту визначаємо за формулою:

$$\sigma_{zp,i} = a_i \cdot p_0 \quad (2.11)$$

де a_i – коефіцієнт згасання напружень, який залежить від відносної глибини z/b і співвідношення сторін фундаменту $\eta \geq 10$ (для стрічкового фундаменту). Значення a_i приймаємо за таблицею Д.1 ДБН В.2.1-10:2018 для випадку нескінченної стрічки [10].

Епюри додаткових напружень σ_{zp} та природних напружень від власної ваги ґрунту наведено на рисунку 2.2.

5. Межу стисливої товщі H_c приймаємо на глибині, де виконується умова:

$$\sigma_{zp} \leq 0,2 \cdot \sigma_{zg} \quad (2.12)$$

6. При розрахунках осідання, у випадку коли фундаменти зводяться в котлованах глибиною менше за 5 м ($d = 2,7 \text{ м} < 5 \text{ м}$), осадку розраховуємо за формулою [10, 11]:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i,cp} \cdot h_i}{E_i} \quad (2.13)$$

де $\beta = 0,8$ – безрозмірний коефіцієнт;

E_i – модуль деформації i -го шару ґрунту (табл.2.4).

Розрахунок осідання фундаменту по осі Д наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Розрахунок осідання фундаменту по осі Д

№ шару	$Z, м$	$\zeta = \frac{2 \cdot z}{b}$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p$ кПа	$\sigma_{zp, cp}$	$E_i, кПа$	S_i
1	2	3	4	5	6	7	8
-	0	0	1	71,58	-	-	-
2	0,4	0,67	0,912	65,28	68,43	8010	0,00273
2	0,8	1,33	0,718	51,39	58,34	8010	0,00233
2	1,2	2,00	0,55	39,37	45,38	8010	0,00181
3	1,6	2,67	0,439	31,42	35,40	9630	0,00118
3	2	3,33	0,362	25,91	28,67	9630	0,00095
3	2,4	4	0,306	21,90	23,91	9630	0,00079
						Всього	0,01

Схематичне зображення епюр вертикальних напружень у ґрунтовій основі наведено на рисунку 2.2.

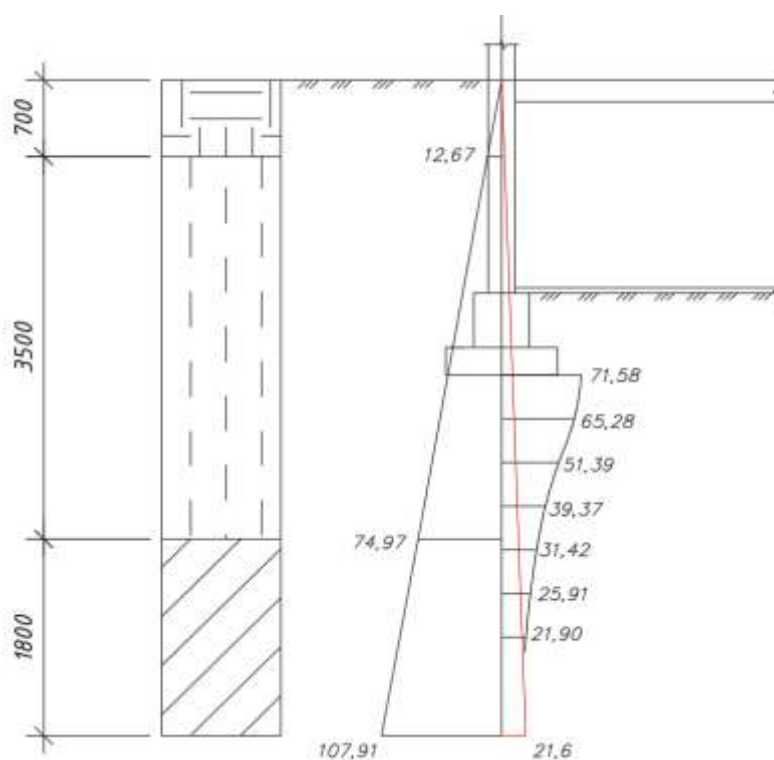


Рисунок 2.2 – Епюри вертикальних напружень

Отримане осідання фундаменту по осі Д становить $S_i = 0,01 м$, ще не перевищує гранично допустиме значення $S_u = 0,1 м$ для будівель класу СС1 [10].

2.1.5.2 Розрахунок осідання фундаменту по осі 5

Розрахунок осідання стрічкового фундаменту під зовнішні стіни по осі 5 виконується за методикою, наведеною в п. 2.1.5.1, відповідно до ДБН В.2.1-10:2018 [10].

1. Додатковий вертикальний тиск на рівні підшви фундаменту визначаємо за формулою (2.8):

$$p_0 = P_{\text{сер}} - \sigma_{zg,0}$$

де $P_{\text{сер}} = 91,1$ кПа – середній тиск під підшвою фундаменту по ось Д;

$\sigma_{zg,0} = 48,27$ кН/м² – природне напруження на рівні підшви фундаменту, визначене за формулою (2.9).

Тоді:

$$p_0 = 91,1 - 48,27 = 42,83 \text{ кПа}$$

2. Ґрунтову товщу під підшвою фундаменту ділимо на елементарні шари товщиною $h_i \leq 0,4b$. Для фундаменту шириною $b = 1$ м товщина елементарного шару прийнята рівною 0,4 м.

3. Природні напруження від власної ваги ґрунту були визначені раніше за формулою (2.10), додаткові напруження визначаємо за формулою (2.11).

4. Межу стисливої товщі приймаємо за умовою (2.12):

$$\sigma_{zp} \leq 0,2 \cdot \sigma_{zg}$$

5. Оскільки глибина котловану $d = 2,7$ м < 5 м та виконується умова $p_0 \leq \sigma_{zg,0}$, осадку розраховуємо за формулою (2.13) [10, 11]:

$$S = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i,cp} \cdot h_i}{E_i}$$

де $\beta = 0,8$ – безрозмірний коефіцієнт.

Розрахунок осідання фундаменту по осі 5 наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розрахунок осідання фундаменту по осі 5

№ шару	$Z, м$	$\zeta = \frac{2 \cdot z}{b}$	α	$\sigma_{zp} = \alpha \cdot p$ кПа	$\sigma_{zp, cp}$	$E_i, кПа$	S_i
1	2	3	4	5	6	7	8
-	0	0	1	42,83	-	-	-
2	0,4	0,67	0,912	39,06	40,95	8010	0,00164
2	0,8	1,33	0,718	30,75	34,91	8010	0,00139
2	1,2	2,00	0,55	23,56	27,15	8010	0,00108
3	1,6	2,67	0,439	18,80	21,18	9630	0,00070
3	2	3,33	0,362	15,50	17,15	9630	0,00057
						Всього	0,005

Схематичне зображення епюр вертикальних напружень у ґрунтовій основі наведено на рисунку 2.3.

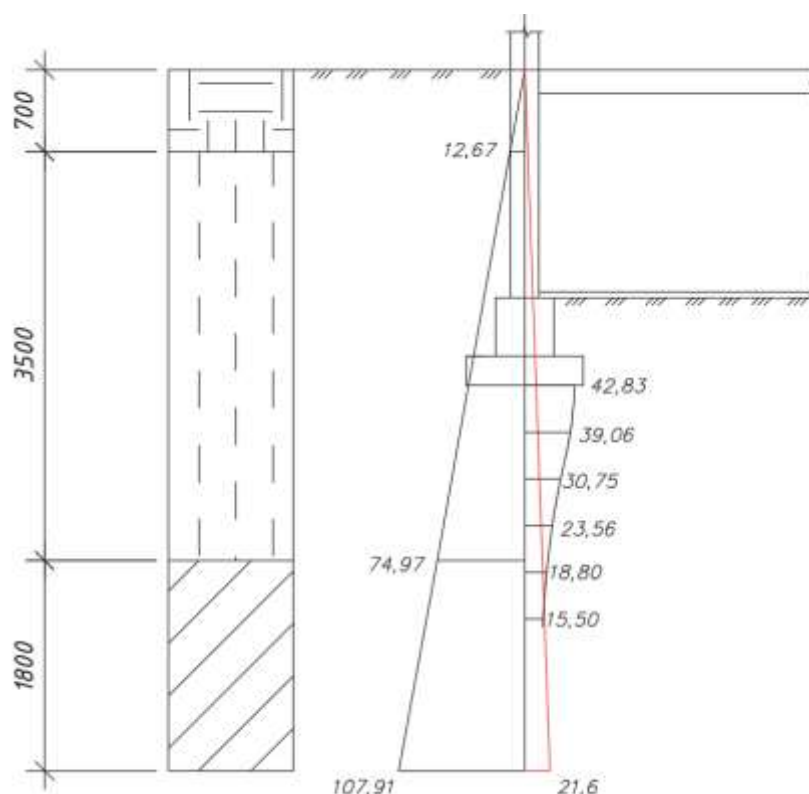


Рисунок 2.3 – Епюри вертикальних напружень

Отримане осідання фундаменту по осі 5 становить $S_i = 0,005 м$, ще не перевищує гранично допустиме значення $S_u = 0,1 м$ для будівель класу СС1 [10].

2.1.6 Перевірка міцності підстиляючого шару ґрунту та конструктивне армування стрічкового фундаменту

Перевірка міцності підстиляючого шару ґрунту виконується відповідно до вимог розділу 4 методичних рекомендацій та п. 8.4 ДБН В.2.1-10:2018 у разі, коли в межах стисливої товщі основи під подошвою фундаменту залягає шар ґрунту з меншою несучою здатністю, ніж несучий шар [10, 11].

У даному проєкті подошва стрічкового фундаменту спирається на ІГЕ-2. Нижче розташований ІГЕ-3, який характеризується вищими фізико-механічними показниками: модуль деформації $E = 9,63$ МПа (проти 8,01 МПа у ІГЕ-2), кут внутрішнього тертя $\varphi = 20,9^\circ$ (проти $17,8^\circ$) та питоме зчеплення $c = 37$ кПа (проти 25 кПа).

Оскільки підстиляючий шар (ІГЕ-3) є міцнішим за несучий шар, а середній тиск під подошвою фундаменту p (119,85 кПа по осі Д та 91,1 кПа по осі 5) значно менший за розрахунковий опір ґрунту основи $R \approx 438$ кПа, перевірка умови $\sigma_{zp} + \sigma_{zg} \leq R_z$ (де R_z – розрахунковий опір підстиляючого шару) не виконується. Умова виконується автоматично [10, 11].

Розрахунок армування монолітного стрічкового фундаменту за I групою граничних станів (на згин, поперечну силу та продавлювання) не проводиться у зв'язку з незначними навантаженнями на фундамент та великим запасом несучої здатності ґрунту основи ($p \leq 0,27R$).

Армування фундаменту приймається конструктивно відповідно до вимог ДБН В.2.1-10:2018 (п.9.2-9.4) та досвіду проєктування аналогічних малонавантажених об'єктів [10, 12]:

- Сітка з арматури нижньої зони подошви – Ø12 A400C, чарунка 150x150 мм;
- Сітка з арматури верхньої зони подошви – Ø12 A400C, чарунка 150x150 мм;
- Поперечна арматура - Ø8 A240C, крок 300 мм;
- Захисний шар бетону – 35 мм.

2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту

2.2.1 Обґрунтування вибору конструктивного рішення та компоновання схеми

Відповідно до пункту 1.4 архітектурно-будівельної частини проєкту перекриття над підвалом, першим та другим поверхами прийнято збірним із багатопустотних залізобетонних плит товщиною 220 мм серії ПК.

Таке конструктивне рішення є раціональним для індивідуального житлового будинку класу наслідків СС1, оскільки забезпечує високу швидкість монтажу, стабільну якість заводського виготовлення, зниження трудомісткості робіт та загальної вартості будівництва порівняно з монолітними конструкціями.

Плити серії ПК виготовляються з важкого бетону класу не нижче С20/25 з попередньо напруженою арматурою. Типорозміри плит прийняті на стадії архітектурно-будівельного проєктування з урахуванням прольотів та діючих навантажень, що забезпечує необхідну несучу здатність і жорсткість перекриття.

Зв'язок плит між собою та зі стінами забезпечується укладанням їх на шар цементно-піщаного розчину марки М100 товщиною 20 мм, анкеруванням арматурою Ø8 А240С, а також замонолічуванням міжплитних швів бетоном класу С16/20. Це забезпечує спільну роботу плит у складі жорсткого диска перекриття.

Прийняте конструктивне рішення відповідає вимогам ДБН В.2.6-98:2009 «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» та ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проєктування» [13, 14].

Для підтвердження прийнятого конструктивного рішення далі виконується розрахунок плити перекриття на дію розрахункових навантажень.

2.2.2 Збір навантажень на плиту перекриття

Для подальшого розрахунку попередньо напруженої плити перекриття за граничними станами першої та другої груп необхідно визначити всі навантаження, що діють на конструкцію. Збір навантажень виконано відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 та ДБН В.2.6-98:2009 [1, 13].

Навантаження на плиту перекриття поділяються на постійні та тимчасові. Корисне навантаження прийнято відповідно до класу приміщення за табл. 6.2 ДБН В.1.2-2:2006 [1].

Розрахункові значення навантажень визначено з урахуванням коефіцієнтів надійності за навантаженням γ_f згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [1].

Збір навантажень на 1 м² плити перекриття наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Збір навантажень на плиту перекриття на 1 м²

№ п/п	Назва навантаження	Нормативне, кН/м	γ_f	Розрахункове, кН/м
1	2	3	4	5
Постійні навантаження				
1	Конструкція підлоги, 30 мм	0,8	1,1	0,88
2	Цементно-піщана стяжка, 50 мм	1,00	1,1	1,10
3	Гідроізоляція	0,05	1,1	0,06
4	Збірна з.б. плита, 220 мм	3,00	1,1	3,30
5	Конструкція підвісної стелі	0,20	1,1	0,22
	Всього постійних	5,05	-	5,56
Тимчасові навантаження				
6	Корисне навантаження	1,5	1,3	1,95
	Всього тимчасових	1,5	-	1,95
	Всього на плиту	6,55	-	7,51

2.2.3 Розрахунок попередньо напруженої плити перекриття

Згідно з архітектурно-планувальними рішеннями, перекриття будівлі виконується зі збірних залізобетонних багатопустотних плит. Для розрахунку прийнято найбільш навантажену плиту марки ПК 57-12-8 [15]. Плита виготовляється з важкого бетону за стендовою технологією з натягом арматури на упори.

2.2.3.1 Вихідні дані та характеристики матеріалів

1. Геометричні характеристики плити:

- Номінальна довжина плити: $L = 5,68$ м;
- Номінальна ширина: $B = 1,19$ м;
- Висота плити: $h = 0,22$ м;
- Діаметр порожнин: $d_{void} = 159$ мм (кількість – 6 шт.);
- Розрахунковий проліт: $L_{eff} = L - 180 = 5,50$ м (при глибині обпирання по 90 мм на кожну сторону).

2. Бетон важкий класу C20/25 (B25):

Характеристики прийняті згідно з табл. 3.1 ДБН В.2.6-98:2009:

- Розрахунковий опір стиску: $f_{cd} = 14,5$ МПа;
- Середній опір розтягу: $f_{ctm} = 2,2$ МПа;
- Розрахунковий опір розтягу: $f_{ctd} = 1,05$ МПа;
- Модуль пружності бетону: $E_{cm} = 30$ ГПа ($30 \cdot 10^3$ МПа);
- Коефіцієнт надійності для бетону: $\gamma_c = 1,5$ [13, табл. 2.1].

3. Напружена арматура класу A800:

- Нормативний опір (границя текучості): $f_{pk} = 800$ МПа;
- Розрахунковий опір: $f_{pd} = \frac{f_{pk}}{\gamma_s} = \frac{800}{1,5} = 695$ МПа;
- Модуль пружності сталі: $E_p = 200$ ГПа ($200 \cdot 10^3$ МПа);
- Коефіцієнт співвідношення модулів пружності:

$$\alpha = \frac{E_p}{E_{cm}} = \frac{200000}{30000} = 6,67$$

2.2.3.2 Навантаження та внутрішні зусилля

Згідно з табл. 2.8, розрахункове навантаження на 1 м² становить 7,51 кН/м².

Розрахункове погонне навантаження на плиту шириною 1,19 м:

$$q_d = 7,51 \cdot 1,19 = 8,94 \frac{\text{кН}}{\text{м}}$$

Визначаємо максимальні зусилля в розрахунковому прольоті:

- Згинальний момент:

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot L_{eff}^2}{8} = \frac{8,94 \cdot 5,5^2}{8} = 33,81 \text{ кНм.}$$

- Поперечна сила:

$$V_{Ed} = \frac{q_d \cdot L_{eff}}{2} = \frac{8,94 \cdot 5,5}{2} = 24,59 \text{ кН}$$

2.2.3.3 Геометричні параметри приведенного перерізу

Для розрахунку багатопустотну плиту приводимо до еквівалентного двотаврового перерізу:

- Ширина полиць: $b_{eff} = 1160$ мм (з урахуванням зазорів);
- Товщина ребра (сумарна товщина перетинок): $b_w = 1160 - 6 \cdot 159 = 206$ мм;
- Висота полиць: $h_f = h'_f = \frac{220-159}{2} = 30,5$ мм.

Схема приведенного еквівалентного двотавра наведена на рисунку 2.4.

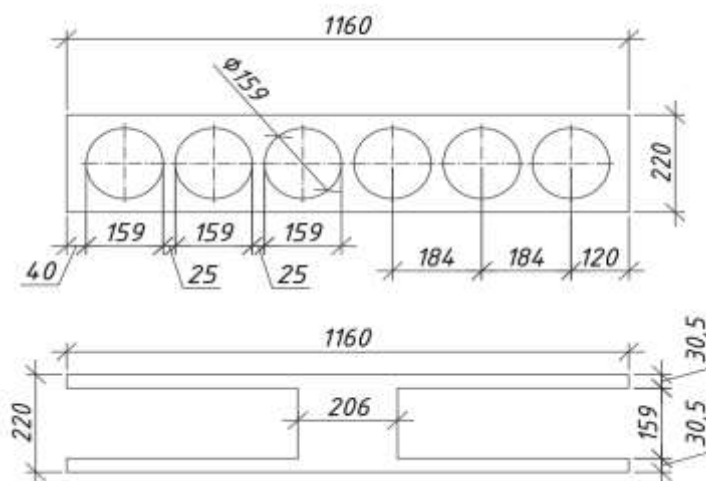


Рисунок 2.4 – Схема плити та приведеного двотавра

Приведені характеристики перерізу (враховуючи площу арматури A_p через коефіцієнт a):

Для плити ПК 57-12-8 стандартно прийнято 4 стрижні $\varnothing 10$ А800 ($A_p = 314 \text{ мм}^2 = 3,14 \text{ см}^2$).

1. Площа бетону:

$$A_c = (116 \cdot 22) - 6 \cdot \left(\frac{\pi \cdot 15,9^2}{4} \right) = 1362 \text{ см}^2.$$

2. Приведена площа:

$$A_{red} = A_c + a \cdot A_p = 1362 + 6,67 \cdot 3,14 = 1383 \text{ см}^2.$$

3. Момент інерції приведенного перерізу: $I_{red} \approx 82500 \text{ см}^4$.

4. Відстань до центру ваги (від нижньої грані): $y \approx 11 \text{ см}$.

5. Ексцентриситет сили напруження:

$$e_{op} = y - a = 11 - 3 = 8 \text{ см}$$

де $a = 3 \text{ см}$ – захисний шар.

2.2.3.4 Розрахунок втрат попереднього напруження

Приймаємо початкове контрольоване напруження $\sigma_{sp} = 0,7 \cdot f_{pk} = 560$ МПа.

Перші втрати (миттєві):

1. Релаксація арматури:

$$\Delta\sigma_{pr} = \sigma_{sp} \cdot 0,02 = 11,2 \text{ МПа.}$$

2. Деформація анкерів:

$$\Delta\sigma_{anc} = \left(\frac{\Delta l}{L}\right) \cdot E_p = \left(\frac{2}{5680}\right) \cdot 200000 = 70,4 \text{ МПа.}$$

3. Температурний перепад: $\Delta\sigma_\theta = 0$ (природне твердіння).

Сума перших втрат: $\Delta\sigma_1 = 81,6$ МПа.

Другі втрати (тривалі):

Від усадки та повзучості бетону (прийнято за спрощеною методикою ДБН для С20/25) [13]:

$$\Delta\sigma_2 \approx 0,15 \cdot \sigma_{sp} = 84 \text{ МПа.}$$

Ефективне напруження в арматурі:

$$\sigma_{p,eff} = \sigma_{sp} - (\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2) = 560 - 165,6 = 394,4 \text{ МПа.}$$

2.2.3.5 Перевірка граничних станів

1. Міцність по нормальному перерізу:

Висота стиснутої зони бетону:

$$x = \frac{f_{pd} \cdot A_p}{f_{cd} \cdot b_{eff}} = \frac{695 \cdot 314}{14,5 \cdot 1160} = 12,9 \text{ мм.}$$

Оскільки $x = 12,9 \text{ мм} < h_f = 30,5 \text{ мм}$, переріз працює як прямокутний шириною 1160 мм.

Граничний момент:

$$M_{Rd} = f_{pd} \cdot A_p \cdot (d - 0,5x) = 695 \cdot 314 \cdot (190 - 6,45) \cdot 10^{-6} = 40 \text{ кНм.}$$

Умова $M_{Ed} = 33,81 \text{ кНм} \leq M_{Rd} = 40 \text{ кНм}$ виконується.

2. Міцність по похилому перерізу:

Гранична поперечна сила, яку сприймає бетон без поперечної арматури:
 $V_{Rd,c} \approx 90$ кН. Тобто умова $V_{Ed} = 24,59$ кН $\leq V_{Rd,c} = 90$ кН виконується.

3. Перевірка тріщиностійкості:

Перевірка тріщиностійкості виконується за граничним станом другої групи відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009 [13].

Обчислюємо момент тріщиноутворення за формулою:

$$M_{crc} = W_{red} \cdot (f_{ctm} + \sigma_{pc}) \quad (2.14)$$

де $f_{ctm} = 2,2$ МПа – середній опір бетону розтягу;

σ_{pc} – стискаюче напруження в бетоні нижньої грані від попереднього напруження:

$$\sigma_{pc} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{P \cdot e_{op}}{W_{red}} \quad (2.15)$$

Спочатку визначаємо силу попереднього напруження:

$$P = A_p \cdot \sigma_{p,eff} - 3,14 \cdot 394,4 = 123,84 \text{ кН}$$

де $A_p = 3,14$ см² – площа напруженої арматури;

$\sigma_{p,eff} = 394,4$ МПа – ефективне напруження після втрат.

Тоді:

$$\begin{aligned} \frac{P}{A_{red}} &= \frac{123,84}{1383} = 0,08955 \text{ МПа} \\ \frac{P \cdot e_{op}}{W_{red}} &= \frac{123,84 \cdot 8}{7500} = 1,321 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Отже,

$$\sigma_{pc} = 0,08955 + 1,321 = 2,2165 \text{ МПа}$$

$$M_{crc} = 7500 \cdot (2,2 + 2,2165) \cdot 10^{-2} = 33,12 \text{ кНм}$$

$$\text{тут } W_{red} = \frac{I_{red}}{y} = \frac{82500}{11} = 7500 \text{ см}^3.$$

Нормативний згинальний момент (від дії нормативного навантаження $q_{norm} = 6,55$ кН/м²):

$$M_{ser} = 30,5 \text{ кНм}$$

Перевірка:

$$M_{ser} = 30,5 \text{ кНм} < M_{crc} = 33,12 \text{ кНм}$$

Умова виконується. Тріщини в плиті не утворюються під нормативним навантаженням.

4. Розрахунок прогину:

Максимальний прогин від дії нормативного навантаження:

$$f = \frac{5 \cdot M \cdot L_{eff}^2}{48 \cdot E_{cm} \cdot I_{red}} = \frac{5 \cdot 30,5 \cdot 10^6 \cdot 5500^2}{48 \cdot 30000 \cdot 825 \cdot 10^6} = 3,8 \text{ мм.}$$

Допустимий прогин:

$$[f] = \frac{L_{eff}}{200} = \frac{5500}{200} = 27,5 \text{ мм.}$$

Умова $f = 3,8 \text{ мм} \leq [f] = 27,5 \text{ мм}$ виконується.

Відповідно до перевірок прийнята плита ПК 57-12-8 повністю задовольняє вимогам ДБН В.2.6-98:2009 за міцністю, тріщиностійкістю та жорсткістю [13].

3 ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

3.1 Загальні дані про об'єкт

Проектом передбачено будівництво індивідуального двоповерхового житлового будинку з підвальним поверхом. Об'єкт розташований у шевченківському районі м. Харків по вул. Батумській, 16. Будівля призначена для постійного проживання однієї сім'ї та належить до класу наслідків СС1 відповідно до вимог ДСТУ 8855:2019 [3]. Ступінь вогнестійкості будівлі – II.

Будинок має складну конфігурацію в плані з габаритними розмірами в осях 15,7 м × 18,0 м. Загальна площа будівлі становить 510,38 м², площа забудови – 205,39 м², будівельний об'єм – 1987,15 м³. Проектом передбачено підвальний, перший та другий поверхи, які функціонально об'єднані внутрішніми сходами.

Конструктивна схема будівлі прийнята з несучими повздовжніми та поперечними стінами. Просторова жорсткість забезпечується сумісною роботою несучих стін та збірних залізобетонних плит перекриття. Фундаменти будівлі – стрічкові збірно-монолітні. Підшва фундаменту виконується у вигляді монолітної залізобетонної подушки, а стіни підземної частини – із фундаментних бетонних блоків. Глибина закладання фундаментів прийнята 2,7 м від рівня планувальної відмітки землі, що обумовлено наявністю підвального поверху та інженерно-геологічними умовами майданчика.

Зовнішні несучі стіни запроектовано з газобетонних блоків марки D400 товщиною 250 мм з утепленням мінераловатними плитами товщиною 50 мм та облицюванням керамічною цеглою товщиною 120 мм. Загальна товщина зовнішньої стіни становить 460 мм. Внутрішні несучі стіни та перегородки виконуються з цегли. Перекриття прийняті зі збірних багатопустотних залізобетонних плит товщиною 220 мм. Покрівля будівлі – скатна, по дерев'яній кроквяній системі з влаштуванням організованого водовідведення.

Майданчик будівництва характеризується відносно спокійними інженерно-геологічними умовами. За результатами інженерно геологічних вишукувань у межах дослідженої глибини виділено ґрунтово-рослинний шар, суглинок світло-

бурий та суглинок темно-бурий [9]. Ґрунтові води під час проведення вишукувань до глибини 6 м не виявлені. Основою для фундаменту слугує суглинок у твердому стані, який має достатні фізико-механічні характеристики для сприйняття навантажень від будівлі.

Кліматичні умови району будівництва прийняті відповідно до вимог чинних нормативних документів. Розрахункова температура зовнішнього повітря у зимовий період становить $-25,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1, 2]. Нормативне снігове навантаження для району будівництва складає $1,6\text{ кПа}$, а вітрове навантаження – $0,43\text{ кПа}$ [1, 2].

У даному розділі розробляється технологічна карта на влаштування збірно-монолітних стрічкових фундаментів. Технологічна карта охоплює комплекс робіт, пов'язаних із підготовкою основи, земляними роботами, влаштуванням монолітної залізобетонної подушки, монтажем фундаментних блоків, а також визначенням необхідних машин, механізмів, трудових ресурсів і тривалості виконання робіт.

3.2 Розробка технологічної карти на влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту

3.2.1 Область застосування

Дана технологічна карта розроблена на виконання комплексу робіт із влаштування збірно-монолітних стрічкових фундаментів індивідуального житлового будинку, що проєктується у м. Харків. Технологічна карта призначена для організації та виконання робіт нульового циклу під час будівництва двоповерхового житлового будинку з підвальним поверхом.

Карта поширюється на виконання робіт з підготовки основи, розробки котловану, влаштування монолітної залізобетонної фундаментної подушки, монтажу фундаментних блоків. Герметизації та заповнення монтажних швів, а також виконання супутніх робіт, пов'язаних із контролем якості та забезпеченням безпечних умов праці.

Роботи виконуються в умовах відсутності ґрунтових вод у межах розроблюваного котловану. Основою фундаментів слугують суглинки твердого

стану з достатніми фізико-механічними характеристиками. Глибина закладання фундаментів становить 2,7 м від рівня планувальної відмітки землі.

Монтаж фундаментних блоків передбачається виконувати із застосуванням автомобільного крана. Подавання бетонної суміші для влаштування монолітної подушки здійснюється безпосередньо автобетонозмішувачем або за допомогою бетононасоса залежно від умов виконання робіт та організації будівельного майданчика.

Технологічна карта розроблена відповідно до вимог чинних нормативних документів України з організації будівельного виробництва, технології виконання бетонних і монтажних робіт, охорони праці та пожежної безпеки. Перед початком виконання робіт необхідно завершити підготовчі заходи, виконати геодезичне винесення осей будівлі, забезпечити під'їзди для будівельної техніки та організувати тимчасове електро- і водопостачання будівельного майданчика.

3.2.2 Технологія виконання робіт

Технологія виконання робіт із влаштування збірно-монолітних стрічкових фундаментів передбачає послідовне виконання підготовчих, земляних, бетонних та монтажних процесів відповідно до вимог чинних нормативних документів і технології будівельного виробництва.

До початку основних робіт на будівельному майданчику виконуються підготовчі заходи: очищення території від сторонніх предметів та рослинного шару, організація тимчасових під'їзних шляхів, підведення тимчасового електро- та водопостачання, встановлення огороження будівельного майданчика та попереджувальних знаків. Після завершення підготовчих робіт виконується геодезичне винесення осей будівлі в натуру та закріплення основних розбивочних осей.

Розробка котловану здійснюється механізованим способом за допомогою одноковшевого екскаватора. Ґрунт розробляється до проєктної відмітки підосви фундаменту з урахуванням необхідного технологічного запасу для влаштування

бетонної підготовки та фундаментної подушки. Остаточне доопрацювання основи виконується вручну без порушення природної структури ґрунту. Надлишковий ґрунт вивозиться автосамоскидами, а частина ґрунту тимчасово складається на майданчику для подальшої зворотної засипки пазух фундаменту.

Після завершення земляних робіт виконується улаштування підготовки під фундамент. Основа ретельно очищується та ущільнюється. Для забезпечення рівної та міцної поверхні під монолітну фундаментну подушку передбачається влаштування бетонної підготовки з бетону класу С8/10 товщиною 100 мм.

Після набору початкової міцності бетонної підготовки виконуються роботи з улаштування монолітної залізобетонної фундаментної подушки. Монтується інвентарна щитова опалубка, виконується встановлення арматурних каркасів та окремих стрижнів відповідно до робочих креслень. Арматурні елементи встановлюються із забезпеченням необхідного захисного шару бетону за допомогою пластикових фіксаторів.

Бетонування фундаментної подушки здійснюється бетонною сумішшю заводського виготовлення з подаванням автобетонозмішувачем або бетононасосом безпосередньо в конструкцію. Укладання бетонної суміші виконується шарами з обов'язковим ущільненням глибинними вібраторами для запобігання утворенню пустот та забезпечення необхідної щільності бетону. Після завершення бетонування відкриті поверхні бетону захищаються від передчасного висихання та атмосферних впливів. Догляд за бетоном здійснюється відповідно до температурно-вологісного режиму навколишнього середовища.

Після досягнення бетоном необхідної міцності виконується монтаж фундаментних блоків. Монтаж здійснюється автомобільним краном із дотриманням вимог безпеки під час виконання вантажопідіймальних робіт. Блоки встановлюються на цементно-піщаний розчин із перевіркою правильності положення по осях, вертикальності та горизонтальності. Монтаж фундаментних блоків ведеться послідовно по захватках відповідно до монтажної схеми. Вертикальні та горизонтальні шви між блоками заповнюються цементно-піщаним розчином із ретельним ущільненням.

Після завершення монтажу фундаментів виконуються роботи з улаштування вертикальної та горизонтальної гідроізоляції підземної частини будівлі. Поверхні фундаментів очищуються від забруднень, після чого наносяться гідроізоляційні матеріали відповідно до проектних рішень.

Зворотна засипка пазух фундаменту виконується після завершення гідроізоляційних робіт. Засипання проводиться місцевим ґрунтом пошарово з ущільненням кожного шару механізованим способом. Товщина ущільнюваного шару приймається відповідно до типу ущільнювального обладнання та характеристик ґрунту.

У процесі виконання робіт здійснюється постійний контроль якості будівельно-монтажних робіт, дотримання проектних відміток, правильності монтажу конструкцій, якості бетонної суміші та ущільнення ґрунту. Особлива увага приділяється дотриманню вимог охорони праці, техніки безпеки та безпечної експлуатації будівельних машин і механізмів.

3.2.3 Відомість обсягів робіт

Для визначення трудомісткості, потреби в матеріально-технічних ресурсах та тривалості виконання робіт складається відомість обсягів робіт на влаштування збірно-монолітних стрічкових фундаментів.

Обсяги робіт визначаються за робочими кресленнями та конструктивними рішеннями проекту відповідно до діючих нормативних документів.

Види та обсяги робіт наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Відомість обсягів робіт

№	Найменування робіт	Формула	Од. вим.	Обсяг робіт
1	2	3	4	5
1	Планування території	$(15,7 + 4,0) \cdot (18 + 4,0)$	м ²	433,4
2	Зрізка рослинного шару	$S_{\text{план}} \cdot 0,65 \text{ м}$	м ³	281,7
3	Розробка ґрунту екскаватором	Об'єм з урахуванням укосів 1:0,5 та робочої зони	м ³	1047,3
4	Ручна доробка ґрунту	$S_{\text{котл}} \cdot 0,1 \text{ м}$	м ³	36,2
5	Ущільнення основи	$(15,7 + (0,5 + 0,6) \cdot 2) +$ $(18,0 + (0,5 + 0,6) \cdot 2)$	м ²	361,6
6	Бетонна підготовка	$99 \cdot (1,0 + 0,2) \cdot 0,1$	м ³	11,9
7	Влаштування монолітної залізобетонної стрічкової подушки фундаменту	$(L_{\text{зовн}} \cdot 1,0 \cdot 0,3) +$ $(L_{\text{внутр}} \cdot 1,2 \cdot 0,3)$	м ³	31,6
8	Монтаж фундаментних блоків	За специфікацією (68 + 29 + 110)	шт.	207
9	Гідроізоляція фундаментів	$99 \cdot 1,8 \cdot 2$	м ²	356,4
10	Зворотна засипка	$V_{\text{котл}} - V_{\text{підзем.ч.}}$	м ³	492,7

3.2.4 Підбір машин і механізмів

Для виконання комплексу робіт з влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту відповідно до обсягів робіт (табл. 3.1), прийнятої технології та інженерно-геологічних умов майданчика підібрано комплект будівельних машин і механізмів, який забезпечує комплексну механізацію, високу продуктивність та дотримання вимог безпеки.

Підбір здійснено з урахуванням:

- Обсягів виконуваних робіт (розробка котловану – 1047,3 м³, зворотна засипка – 492,7 м³, монтаж 207 блоків ФБС, бетонування – 31,6 м³);
- Габаритів будівлі в осях 15,7 × 18,0 м та глибини закладення фундаменту 2,7 м;

- Масових характеристик монтажних елементів (маса блоку ФБС 24.4.6 $\approx 1,3$ т);
 - Необхідності подачі бетону на відстань до 15-18 м;
 - Вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [16].
- Основні машини та механізми наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Підбір машин і механізмів

№	Найменування робіт	Машина / механізм	Марка (модель)	Основні технічні характеристики	К-сть	Обґрунтування
1	2	3	4	5	6	7
1	Планування та зрізка рослинного шару	Бульдозер	Дз-171	Потужність 121 кВт, ширина відвалу 3,2 м	1	Об'єм робіт 281,7 м ³
2	Розробка котловану	Одноковшевий екскаватор	Hitachi ZX-200	Ківш 0,9–1,1 м ³ , глибина копання до 6,5 м	1	Об'єм розробки ґрунту 1047,3 м ³
3	Транспортування ґрунту	Автосамоскид	КамАЗ-65115	Вантажопідйомність 20 т	2-3	Загальний об'єм вивезення ґрунту $\approx 750-800$ м ³
4	Ущільнення основи та зворотної засипки	Віброплита	ВП-90	Маса 90–150 кг, глибина ущільнення до 35 см	2	Площа ущільнення 361,6 м ²
5	Подача та укладання бетонної суміші	Автобетонозмішувач + бетононасос	КАМАЗ + Putzmeister	Об'єм барабана 7–9 м ³ , подача 40–60 м ³ /год	1+1	Бетонування монолітної подушки об'ємом 31,6 м ³

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
6	Ущільнення бетонної суміші	Глибинний вібратор	ІВ-116 (або ІВ-47)	Діаметр наконечника 76 мм	2-3	Ущільнення бетону монолітної залізобетонної подушки
7	Монтаж фундаментних блоків	Автомобільний кран	КС-55713 «Галичанин»	Вантажопідйомність 25 т, виліт стріли до 28 м	1	Монтаж 207 шт. фундаментних блоків ФБС (маса блоку до 2 т)
8	Зворотна засипка пазах котловану	Екскаватор-навантажувач	ЈСВ 3СХ	Ківш 1,0 м ³ (фронтальний)	1	Об'єм зворотної засипки 492,7 м ³

Обґрунтування вибору монтажного крана

Вибір автомобільного крана обґрунтовується розрахунком основних монтажних параметрів: вантажопідйомності, висоти підйому гака та необхідного вильоту стріли.

1. Необхідна вантажопідйомність крана визначається за масою найбільшого монтажного елемента – фундаментного блоку ФБС 24.4.6:

$$Q_{\text{необх}} = (m_{\text{ел}} + m_{\text{стр}}) \cdot k \quad (3.1)$$

де $m_{\text{ел}} = 1,3$ т – маса блоку;

$m_{\text{стр}} = 0,1$ т – маса стропів;

$k = 1,1$ – коефіцієнт запасу.

$$Q_{\text{необх}} = (1,3 + 0,1) \cdot 1,1 = 1,54 \text{ т}$$

2. Необхідна висота підйому гака:

$$H_{\text{необх}} = h_{\text{тр}} + h_{\text{зап}} + h_{\text{ел}} + h_{\text{стр}} \quad (3.1)$$

де $h_{\text{тр}}$ – висота транспортного засобу (платформи або кузова), з якого здійснюється підйом елемента;

$h_{\text{зап}}$ – технологічний запас по висоті для безпечного переміщення вантажу (приймається 0,5 м);

$h_{\text{ел}}$ – висота монтажного елемента;

$h_{\text{стр}}$ – довжина стропувальних пристроїв.

У даному випадку:

$$H_{\text{необх}} = 1,5 + 0,5 + 0,6 + 2,0 = 4,6 \text{ м}$$

3. Необхідний виліт стріли приймається з урахуванням габаритів будівлі та розміщення крана поза призмою обвалення котловану: $L_{\text{необх}} \approx 12 - 14 \text{ м}$.

Аналіз технічних характеристик автомобільного крана КС-55713-1 «Галичанин» показує, що при робочому вильоті стріли 14,0 м його вантажопідйомність становить 2,1 т, що перевищує розрахункову потребу (1,54 т). Це забезпечує достатній запас міцності та дозволяє виконувати монтаж фундаментних блоків без ризику перевантаження механізмів крана.

Вантажна характеристика крана наведена на рисунку 3.1.

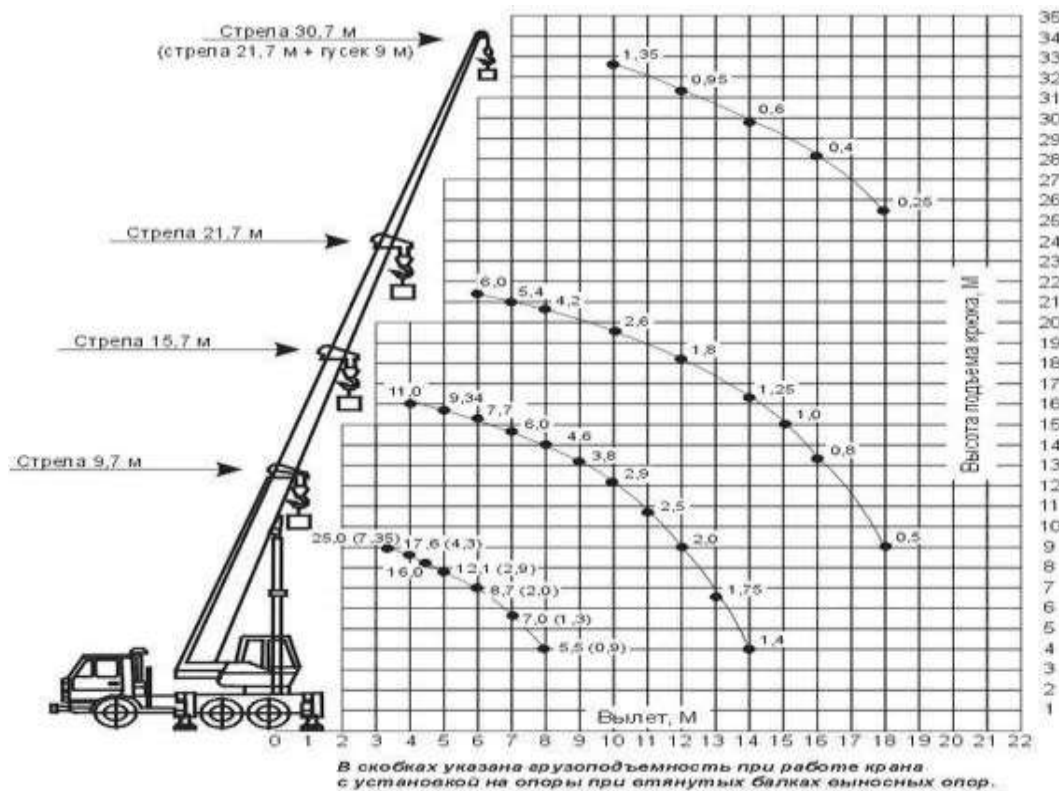


Рисунок 3.1 - Вантажна характеристика крана КС-55713-1 «Галичанин»

Обґрунтування вибору інших машин і механізмів

Для розробки котловану прийнято одноковшевий екскаватор Hitachi ZX-200 з місткістю ковша 0,9 м³. Такий тип машини забезпечує ефективне виконання земляних робіт об'ємом 1047,3 м³ та дозволяє вести розробку котловану глибиною 2,7 м без улаштування додаткових з'їздів за рахунок великого радіусу копання.

Транспортування надлишкового ґрунту здійснюється автосамоскидами КамАЗ-65115 вантажопідйомністю 20 т, що забезпечує раціональну організацію вивезення ґрунту за межі будівельного майданчика при мінімальній кількості рейсів.

Подача бетонної суміші для влаштування монолітної подушки об'ємом 31,6 м³ виконується автобетонозмішувачами з використанням бетононасоса Putzmeister. Це дозволяє рівномірно укладати бетон по всьому периметру фундаменту, уникаючи пошкодження стінок котловану та мінімізуючи ручну працю.

Для ущільнення бетонної суміші застосовуються глибинні вібратори ІВ-116, які забезпечують необхідну щільність та однорідність бетону. Ущільнення основи та зворотної засипки об'ємом 492,7 м³ виконується віброплитами ВП-90, що дозволяє досягти проектної щільності ґрунту в обмежених умовах пазух котловану.

Прийнятий комплект машин і механізмів забезпечує комплексну механізацію будівельних процесів, підвищення продуктивності праці та повну відповідність технології виконання робіт нульового циклу.

3.2.5 Розрахунок трудомісткості та тривалості виконання робіт

Визначення витрат праці робітників та часу роботи будівельних машин є одним з основних етапів розробки технологічної карти. Ці розрахунки дозволяють встановити нормативну трудомісткість робіт, чисельність робітників та тривалість виконання кожного виду робіт у днях.

Розрахунок трудомісткості виконано відповідно до Кошторисних норм України (КНУ) – ресурсних елементних кошторисних норм на будівельні роботи

(РЕКН) та Настанови з визначення вартості будівництва (наказ Міністерства розвитку громад та територій України від 01.11.2021 № 281 зі змінами) [17-21].

Витрати праці робітників (T_p , люд.-год) та машинного часу ($T_{\text{маш}}$, маш.-год) визначаються за формулами:

$$T_p = V \cdot N_{\text{ч}} \quad (3.2)$$

та

$$T_{\text{маш}} = V \cdot N_{\text{маш}} \quad (3.3)$$

де V – обсяг робіт у відповідних одиницях виміру;

$N_{\text{ч}}$ – норма витрат праці робітників на одиницю обсягу, люд.-год;

$N_{\text{маш}}$ – норма часу роботи машини на одиницю обсягу, маш.-год.

Отримані значення переведено у людино-зміни та машино-зміни (при 8-годинній тривалості робочої зміни).

Результати розрахунків витрат праці, машинного часу та тривалості робіт для влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту зведено в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Калькуляція витрат праці

№	№ пар. ДБН	Найменування робіт	Од. виміру	Обсяг	Норма часу		Трудо- і машиномісткість		Склад ланки	Прийнято маш., шт.	Зміни	Дні
					Люд.-год.	Маш.-год.	Люд.-зм.	Маш.-зм.				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	1-30-3	Планування території буд. майданчика	1000 м ²	0,43 34	0,29	0,29	0,016	0,016	Маш. бульд. 5р. - 1	1	1	0,5
2	1-25-6	Зрізка рослинного шару	1000 м ³	0,28 1	6,97	6,97	0,245	0,245	Маш. бульд. 5р. - 1	1	1	0,5
3	1-17-2	Розробка ґрунту екскаватором	1000 м ³	1,04 7	11,73	25,5	1,535	3,337	Маш. екскав. 5р. - 1	1	1	3
4	1-163-8 1.3.180	Ручна доробка ґрунту	100 м ³	0,36 2	603,84	-	27,323	-	Землек опи: 3р. - 2, 2р - 2	-	1	6
5	1-136-1	Ущільнення основи	100 м ²	3,61 6	1,21	1,21	0,547	0,547	Дорожні роб. 2р - 2	2	1	0,5

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	6-1-1	Бетонна підготовка	100 м ³	0,119	150,7	6,97	2,242	0,104	Бетонники: 3р. – 1, 2р. – 1	1	1	1
7	6-1-23	Влаштування монолітної залізобетонної стрічкової подушки фундаменту	100 м ³	0,316	323,85	21,49	12,792	0,849	Бетонники: 4р. – 1, 3р. – 2; Арматурники: 3р. – 2; Машиніст крана 5р. – 1	1	2	1
8	7-42-4	Монтаж збірних фундаментних блоків	100 шт.	2,07	150,8	45,68	39,019	11,819	Машиніст крана 5р. – 1; Монтажники: 4р. – 1, 3р. – 1, 2р. – 1	1	1	11
9	8-3-7	Улаштування гідроізоляції	100 м ²	3,564	33,5	-	14,924	-	Ізолювальники 4р. – 1, 3р. – 1	-	1	7
10	1-27-5	Зворотна засипка пазух фундаменту	1000 м ³	0,4927	10,37	10,37	0,639	0,639	Машиніст навантаж. 5р. – 1	1	1	0,5
11	1-134-1	Ущільнення зворотної засипки	100 м ³	4,927	18,36	4,45	11,307	2,741	Дорожні роб. 2р. – 2	1	1	5

На основі проведеного розрахунку калькуляції витрат праці та машинного часу (див. табл. 3.3), загальна нормативна трудомісткість виконання комплексного процесу робіт нульового циклу становить 110,589 люд.-зм., а сумарна потреба в машинному часі провідних будівельних машин і механізмів складає 30,839 маш.-зм.

3.2.6 Техніка безпеки та охорона праці

При організації та виконанні робіт із влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту необхідно суворо дотримуватись вимог чинних нормативно-правових актів з охорони праці, зокрема ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» та НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках» [22, 23]. До виконання будівельно-монтажних робіт допускаються особи, не молодші 18 років, які пройшли обов'язковий медичний огляд, вступний та первинний інструктажі на робочому місці, а також навчання з безпечних методів праці. Усі працівники на будівельному майданчику мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), що відповідають характеру виконуваних робіт, включаючи захисні каски, спецвзуття та спецодяг. Межі небезпечних зон від дії машин та механізмів повинні бути чітко позначені знаками безпеки та сигнальними стрічками.

Земляні роботи з розробки котловану ведуться механізованим способом за допомогою одноковшевого екскаватора Hitachi ZX-200 на проєктну глибину 2,7 м з урахуванням стійкості укосів 1:0,5. Під час роботи екскаватора суворо забороняється перебування людей, виконання інших робіт або складування матеріалів у радіусі дії його стріли плюс 5 метрів, а також у межах призми можливого обвалення ґрунту. Ручна доробка ґрунту обсягом 36,2 м³ дозволяється лише після перевірки майстром стійкості укосів та відсутності загрози зсуву масиву. Для безпечного спуску працівників у котлован і виходу з нього обов'язково обладнуються надійні драбини з поручнями.

Бетонні роботи з улаштування монолітної залізобетонної стрічкової подушки обсягом 31,6 м³ повинні виконуватись із застосуванням справного обладнання та інструменту. Подача бетонної суміші автобетононасосом Putzmeister координується за допомогою постійного двостороннього зв'язку між оператором та бетонярем-сигнальником. При ущільненні бетонної суміші за допомогою глибинних вібраторів ІВ-116 необхідно суворо дотримуватись вимог

електробезпеки. Бетонярі, які працюють із вібраторами, мають бути забезпечені діелектричними гумовими чоботами та рукавицями, а переміщення вібратора за живильний кабель чи гнучкий вал категорично забороняється.

Монтаж 207 збірних фундаментних блоків ФБС виконується за допомогою автомобільного крана КС-55713 «Галичанин» під безпосереднім керівництвом особи, відповідальної за безпечне проведення робіт. Спосіб стропування блоків масою до 2 тон повинен повністю виключати можливість їх падіння або ковзання під час підйому. Забороняється перебування людей під піднятим вантажем, а також у зоні його можливого падіння. Монтажники можуть наближатися до блоку ФБС для його встановлення лише після того, як вантаж буде опущений на висоту не більше 30 см від рівня проектної постелі. Для розвороту та утримання блоків під час переміщення слід використовувати спеціальні прядив'яні відтяжки.

При виконанні гідроізоляційних робіт на поверхні фундаментів обсягом 356,4 м² слід дотримуватись правил безпечної роботи з токсичними та пожежонебезпечними бітумними матеріалами. Працівники мають бути забезпечені респіраторами та захисними окулярами для запобігання ураженню органів дихання та очей. Робочі місця обов'язково обладнуються первинними засобами пожежогасіння (вогнегасниками ОП-5 та піском), а використання відкритого вогню чи куріння в радіусі 25 метрів від місця нанесення мастик суворо заборонено.

Зворотна засипка пазух котловану обсягом 492,7 м³ виконується місцевим ґрунтом шарами з обов'язковим ущільненням віброплитами ВП-90. Під час роботи екскаватора-навантажувача JCB 3СХ та ущільнювальної техніки перебування людей у зоні їхньої дії суворо забороняється. Усі процеси нульового циклу мають супроводжуватися постійним інженерним контролем за дотриманням проектних рішень та вимог безпеки праці.

3.2.7 Техніко-економічні показники

Техніко-економічні показники (ТЕП) розраховуються з метою комплексної оцінки ефективності, економічної доцільності та раціональності прийнятих організаційно-технологічних рішень і методів виконання робіт нульового циклу із влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту житлового будинку.

Розрахунок основних аналітичних і питомих показників виконано на основі відомості обсягів робіт та калькуляції витрат праці й машинного часу:

1. Загальна нормативна трудомісткість робітників ($\sum T_p$):

$$\sum T_p = 110,59 \text{ люд.} - \text{зм.}$$

2. Сумарні витрати машинного часу провідних машин ($\sum T_{\text{маш}}$):

$$\sum T_{\text{маш}} = 30,84 \text{ маш.} - \text{зм.}$$

3. Питома трудомісткість за провідними конструктивними елементами (q):

– На влаштування 1 м³ монолітної залізобетонної стрічкової подушки фундаменту:

$$q_{\text{бет}} = \frac{12,792 \text{ люд.} - \text{зм.} \cdot 8 \text{ год.}}{31,6 \text{ м}^3} = 3,24 \text{ люд.} - \text{год.} / \text{м}^3$$

– На монтаж 1 збірного фундаментного блока ФБС:

$$q_{\text{блок}} = \frac{39,019 \text{ люд.} - \text{зм.} \cdot 8 \text{ год.}}{207 \text{ шт.}} = 1,51 \text{ люд.} - \text{год.} / \text{шт.}$$

4. Середній виробіток одного робітника в натуральних показниках за зміну (B):

– На влаштуванні монолітної залізобетонної подушки:

$$B_{\text{бет}} = \frac{31,6 \text{ м}^3}{12,792 \text{ люд.} - \text{зм.}} = 2,47 \text{ м}^3 / \text{люд.} - \text{зм.}$$

– На монтажі фундаментних блоків ФБС:

$$B_{\text{бет}} = \frac{207 \text{ шт.}}{39,019 \text{ люд.} - \text{зм.}} = 5,30 \text{ шт.} / \text{люд.} - \text{зм.}$$

Підсумкові техніко-економічні показники технологічної карти зведені в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Техніко-економічні показники технологічної карти

№ п/п	Найменування показника	Одиниці виміру	Значення показника
1	2	3	4
1	Загальна нормативна трудомісткість робітників	люд.-зм. (люд.-год.)	110,59 (884,71)
2	Сумарні витрати машинного часу	маш.-зм. (маш.-год.)	30,84 (246,71)
3	Загальна тривалість виконання робіт	дні	35
4	Питома трудомісткість на влаштування 1 м³ монолітної подушки	люд.-год. / м³	3,24
5	Питома трудомісткість на монтаж 1 фундаментного блока ФБС	люд.-год. / шт.	1,51
6	Середній виробіток одного робітника на бетонуванні подушки	м³ / люд.-зм.	2,47
7	Середній виробіток одного робітника на монтажі блоків ФБС	шт. / люд.-зм.	5,3

Висновок: Розраховані техніко-економічні показники свідчать про високу ефективність прийнятих методів механізації нульового циклу (використання екскаватора Hitachi ZX-200 та крана КС-55713). Отримані значення питомої трудомісткості та виробітку відповідають сучасним нормативним вимогам будівельного виробництва в Україні, мінімізують ручну працю та забезпечують планомірне зведення підземної частини об'єкта.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Викладення питань безпеки праці в межах кваліфікаційної роботи базується на чинній законодавчій та нормативно-правовій базі України у сфері охорони праці. Основним правовим актом є Закон України «Про охорону праці» [24], який встановлює державні гарантії щодо реалізації конституційного права громадян на безпечні та здорові умови праці. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципі пріоритету життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності.

При проектуванні та будівництві об'єкта враховуються також вимоги таких нормативних документів, як:

- ДБН А.3.2-2:2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [22];
- НПАОП 45.2-7.03-17 «Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках» [23];
- ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять» [25];
- Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища важкості та напруженості трудового процесу» [26];
- ДБН В.1.2-9:2021 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації» [27];
- ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій» [5].

Об'єктом проектування є двоповерховий індивідуальний житловий будинок з підвалом, який має складну конфігурацію в плані з габаритними розмірами в осях 15,7 м × 18,0 м. Загальна площа будинку становить 510,38 м², площа забудови – 205,39 м², загальний будівельний об'єм – 1987,15 м³. Будинок розташований у

лісопарковій зоні Шевченківського району м. Харків за адресою вул. Батумська, 16. Відповідно до ДСТУ 8855:2019 об'єкт належить до класу наслідків СС1 (незначні наслідки), ступінь вогнестійкості будівлі – II [3].

Конструктивні рішення включають стрічкові збірно-монолітні фундаменти, зовнішні стіни з автоклавного газобетону марки D400 товщиною 250 мм з утепленням і облицюванням, збірні залізобетонні перекриття.

З соціально-економічного погляду, дотримання вимог охорони праці є важливим як з гуманної точки зору (збереження життя та здоров'я працівників), так і з економічної – зменшення ризиків простоїв, пошкодження техніки, виплат компенсацій та штрафів у разі нещасних випадків.

Виходячи із загальних засад охорони праці та безпеки життєдіяльності, основними цілями даного розділу є виявлення потенційних небезпечних і шкідливих виробничих факторів на всіх основних етапах будівництва об'єкта (від виконання робіт нульового циклу до монтажу конструкцій надземної частини та влаштування покрівлі), оцінка ризиків їх реалізації та розробка організаційно-технічних і архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на усунення або суттєве зниження впливу цих факторів на працівників.

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек

В даному підрозділі наведено аналіз умов праці та джерел потенційної небезпеки на об'єкті проектування з урахуванням особливостей технологічних процесів зведення двоповерхового індивідуального житлового будинку. Ідентифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів виконана відповідно до ДСТУ 2293:2014 [25] та Наказу МОЗ України № 248 від 08.04.2014 [26].

За характером дії виявлені фактори належать до фізичних, хімічних та психофізіологічних груп. Біологічні фактори (патогенні мікроорганізми) на будівельному майданчику відсутні.

1. Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- Машини і механізми, що рухаються, та рухомі частини устаткування – джерелом є робота екскаватора Hitachi ZX-200, автомобільного крана КС-55713 «Галичанин», автосамоскидів та автобетонозмішувачів. Небезпека найбільша у зоні дії техніки на робочих місцях монтажників, стропальників і машиністів.

- Конструкції, що руйнуються, та ґрунти, що обрушуються – присутній при розробці котловану глибиною 2,7 м через тиск ґрунту та динамічні навантаження техніки.

- Робота на висоті – ризик падіння працівників при муруванні стін, монтажі плит перекриття та влаштуванні покрівлі.

- Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі – на робочих місцях бетонярів при використанні глибинних вібраторів ІВ-116 та ручного електроінструменту.

- Підвищена запиленість повітря робочої зони – виникає при земляних роботах, різанні газобетону та бетонних роботах.

- Гострі крайки, задирки та шорсткість поверхонь – при роботі з арматурою та будівельними матеріалами.

2. Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- Токсичні та дратівні речовини – діють при виконанні гідроізоляційних робіт (бітумні мастики, праймери) та при контакті з цементним розчином М100 на робочих місцях ізолювальників, мулярів та бетонярів.

3. Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- Фізичні перевантаження (статичні та динамічні) – характерні для мулярів, бетонярів та землекопів через значний обсяг ручної праці.

- Нервово-психічні перевантаження – найбільш виражені у машиністів екскаватора та крана через високу відповідальність і роботу в стиснених умовах.

Порівняльний аналіз з нормативними вимогами показує, що без застосування засобів колективного та індивідуального захисту рівні шуму від двигунів будівельних машин та механізмів, запиленості повітря при виконанні земляних робіт і різанні газобетону, а також дії інших виявлених шкідливих факторів можуть

перевищувати допустимі значення, встановлені ДСН 3.3.6.037-99 [28], ДСН 3.3.6.042-99 [29] та іншими санітарними нормами.

Проведений аналіз свідчить, що повністю усунути вплив більшості виявлених факторів неможливо через технологічну специфіку зведення конструкцій будівлі. Однак їх негативний вплив та ризик реалізації потенційних небезпек може бути суттєво знижений до прийнятного рівня.

Отримані результати обумовлюють необхідність проведення кількісної оцінки ризиків для конкретних робочих місць будівельного майданчика та розробки комплексу організаційно-технічних заходів.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проєктування

Для проведення кількісного та якісного аналізу безпеки праці під час влаштування збірно-монолітного стрічкового фундаменту застосовано матричний метод оцінювання ризиків відповідно до прийнятої науково-методичної бази [30]. Цей метод дозволяє класифікувати та оцінити ризик виникнення конкретних небезпек за ступенем їхньої припустимості, системно поєднуючи два ключові параметри: категорію серйозності наслідків (від катастрофічної до незначної) та рівень ймовірності виникнення небажаної події протягом життєвого циклу об'єкта (від частої до неймовірної).

Для проведення детального дослідження було виділено три ключові професії, які безпосередньо задіяні у виконанні найбільш відповідальних та ризикованих процесів нульового циклу на будівельному майданчику.

4.3.1 Оцінювання ризиків на робочому місці машиніста автомобільного крана

Машиніст автомобільного крана виконує підйом, переміщення та утримання збірних фундаментних блоків ФБС масою до 2 тонн за допомогою крана КС-55713 «Галичанин». Основними джерелами небезпеки для цієї професії є робота вантажопідіймального механізму поблизу призми обвалення котловану глибиною 2,7 м, а також постійний вплив шуму працюючого двигуна крана.

Результати ідентифікації та матричного оцінювання ризиків для машиніста крана зведено в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Матриця оцінки ризиків для машиніста автомобільного крана

Вид потенційної небезпека	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Перекидання крана або зсув ґрунту укосу котловану під виносними опорами	I (Катастрофічна)	D (Віддалена)	1D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування або защемлення рухомими елементами крана при обслуговуванні	II (Критична)	D (Віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Падіння машиніста з висоти під час підйому або спуску з кабіни керування	III (Гранична)	C (Час від часу)	3C	Небажаний (гранично допустимий)
Вплив підвищеного шуму та вібрації від тривалої роботи двигуна крана	IV (Незначна)	B (Вірогідно)	4B	Припустимий з перевіркою (прийнятний)

Висновок за робочим місцем: Виявлені небажані ризики з індексами 1D, 2D та 3C вимагають обов'язкового впровадження інженерно-технічних рішень у наступних підрозділах, спрямованих на контроль встановлення крана поза зоною призми обвалення та обов'язкове використання систем блокування.

4.3.2 Оцінювання ризиків на робочому місці будівельного монтажника (стропальника)

Монтажник під безпосереднім керівництвом особи, відповідальної за безпечне проведення робіт, здійснює стропування блоків ФБС, їх супровід за допомогою відтяжок, приймання у котловані та встановлення на проєктну постіль. Робоче місце характеризується високим рівнем динамічних небезпек від вантажу, що переміщується, та ризиком падіння з укосів.

Результати матричного оцінювання ризиків для монтажника (стропальника) наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Матриця оцінки ризиків для будівельного монтажника

Вид потенційної небезпека	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Падіння монтажника в котлован глибиною 2,7 м під час руху по брівці	II (Критична)	C (Час від часу)	2C	Небажаний (гранично допустимий)
Затискання або притискання тіла блоком ФБС під час його опускання на дно	II (Критична)	D (Віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Раптове обрушення укосу котловану під час перебування монтажника на дні	I (Катастрофічна)	D (Віддалена)	1D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування рук гострими крайками або задирками монтажних петель блоків	IV (Незначна)	A (Часта)	4A	Припустимий з перевіркою (прийнятний)

Висновок за робочим місцем: Оскільки індекси 1D, 2C та 2D належать до категорії небажаних, технологічний процес монтажу має передбачати суворі обмеження, такі як наближення до блоку лише на висоті до 30 см від постелі, використання перевірених сертифікованих стропів та організацію інвентарних маршових драбин для спуску в котлован.

4.3.3 Оцінювання ризиків на робочому місці бетоняра

Бетоняр виконує приймання бетонної суміші об'ємом 31,6 м³ від автобетононасоса Putzmeister та її пошарове ущільнення ручними глибинними вібраторами ІВ-116. Головними факторами небезпеки на цьому робочому місці є наявність підвищеної напруги в електричному ланцюзі вібратора, локальна вібрація, а також прямий контакт зі шкідливим лужним середовищем бетонної суміші.

Результати матричного оцінювання ризиків для бетоняра зведено в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Матриця оцінки ризиків для бетоняра

Вид потенційної небезпека	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції кабелю вібратора	II (Критична)	D (Віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування гнучким шлангом бетононасоса при гідроударі чи зміні тиску	II (Критична)	D (Віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Розвиток вібраційної хвороби через тривале утримання корпусу вібратора	III (Гранична)	B (Вірогідно)	3B	Небажаний (гранично допустимий)
Хімічне подразнення очей та шкіри при потраплянні бризок цементного розчину	IV (Незначна)	A (Часта)	4A	Припустимий з перевіркою (прийнятний)

Висновок за робочим місцем: Наявність небажаних рівнів ризику (2D, 3B) свідчить про необхідність обов'язкового впровадження технічних рішень з електробезпеки (пристрої захисного відключення, діелектричні ЗІЗ) та суворого контролю режимів праці й відпочинку з метою зниження шкідливого вібраційного впливу на організм бетоняра.

Узагальнюючи результати проведеного аналізу, можна констатувати, що більшість ідентифікованих ризиків нульового циклу будівництва мають індекси 1D, 2C, 2D, 3B, 3C і класифікуються як небажані (гранично допустимі). Відповідно до загальноприйнятих принципів управління безпекою праці, це обумовлює необхідність розробки в наступному підрозділі цільових організаційно-технічних та архітектурно-планувальних заходів, здатних знизити ці ризики до безпечного та мінімально можливого рівня.

4.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проєктування

На основі проведеного матричного аналізу та виявлених гранично допустимих (небажаних) індексів ризику для основних робочих місць нульового циклу, було розроблено комплекс цільових організаційних, технічних та технологічних заходів. Відповідно до загальної методології управління ризиками, для небезпек із критичними рівнями пріоритет надано жорстким інженерно-технічним рішенням, тоді як для прийнятних факторів застосовано заходи організаційного та інформаційного характеру.

4.4.1 Організаційні заходи з охорони праці

Організаційне забезпечення безпеки праці на будівельному майданчику є базовою умовою для мінімізації помилок, зумовлених людським фактором. Система навчання та інструктажів передбачає обов'язкове проведення вступного, первинного, повторного та цільових інструктажів з охорони праці для всього лінійного персоналу, причому допуск до самостійної роботи без фіксації інструктажу у спеціальних журналах категорично забороняється.

Окрему увагу приділено суворим кваліфікаційним вимогам до професійної підготовки персоналу, згідно з якими до керування екскаватором Hitachi ZX-200, автомобільним краном КС-55713 та ущільнювальною технікою допускаються

виключно особи з відповідними посвідченнями, які пройшли спеціальне щорічне навчання. Інформаційне забезпечення на території майданчика реалізується через обов'язкове застосування сигнальних кольорів та знаків безпеки, якими позначаються межі ділянок розробки котловану та монтажу блоків ФБС.

Для захисту організму працівників (особливо землекопів та бетонярів, які працюють із ручними глибинними вібраторами ІВ-116) від тривалого статико-динамічного навантаження впроваджується раціональний режим праці та відпочинку, що включає чітко регламентовані внутрішньо змінні перерви.

4.4.2 Технічні та технологічні заходи безпеки при виконанні робіт нульового циклу

Для нейтралізації технічних ризиків, пов'язаних із роботою важких будівельних машин та виконанням процесів на глибині 2,7 м, реалізується комплекс інженерних рішень. При виконанні земляних робіт механізована розробка ґрунту екскаватором Hitachi ZX-200 ведеться з чітким дотриманням проєкту укосів 1:0,5, а для безпечного спуску монтажників і бетонярів на дно котловану встановлюються інвентарні маршові драбини з двосторонніми поручнями висотою не менше 1,0 м. Складування матеріалів чи готових блоків ФБС у межах призми обвалення укосів суворо забороняється.

Під час монтажних робіт автомобільний кран КС-55713 «Галичанин» встановлюється поза призмою обвалення котловану на виносні опори з використанням інвентарних підкладок. Стропування вантажів виконується лише перевіреними сертифікованими стропами, а для запобігання самовільному розвороту чи розгойдуванню блоків ФБС застосовуються прядив'яні відтяжки. Безпосереднє наближення монтажників до конструкції дозволяється лише після її опускання на висоту не більше 30 см від рівня проєктної постелі.

При влаштуванні монолітної подушки та зворотній засипці подача бетонної суміші автобетононасосом Putzmeister координується постійним радіозв'язком між оператором насоса та бетонярем-сигнальником. Робочі місця обладнуються

дерев'яними настилами на арматурному каркасі. Під час пошарового ущільнення пазах ґрунту віброплитами ВП-90 та роботи екскаватора-навантажувача JCB 3CX встановлюється небезпечна зона, в межах якої перебування сторонніх людей повністю забороняється.

4.4.3 Заходи щодо забезпечення електробезпеки та гігієни праці

Для нормалізації умов виробничого середовища та захисту працівників від шкідливих чинників впроваджено комплекс санітарно-гігієнічних рішень. Забезпечення електробезпеки у вологих умовах котловану реалізується шляхом підключення ручних глибинних вібраторів ІВ-116 до мережі виключно через пристрої захисного відключення (ПЗО). Корпуси розподільних щитків підлягають обов'язковому заземленню. Бетонярі під час роботи з вібраторами забезпечуються діелектричними гумовими чоботами та рукавицями, а переміщення обладнання за живильний кабель категорично забороняється.

Для захисту від шуму та вібрації, які генеруються двигунами машин Hitachi та КамАЗ, а також ручним інструментом, лінійний персонал забезпечується протишумними навушниками та віброгасильними рукавицями. Застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ) є обов'язковим при влаштуванні вертикальної гідроізоляції фундаментів: працівники забезпечуються фільтрувальними респіраторами для захисту органів дихання від шкідливих хімічних випаровувань бітумних мастик, а також герметичними захисними окулярами та прогумованими костюмами.

Пожежна безпека в зонах приготування та нанесення гідроізоляційних матеріалів забезпечується комплектуванням робочих місць первинними засобами пожежогасіння, зокрема порошковими вогнегасниками типу ОП-5 та ящиками з сухим піском. Будь-яке використання відкритого вогню, виконання зварювальних робіт або куріння в радіусі менше за 25 метрів від місця зберігання та нанесення мастик суворо заборонено.

Узагальнюючи розроблені організаційні, технічні та технологічні заходи, можна стверджувати, що вони дозволяють перевести всі раніше ідентифіковані небажані ризики процесів нульового циклу в категорію повністю контрольованих виробничих чинників. Впровадження зазначених інженерних рішень забезпечує збереження життя та здоров'я працівників, підвищує культуру будівельного виробництва та повністю відповідає чинним нормативним вимогам будівельної галузі України.

4.5 Висновки

У результаті виконання розділу охорони праці та безпеки було успішно реалізовано поставлену мету щодо комплексного аналізу умов праці та розробки цільових організаційно-технічних заходів, спрямованих на запобігання ризикам і зниження рівня травматизму під час виконання робіт нульового циклу. Теоретичною та правовою основою для прийняття проєктних рішень слугував Закон України «Про охорону праці» [24], а також чинні державні будівельні норми та санітарні правила будівельної галузі України. У межах підрозділу було детально розглянуто специфіку функціонування будівельного майданчика з соціально-економічного погляду, що дозволило обґрунтувати пріоритетність збереження життя і здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності.

Під час аналізу технологічних процесів зведення підземної частини будівлі було ідентифіковано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори фізичної, хімічної та психофізіологічної груп. Зокрема, визначено зони підвищеної небезпеки від дії рухомих будівельних машин, таких як екскаватор Hitachi ZX-200 та автомобільний кран КС-55713 «Галичанин», виявлено ризики обрушення укосів котловану глибиною 2,7 м, а також загрози ураження електричним струмом при роботі з глибинними вібраторами ІВ-116. Завдяки застосуванню матричного методу оцінювання ризиків було встановлено, що більшість критичних подій на робочих місцях машиніста крана, монтажника та бетоняра без впровадження додаткових засобів захисту мають індекси 1D, 2C, 2D, 3B, 3C і належать до

небажаного (гранично допустимого) рівня, що підтвердило необхідність розроблення цільових інженерних рішень.

Для нейтралізації виявлених виробничих загроз у роботі запропоновано комплекс організаційно-технічних та санітарно-гігієнічних заходів. До ключових технічних рішень належать встановлення автомобільного крана суворо поза призмою обвалення ґрунту, обмеження наближення монтажників до фундаментних блоків ФБС до моменту їх опускання на висоту 30 см, а також обов'язкове підключення електрообладнання через пристрої захисного відключення (ПЗО). Гігієнічна оцінка ефективності запропонованих заходів свідчить, що використання сучасних засобів індивідуального захисту (фільтрувальних респіраторів, діелектричного спецвзуття та віброгасильних рукавиць) у поєднанні з раціональним режимом праці та відпочинку дозволяє знизити вплив шкідливих чинників до регламентованих санітарних норм. Впровадження розроблених рішень забезпечує переведення ризиків у категорію припустимих, гарантує повну відповідність умов праці чинному законодавству та створює безпечне виробниче середовище на об'єкті проектування.

Список використаних джерел

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи : зі зміною № 1 та № 2. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2006.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2021.
3. ДСТУ 8855:2019. Визначення класу наслідків (відповідальності). – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.
4. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд : зі зміною № 1. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018.
5. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019.
6. ДБН В.2.2-15:2019. Житлові будинки. Основні положення : зі зміною № 1. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2019.
7. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель : метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022.
8. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016.
9. Інженерно-геологічні вишукування на ділянці за адресою: місто Харків : Технічний звіт з інженерно-геологічних вишукувань. Том 1. В1-ІГ.ПЗ / Головний геолог А. С. Леоненко, провідний інженер Д. М. Касьян. – Харків : Строй Дом UA, 2019. – 28 с.
10. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2018.
11. Методичні рекомендації до виконання курсового проєкту з навчальної дисципліни «Основи та фундаменти» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад.: І.

В. Храпатова, С. В. Єсакова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 63 с.

12. ДСТУ 3760:2019. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2019.

13. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

14. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2010.

15. ДСТУ Б В.2.6-53:2008. Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008.

16. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2016.

17. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 1. Земляні роботи. – Київ : Мінрегіонбуд України.

18. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 6. Бетонні та залізобетонні конструкції монолітні. – Київ : Мінрегіонбуд України.

19. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 7. Бетонні та залізобетонні конструкції збірні. – Київ : Мінрегіонбуд України.

20. Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Збірник 8. Конструкції з цегли та блоків. – Київ : Мінрегіонбуд України.

21. Портал ЄДЕССБ : нормативно-правові акти у будівництві. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/2702455691775313887 (дата звернення: 28.05.2026).

22. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009.

23. НПАОП 45.2-7.03-17. Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. – Київ : Мінсоцполітики України, 2017.

24. Про охорону праці : Закон України в редакції Закону № 229-IV від 21.11.2002 р. // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 2. – Ст. 10.

25. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних

понять. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2014.

26. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» : Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248. – Офіц. вид. – Київ : Міністерство охорони здоров'я України, 2014.

27. ДБН В.1.2-9:2021. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2021.

28. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ : МОЗ України, 1999.

29. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. – Київ : МОЗ України, 1999.

30. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2024. – 24 с.