

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

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

Кафедра будівельних конструкцій

ДИПЛОМНА РОБОТА

**ПРОЄКТУВАННЯ ДВОПОВЕРХОВОГО ПРИВАТНОГО ЦЕГЛЯНОГО
ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ В М. ЛОЗОВА ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**

Розробив: студент IV курсу, групи ПЦБ 2020-1
спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія”
освітньої програми “Промислове і цивільне будівництво”
Артющенко Єлизавета Олександрівна

Керівник: к.т.н., доц. Резнік П.А.



(підпис)

Рецензент: к.т.н., доц. Калмиков О.О.



(підпис)

Харків 2026

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

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

Кафедра будівельних конструкцій

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Галузь знань – 19 Архітектура та будівництво

Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ



Завідувач кафедри БК

к.т.н., доц. Спіранде К.В.

«01» червня 2026 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА
Артющенко Єлизавети Олександрівни**

1. Тема дипломної роботи: Проектування двоповерхового приватного цегляного житлового будинку в м. Лозова Харківської області. Керівник проєкту: к.т.н., доц. Резнік Петро Аркадійович затверджені наказом вищого навчального закладу від «26» травня 2026 року № 447-03.













2. Строк подання студентом проєкту (роботи): «15» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до дипломної роботи: інженерно-геологічні умови, основні вимоги до несучих та огорожувальних конструкцій будівлі, архітектурно-планувальне рішення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): архітектурно-будівельна частина, розрахунково-конструктивна частина, розділ технології будівельного виробництва, розділ охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): архітектурно-будівельна частина: фасади будівлі, генплан, план поверху, план покрівлі, розрізи будівлі; розрахунково-конструктивна частина: креслення основних конструктивних елементів будівлі (конструювання і розрахунок монолітних з/б стовпчастих фундаментів, конструювання і розрахунок металевої кроквяної ферми); розділ технології будівельного виробництва: технологічна карта на монтаж надземних конструкцій каркасу будівлі.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Архітектурно-будівельна частина	Резнік П.А.		
Розрахунково-конструктивна частина (підземна)	доц. Александрович В.А.		
Розрахунково-конструктивна частина (надземна)	доц. Резнік П.А.		
Технологія будівельного виробництва	проф. Ватуля Г.Л.		
Охорона праці	доц. Косенко Н.О.		
Нормконтроль	доц. Пустовойтова О.М.		

Дата видачі завдання: 01 червня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1. Архітектурно-будівельна частина	01.06.26 – 10.06.26	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина (підземна)	05.06.26 – 15.06.26	виконано
2. Розрахунково-конструктивна частина (надземна)	05.06.26 – 15.06.26	виконано
3. Технологія будівельного виробництва	10.06.26 – 15.06.26	виконано
4. Охорона праці	15.06.26 – 20.06.26	виконано

Студент групи ПЦБ 2023-1у: Артющенко Є.О.

Керівник проєкту: к.т.н., доц. Резнік П.А





ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	7
1.2 Генеральний план	8
1.3 Об'ємно-планувальне рішення	10
1.4 Архітектурно - конструктивне рішення будівлі.....	13
1.4.1 Стіни.....	13
1.4.2 Перегородки.....	13
1.4.3 Перекриття	13
1.4.4 Утеплення та облицювання зовнішніх стін	14
1.4.5 Вікна та двері.....	14
1.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	16
1.6 Інженерне обладнання.....	16
1.6.1 Опалення	16
1.6.4 Вентиляція	17
1.6.5 Протипожежні заходи	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	19
2.1 Основи та фундаменти	19
2.1.1 Інженерно-геологічні умови майданчику.....	19
2.1.2 Фізико-механічні характеристики ґрунтів	19
2.1.3 Висновки і рекомендації.....	22
2.2 Розрахунок конструкцій будинку	23
2.2.1 Загальні відомості.....	23

2.2.2 Конструктивні рішення	23
2.2.3 Розрахунок попередньо напруженої плити перекриття.....	24
2.2.4 Коефіцієнти надійності	29
2.2.5. Снігове навантаження	31
2.2.6. Навантаження від вітрового тиску.....	32
2.2.7 Корисні навантаження.....	33
2.2.8 Розрахункові сполучення навантажень (РСН)	33
2.2.9 Формування скінчено-елементних моделей.....	33
2.2.10 Схеми напружень та переміщень будинку.....	35
2.2.11 Результати розрахунків	36
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА	45
3.1 Загальні положення.	45
3.2 Організація робіт	45
3.3 Підбір Автотранспорту.....	48
3.4 Підбір транспорту і обладнання.....	51
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	57
4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні	57
4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек.....	58
4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування	60
4.3.1. Проведення оцінювання ризиків для виявлених небезпек.....	61
4.3.2. Класифікація та характеристика виявлених виробничих ризиків на робочому місці.....	62
4.4 Розробка організаційно-технічних, архітектурно-планувальних заходів, спрямованих на покращення умов праці на об'єкті проектування	64

4.4.1. Організаційні заходи з охорони праці.....	64
4.4.2. Технічні та технологічні заходи	64
4.4.3. Архітектурно-планувальні заходи.....	65
4.4.4. Рекомендації щодо впровадження технічних заходів	66
5. Висновки.....	66
Джерела	68

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вихідні дані

Відповідно до виданого завдання розроблено дипломний проєкт на будівництво малоповерхового житлового будинку з залізобетонними пустотними плитами перекриттям у м. Лозова, Харківської області;

Згідно карти районування території України, приведеної в ДСТУ Н Б В.1.1-27:2010 «Будівельна кліматологія» [10], місто розташоване в І кліматичному районі. Будівництво запроєктовано з урахуванням природно-кліматичних, демографічних та інших місцевих умов в будівельно-кліматичній зоні, які характеризують місце будівництва такими факторами:

Вітрове навантаження $W_0 = 480 \text{ Па} = 48 \text{ кг/м}^2$;

Снігове навантаження $S_0 = 1490 \text{ Па} = 149 \text{ кг/м}^2$;

Нормативна глибина промерзання - 1,0 м

Найхолодніша п'ятиденка забезпеченістю 0,98 - $-26 \text{ }^\circ\text{C}$;

Найжаркіша п'ятиденка забезпеченістю 0,99 - $25 \text{ }^\circ\text{C}$;

Клімат - помірно континентальний з м'якою зимою і теплим літом.

Зона вологості - достатньо волога

Найбільша висота снігового покриву - 50 см

Будівля відповідає таким вимогам:

Клас будівлі - СС1;

Ступінь довговічності - II (50-100 років);

Ступінь вогнестійкості - III.

1.2 Генеральний план

Проект двоповерхового приватного цегляного житлового будинку розташований за адресою: Харківська обл., Лозівський район, м. Лозова, Вишневий пров. (див. рис 1.1).



Ділянка

Рис. 1.1 - Ситуаційний план

Рельєф ділянки спокійний, форма - правильна прямокутна. Зручне транспортне сполучення забезпечується виїздом на прилеглі вулиці (зокрема, Паркову та Муранова). Основний під'їзд та пішохідний підхід здійснюються з Вишневого провулку. Вхідна зона, гостьова стоянка та внутрішні доріжки вимощуються тротуарною плиткою.

Рациональне зонування гарантує зручне та коротке сполучення між будинком, зоною відпочинку та господарською частиною. Вільна від забудови територія комплексно озеленюється: передбачено висадку дерев, газонів і чагарників, які створюють додатковий захист від пилу й шуму.

Інженерні комунікації прокладаються переважно підземним способом для збереження естетики двору. Для відведення атмосферних опадів запроєктована внутрішня зливово-каналізація.

Архітектурно-планувальна частина проекту розроблена на базі чинних Державних будівельних норм (ДБН) України. Прийняті рішення повністю відповідають положенням ДБН Б.2.2-12:2019 [8], а також нормам санітарної та пожежної безпеки [9].

Відмітка чистої підлоги проектованого житлового будинку відповідає умовному рівню 0.000. Будівля запроєктована прямокутної форми в плані, а її габаритні розміри становлять 21,490 x 11,800 м.

Схему генерального плану зображено нижче.

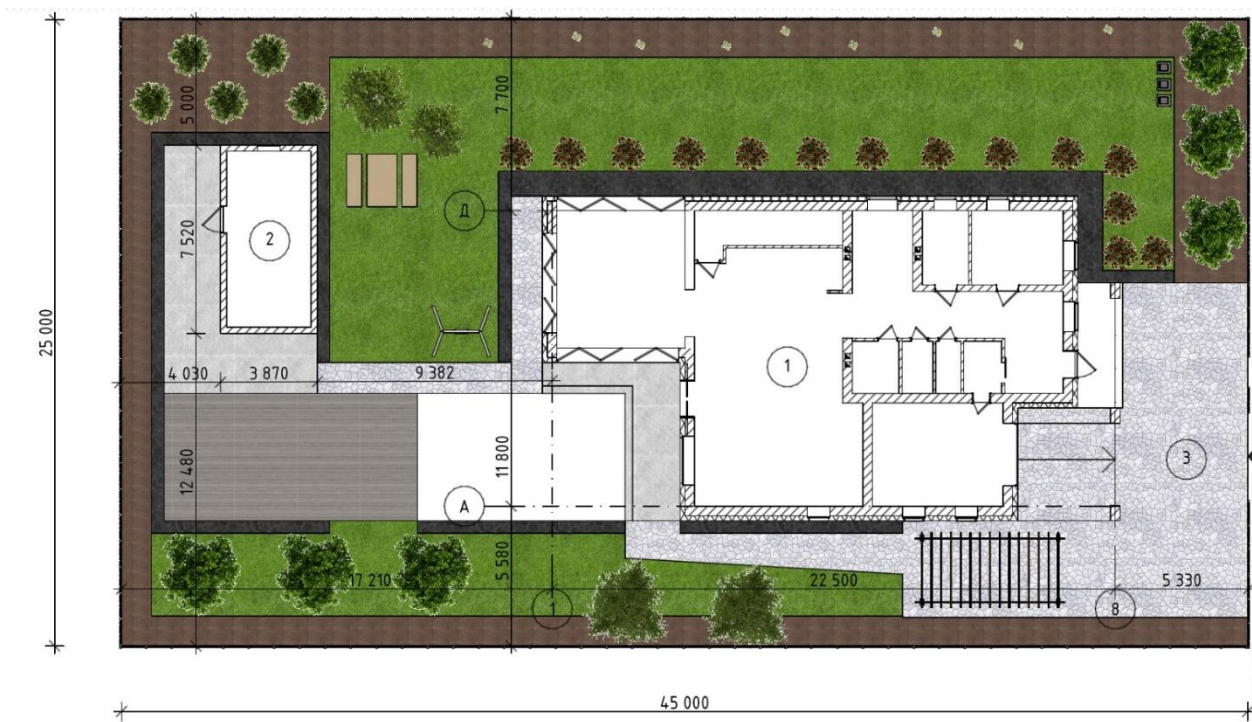


Рис. 1.2 - Схема генерального плану.

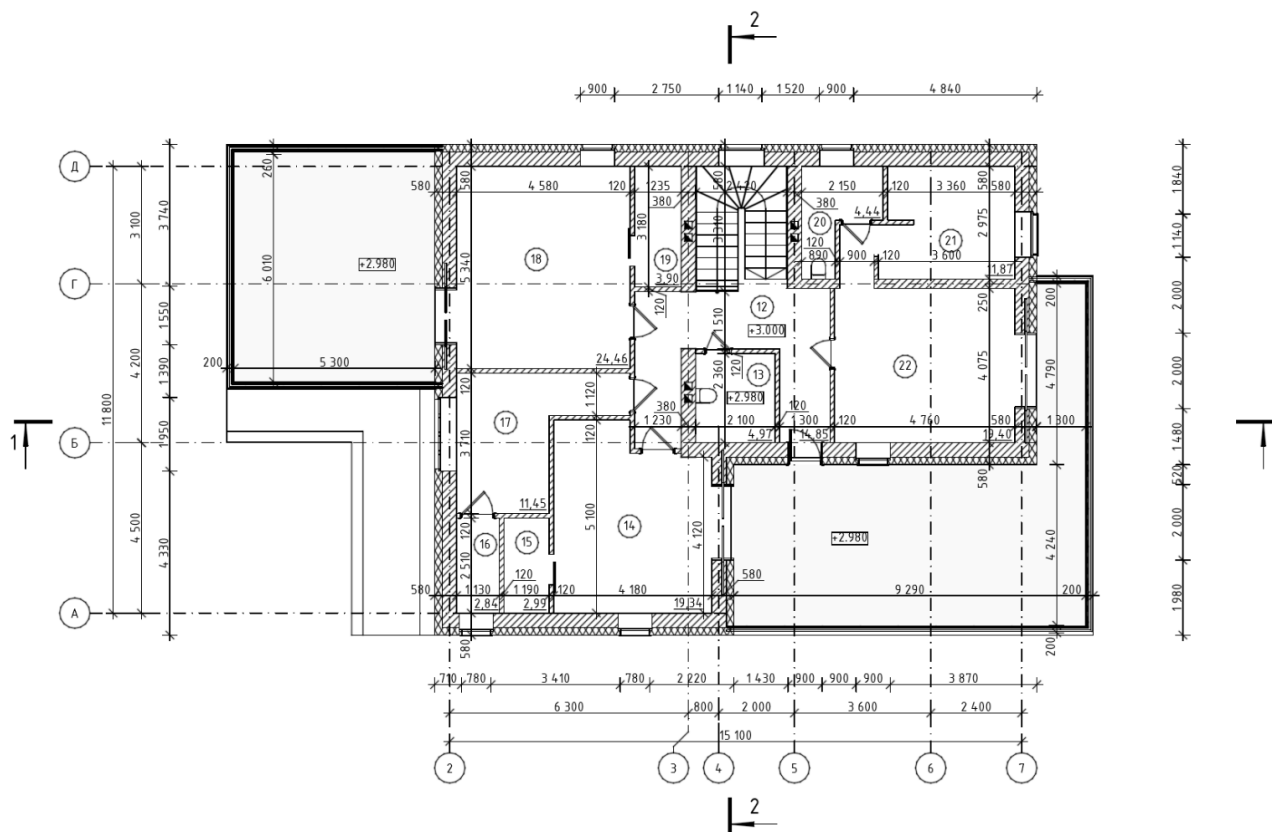


Рис.1.4 - План другого поверху

Будівлю запроєктовано двоповерховою, без підземного поверху, складної конфігурації у плані. Висота першого поверху (від рівня чистої підлоги до підлоги другого поверху) складає 3,0 м (відмітка переkritтя +3.000). Загальні габарити будинку розміщені в координатних осях 1 - 6 та А - Д. Згідно з експлікацією, загальна площа приміщень становить 307,59 м².

Планування будівлі забезпечує раціональне використання корисної площі, має чітке функціональне зонування та повністю відповідає вимогам до проектування комфортного сучасного житла:

На першому поверсі (на позначці 0.000) розташована денна (громадська) та господарська зони. Тут запроєктовано просторий передпокій з гардеробною, об'єднану кухню-вітальню (63,51 м²) з окремою столовою (34,65 м²), гостьову кімнату, а також вбудований гараж. Господарсько-побутовий блок включає топкову, електрощитову, пральню,

комору та гостьовий санвузол.

На другому поверсі (на позначці +3.000) розташована тиха (приватна) зона для членів родини. Проектом передбачено розміщення майстер-спальні, двох дитячих кімнат та просторого робочого кабінету (24,46 м²). Поверх обладнаний розширеною інфраструктурою зберігання речей (чотири окремі гардеробні кімнати) та двома повноцінними санвузлами.

Горизонтальне переміщення людей здійснюється за допомогою передпокою та внутрішніх коридорів. Вертикальний зв'язок між поверхами будівлі забезпечується за допомогою внутрішньої П-подібної сходової клітки з природним освітленням.

Шляхами евакуації у разі надзвичайної ситуації слугують внутрішні сходи, що ведуть з другого поверху до передпокою першого поверху з подальшим виходом безпосередньо назовні будівлі.

Таблиця 1.2 - Експлікація приміщень

№	Найменування	Площа
1	Передпокій	29,31
2	Гардеробна	3,16
3	Електрощитова	2,09
4	Пральня	2,57
5	Гостьовий с/в	3,87
6	Гараж	22,51
7	Кухня-вітальня	63,51
8	Столова	34,55
9	Кладова	8,87
10	Топкова	5,63
11	Гостьова кімната	11,01
12	Коридор	14,85
13	Санвузол	4,97
14	Дитяча кімната	19,34
15	Гардеробна	2,99
16	Гардеробна	2,84
17	Дитяча спальня	11,45
18	Кабінет	24,46

19	Гардеробна	3,90
20	Санвузол	4,44
21	Гардеробна	11,87
22	Спальня	19,40
		307,59м ²

1.4 Архітектурно - конструктивне рішення будівлі

Конструктивна схема будинку - безкаркасна (стінова) з несучими поздовжніми та поперечними стінами. Оскільки будівництво ведеться в м. Лозова (несеїсмічний район), будівля не потребує спеціальних антисейсмічних заходів. Просторова жорсткість та стійкість будинку забезпечується надійною перев'язкою цегляного мурування зовнішніх (380 мм) та внутрішніх (250 мм) стін, а також їх спільною роботою з жорсткими горизонтальними дисками збірних залізобетонних перекриттів.

1.4.1 Стіни

Зовнішні стіни виконані з керамічної цегли товщиною 380 мм.

Внутрішні стіни виконані з керамічної цегли товщиною 380 - 250 мм.

1.4.2 Перегородки

Внутрішні перегородки будівлі запроєктовані з керамічної цегли товщиною 120 мм (мурування в півцегли) на цементно-піщаному розчині.

Кріплення цегляних перегородок до несучих стін здійснюється за допомогою сталевих анкерів. Для забезпечення стійкості перегородки армуються по всій довжині. З обох боків поверхні перегородок підлягають оштукатурюванню для подальшого чистового оздоблення.

1.4.3 Перекриття

Міжповерхові перекриття будівлі запроєктовані у вигляді збірних залізобетонних пустотних плит товщиною 220 мм. Спирання плит на несучі цегляні стіни виконується по шару цементно-піщаного розчину, із глибиною спирання 180 мм.

Для забезпечення просторової жорсткості будівлі та сумісної роботи конструкцій, плити перекриття надійно скріплюються між собою, а також із

зовнішніми та внутрішніми несучими стінами за допомогою сталевих анкерів (Т-подібних та зв'язкових).

Повздовжні шви між плитами ретельно замоноличуються цементно-піщаним розчином марки М100. Це дозволяє створити єдиний жорсткий горизонтальний диск перекриття, який забезпечує стійкість будівлі та рівномірно розподіляє навантаження на несучі стіни та фундамент.

1.4.4 Утеплення та облицювання зовнішніх стін

Теплоізоляція цокольної частини будівлі (від рівня вимощення до відмітки 0.000) виконується плитами з екструдованого пінополістиролу (XPS) товщиною 100 мм. Цей матеріал стійкий до вологи та має високу міцність, що надійно захищає нижню частину стін від промерзання та впливу атмосферних опадів. Оздоблення цоколя передбачено декоративною фасадною цеглою.

Утеплення зовнішніх стін першого та другого поверхів виконується жорсткими мінераловатними плитами товщиною 200 мм. Оздоблення фасадів вище відмітки 0.000 запроектовано за системою скріпленої теплоізоляції. Поверх мінераловатної ізоляції наноситься захисний шар із клейового розчину, армований лугостійкою склосіткою, з подальшим нанесенням високоякісної декоративної штукатурки. Фінішне покриття виконується фасадними гідрофобними фарбами, що забезпечує довговічність та захист огорожувальних конструкцій від зовнішніх впливів.

1.4.5 Вікна та двері

Вікна - алюмінієві з двокамерними склопакетами;

Вхідні двері - алюмінієві;

Внутрішні двері - дерев'яні;

Вхідні двері та в санвузлах виконані з порогом в 20 мм. На в'їзді в гараж встановлені автоматичні ворота.

Таблиця 1.3 - Експлікація підлоги

Номер приміщення	Шари підлоги	Схема підлоги	Площа підлоги, м ²
1,3,4,5,7,8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамічна плитка - 10мм 2. Клей - 5мм 3. Вирівнююча стяжка - 10мм 4. Гідроізоляція - 8 мм; 5. Залізобетонна основа - 100 мм; 6. Бетонна основа - 100 мм; 7. Ущільнений ґрунт 		135,9
20,13	<ol style="list-style-type: none"> 1. Керамічна плитка - 10мм 2. Клей - 5мм 3. Вирівнююча стяжка - 10мм 4. Гідроізоляція - 8 мм; 5. Звукоізоляція - 10 мм; 6. Плита перекриття - 220 мм; 		9,41
12,14,15,16, 17,18,19,21, 22	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ламінат - 12 мм; 2. Шумоізоляційна прокладка - 30 мм; 3. Шар самовирівнюючого покриття - 30 мм; 4. Цементно-піщана стяжка - 55 мм 5. Плита перекриття - 220 мм; 		111,1
2,9,10,11	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ламінат - 12 мм; 2. Шумоізоляційна прокладка - 30 мм; 3. Шар самовирівнюючого покриття - 30 мм; 4. Цементно-піщана стяжка - 55 мм 5. Бетонна основа - 100 мм; 6. Ущільнений ґрунт 		28,67
6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Наливна підлога 2. Вирівнююча стяжка - 30мм 3. Гідроізоляція 4. Залізобетонна основа - 100 мм; 5. Бетонна основа - 100 мм; 6. Ущільнений ґрунт 		22,51

1.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Для цього розрахунку, нам необхідно скористатися ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель».

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 [16] по карто-схемам температурних зон України, м. Лозова, Харківська область відноситься до I зони.

Зовнішня стіна:

1. Стіна з керамоблоків “Porotherm” $\rho=1400 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_1 = 0,64 \text{ Вт/м К}$, товщ. 380 мм;
2. Утеплювач мінераловатний $\rho=75 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_2 = 0,062 \text{ Вт/м К}$, товщ. 200 мм;
3. Вент. Зазор $\lambda_3 = 0,14 \text{ Вт/м К}$, товщ. 20 мм;
4. Облицювальний природний камінь (керамо-гранітні плити) $\rho=1800 \text{ кг/м}^3$, $\lambda_4 = 2 \text{ Вт/м К}$, товщ. 20 мм.

$$R_0 = \frac{1}{a_{\text{в}}} + R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + \frac{1}{a_3} = \frac{1}{a_{\text{в}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{\delta_4}{\lambda_4} + \frac{1}{a_3}$$
$$= \frac{1}{8,7} + \frac{0,38}{0,64} + \frac{\delta_2}{0,062} + \frac{0,02}{0,14} + \frac{0,02}{2} + \frac{1}{23} = 4,13$$

Мінімально допустимий термічний опір згідно ДБН В.2.6-31:2021 = 4.

Розрахунковий опір дорівнює 4,13.

Умова виконана.

Приймаю утеплювач товщиною 200 мм.

1.6 Інженерне обладнання

1.6.1 Опалення

Система опалення об'єкта - автономна, водяна, незалежна від централізованих теплових мереж завдяки локалізації теплогенеруючого обладнання в межах будівлі. Внутрішня схема - вертикальна однотрубна, тупикова, з нижнім розведенням магістралей (подача по 1-му поверху). Коректна робота чавунних опалювальних приладів МС-140-108 у змінному гідравлічному режимі та їх відповідність вимогам ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 [15] забезпечується влаштуванням зміщених замикаючих ділянок із встановленням автоматичних регуляторів температури повітря.

1.6.2 Електропостачання

Живлення об'єкта електроенергією здійснюється за централізованою схемою шляхом підключення до діючих міських інженерних електромереж.

1.6.3 Водопостачання

Водопостачання будівлі організовано за комбінованим принципом:

- Гаряче водопостачання (ГВП): автономне, реалізується за рахунок встановлення індивідуального газового теплогенератора (котла).
- Холодне водопостачання (ХВП): підключено до централізованої муніципальної мережі.
- Каналізація: відведення стічних вод здійснюється у зовнішню організовану систему водовідведення.

1.6.4 Вентиляція

Організація повітрообміну в будівлі вирішена шляхом поєднання природних та механічних систем. Видалення повітря з зон кухонь і санітарних вузлів здійснюється за рахунок природної тяги через цегляні вентиляційні канали. Для приміщень із підвищеними вимогами до кратності повітрообміну передбачено примусову вентиляцію з механічним спонуканням. Закладені архітектурно-інженерні рішення створюють необхідну технічну базу для подальшого розгортання інтегрованої припливно-витяжної вентиляції без порушення несучих конструкцій, що гарантує гнучкість системи у забезпеченні нормативного мікроклімату.

1.6.5 Протипожежні заходи

Для забезпечення пожежної безпеки будівлі реалізовано наступний спектр заходів:

1. Конструктивні рішення: Несучі конструкції, стіни, перекриття та покрівля виконані із застосуванням виключно негорючих або важкогорючих матеріалів, що суттєво мінімізує ризики розповсюдження полум'я.

2. Внутрішнє оздоблення: Для інтер'єрних робіт підібрано матеріали, які мають високі сертифіковані показники вогнестійкості.

3. Безпека комунікацій: Прокладання та монтаж усіх інженерних мереж виконано із суворим дотриманням чинних вимог пожежної безпеки (ДБН) [9].

4. Системи сповіщення: Кожен поверх об'єкта в обов'язковому порядку обладнано автономними димовими сповіщувачами, інтегрованими в загальну систему пожежної сигналізації.

5. Генеральний план ділянки: Територія навколо споруди спланована таким чином, щоб забезпечити вільний під'їзд, маневрування та безперешкодний доступ пожежної спецтехніки у разі надзвичайної ситуації.

6. Містобудівні вимоги: Суворо дотримані нормативні протипожежні розриви (безпечні відстані) між проєктованим об'єктом та існуючою сусідньою забудовою.

7. Первинний захист: Об'єкт повністю укомплектовано нормативною кількістю первинних засобів пожежогасіння (зокрема, ручними вогнегасниками).

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Основи та фундаменти

2.1.1 Інженерно-геологічні умови майданчику

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 "Будівельна кліматологія" [10], майданчик вишукувань розташований у межах північно-західного - першого (I) кліматичного району України.

Згідно з ДБН А.2.1-1-2014 [7], інженерно-геологічні умови ділянки у м. Лозова класифікуються як складні (III категорія складності), що зумовлено частими змінами літологічного складу ґрунтів четвертинного та палеогенового віку. Літологічний склад пилувато-глинистих ґрунтів варіює від супісків до характерних для даної місцевості лесоподібних суглинків і глин. У геологічному розрізі піщані ґрунти еолового генезису просторово поєднуються з відкладами алювіального походження. У інженерно-геологічній будові ділянки вишукувань до глибини 15,0 м виділені наступні інженерно-геологічні елементи (ІГЕ):

- ІГЕ-1 Рослинно-ґрунтовий шар;
- ІГЕ-2 Суглинок світло-бурий, тугопластичний;
- ІГЕ-3 Суглинок жовто-бурий, тугопластичний;
- ІГЕ-4: Супісок зеленувато-бурий, пластичний;
- ІГЕ-5: Пісок зеленувато-бурий, мілкий, середньої щільності;
- ІГЕ-6: Глина бура, м'якопластична.

2.1.2 Фізико-механічні характеристики ґрунтів

Ґрунти ІГЕ-1 класифікуються як непридатні для будівництва. Оскільки вони залягають у межах зони сезонного промерзання, є незлежалими та неущільненими, використовувати їх як природну основу для влаштування фундаментів не рекомендується.

Таблиця 2.1 - Фізико-механічні характеристики

Номер інженерно-геологічного елемента	Назва елемента	Вологість природна, w , %	Вологість на межі пластичності w_p , %	Вологість на межі текучості, w_L , %	Число пластичності, I_p , %	Показник текучості, I_L	Питома вага ґрунту, γ_d , кН/м ³	Питома вага частинок, γ_s , кН/м ³	Питома вага сухого ґрунту γ_d , кН/м ³	Коефіцієнт пористості, e	Пористість n , %	Ступінь вологості, S_r	Питома вага ґрунту зваженого в воді, γ_{sb} , кН/м ³	Кут внутрішнього тертя, ϕ , градуси	Питоме зчеплення, C_{1b} , кПа	Модуль деформації в природному стані, E , МПа	Умовний розрахунковий опір, R_0 , кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ІГЕ 1	Рослинно-ґрунтовий шар																
ІГЕ 2	Суглинок світло-бурий, тугопластичний	23,1	19,75	30,85	11,1	0,3	19,55	27,15	15,88	0,71	41,51	0,88	10,03	21,4	25	16	227
ІГЕ 3	Суглинок жовто-бурий, тугопластичний	23,23	20,0	31,0	11,0	0,29	19,36	27,2	15,71	0,73	42,24	0,87	9,94	21,2	24	15	224
ІГЕ 4	Супісок зеленувато-бурий, пластичний	18,4	18,2	23,0	4,8	0,04	18,5	26,9	15,63	0,72	41,9	0,69	9,83	24,9	13,6	11,8	248
ІГЕ 5	Пісок зеленувато-бурий, мілкий, середньої щільності	19,59	-	-	-	-	18,55	26,58	15,51	0,71	41,65	0,73	9,7	29,6	0,81	22	200
ІГЕ 6	Глина бура, м'якопластична	34,44	22,23	42,25	20,02	0,61	20,2	27,25	15,03	0,81	44,84	1,16	9,53	12,8	38	13,2	236

Інженерно-геологічний розріз (фундамент на природній основі)

Мз 1:1000
Мв 1:100

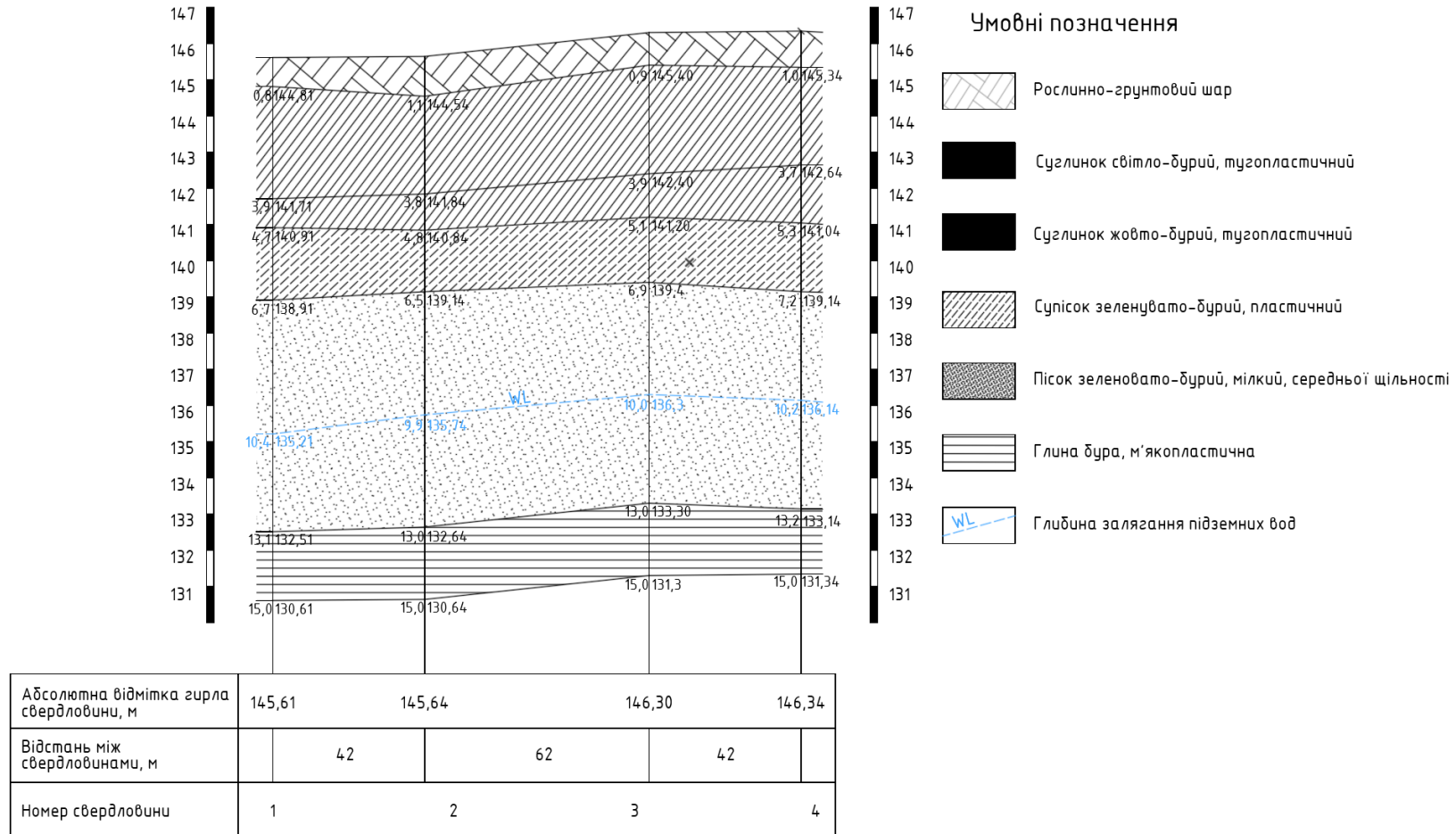


Рис. 2.1 - Інженерно-геологічний розріз

Аналіз лабораторних даних показує, що світло-бурі тугопластичні суглинки (ІГЕ-2) характеризуються коефіцієнтом пористості $e = 0,71$ та показником текучості $I_L = 0,3$. Незважаючи на ці показники, при повному замочуванні осідання даного шару під дією власної ваги не відбувається. Відповідно до класифікації ДБН В.2.1-10:2018 [12], ґрунтові умови будівельного майданчика за просадністю належать до першого (І) типу.

На основі кліматичних параметрів регіону (згідно з ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [10]) та теплотехнічних характеристик ґрунтів (за ДБН В.2.1-10:2018 [12]), визначено нормативні показники промерзання для даної ділянки:

- Нормативна глибина промерзання ґрунтів становить 1,0 м.
- Розрахункову глибину промерзання також прийнято на рівні 1,0 м.

Під час візуального обстеження території вишукувань не було виявлено проявів сучасних небезпечних фізико-геологічних процесів, таких як ерозія, зсуви, суфозія або локальне підтоплення. Згідно з критеріями ДБН В.1.1-25-2009, досліджувана територія у м. Лозова класифікується як непідтоплювана.

2.1.3 Висновки і рекомендації

Інженерно-геологічні умови ділянки оцінюються як складні. Категорія складності інженерно-геологічних умов - третя. За потенційною підтоплюваністю територія класифікується як непідтоплювана. Глибини промерзання ґрунтів, які розраховано за формулами, становлять: Нормативна глибина промерзання ґрунтів - 1,0 м. Розрахункова глибина промерзання - 1,0 м. За Кошторисними нормами України (КНУ РЕКНБ Збірник 1 «Земляні роботи»), класифікація ґрунтів за труднощами розробки зведена у таблицю нижче.

Таблиця 2.2

№ ІГЕ	Група ґрунтів за труднощами розробки
1	9В
2	35В
3	35В
4	34Б
5	26А
6	8Б

В даних інженерно-геологічних умовах можливо використання фундаментів неглибокого закладення у вигляді стрічки або плити на ґрунтах ІГЕ-2, 3.

2.2 Розрахунок конструкцій будинку

2.2.1 Загальні відомості

Район будівництва - Харківська обл., Лозівський район, м. Лозова, Вишневий пров.

Розміри будинку у вісях: Довжина 21,49 м; ширина 11,80 м

Клас відповідальності - СС1

При розрахунку конструкцій прийнято наступні навантаження по ДБН В.1.2:2006:

Вітрове навантаження $W_0 = 480 \text{ Па} = 48 \text{ кг/м}^2$;

Снігове навантаження $S_0 = 1490 \text{ Па} = 149 \text{ кг/м}^2$;

За відносну позначку 0.000 прийнято рівень чистої підлоги 1-го поверху житлового будинку.

2.2.2 Конструктивні рішення

Будинок безкаркасний виконаний з несучих стін які сприймають 100% вертикальних та горизонтальних навантажень.

Вертикальні та горизонтальні конструкції забезпечують просторову стійкість.

Фундамент: монолітний стрічковий бутобетонний фундамент.

Несучі конструкції:

Вертикальні - Стіни з керамічної цегли товщиною 250 та 380 мм.

Горизонтальні - Попередньо напружені багатопустотні плити перекриття.

Товщина 220 мм.

Клас бетону для монолітних ділянок і фундаменту - С25/30

Таблиця 2.3 - Вітровий режим території

<i>Повторність напрямку вітру (чисельник), %</i>							
<i>Середні швидкості вітру за напрямками (знаменник), м/с</i>							
<i>Північ</i>	<i>ПнСх</i>	<i>Схід</i>	<i>ПдСх</i>	<i>Південь</i>	<i>ПдЗх</i>	<i>Захід</i>	<i>ПнЗх</i>
<i>Січень (штиль 8,1%)</i>							
<u>8,0</u> 4,5	<u>8,2</u> 4,2	<u>15,3</u> 4,7	<u>12,5</u> 4,2	<u>10,7</u> 4,4	<u>15,8</u> 4,8	<u>18,9</u> 4,6	<u>10,6</u> 4,2
<i>Липень (штиль 15,0%)</i>							
<u>16,9</u> 3,7	<u>14,5</u> 4,1	<u>14,2</u> 4,2	<u>8,8</u> 4,0	<u>6,0</u> 3,4	<u>7,4</u> 3,9	<u>16,4</u> 3,9	<u>15,8</u> 3,6

2.2.3 Розрахунок попередньо напруженої плити перекриття

Розрахунок попередньо напруженої плити перекриття ПБ 88-12-8. висотою 220 мм, шириною 1200 мм. Плита виконана за технологією безопалубного формування (екструзія), має 6 склепінчастих (овальних) порожнин. Плита виконана за стендовою технологією з бетону класу С20/25 під корисне розрахункове навантаження 12 кН/м².

Поздовжня робоча арматура - канати $\varnothing 12\text{K}400$ (К7). Поперечна та верхня конструктивна арматура відсутні.

Плита спирається шарнірно на цегляні стіни; довжина спирання 180 мм.

1. Розрахункові характеристики бетону:

$$f_{cd}=14,5 \text{ МПа}; \quad f_{ctm}=2,2 \text{ МПа}; \quad f_{ctk0,05}=1,5 \text{ МПа}; \quad f_{ctd}=1,0 \text{ МПа};$$

$$E_{cd}=23000 \text{ МПа}; \quad E_{cm}=30000 \text{ МПа};$$

Розрахункові характеристики арматури:

$$f_{pk}=1470 \text{ МПа}; \quad f_{p0.1k}=1335 \text{ МПа}; \quad f_{pd}=1335/1,2=1113 \text{ МПа};$$

$$E_p=180000 \text{ МПа};$$

$$\text{коефіцієнт співвідношення модулів } \alpha=E_p/E_{cm}=6.$$

2. Визначення необхідного армування за міцністю нормальних перерізів

З урахуванням власної ваги повне розрахункове навантаження приймаємо 12 кН/м^2 ; погонне розрахункове навантаження $q=12 \cdot 1,2=14,4 \text{ кН/м}$.

$$\text{Розрахункова довжина плити } l_0=8800-180=8620 \text{ мм.}$$

Максимальний згинальний момент:

$$M=ql_0^2/8=14,4 \cdot 8,62^2/8=133,74 \text{ кНм.}$$

Розрахунковий еквівалентний двотавровий переріз має розміри:

$$f_{eff}=119 \text{ см}; \quad b_w=28 \text{ см}; \quad h_f=3,25 \text{ см}; \quad d=19,5 \text{ см.}$$

$$M_f = f_{cd} b_{eff} h_t (d - 0,5 h_f) \text{ кН} = 1,45 \cdot 119 \cdot 3,25 (19,5 - 1,625) = \\ = 100024 \text{ кНсм} = 100,24 \text{ кНм} < M = 133,74 \text{ кНм,}$$

тобто, нейтральна вісь проходить поза полицею, у ребрі.

$$\alpha_m = \frac{M - M_f}{f_{cd} \cdot b_w \cdot d^2} = \frac{3350}{1,45 \cdot 28 \cdot 19,5^2} = 0,217$$

$$\zeta = 0,875,$$

Необхідна кількість арматури:

$$A_p = \frac{3350}{0,875 \cdot 19,5 \cdot 111,3} + \frac{10024}{111,3 \cdot 17,87} = 6,8 \text{ (см}^2\text{)}$$

3. Геометричні параметри перерізу:

- площа бетонного поперечного перерізу $A_c=1420 \text{ см}^2$;
- статичний момент бетонного перерізу відносно нижньої грані плити $S_c=15620 \text{ см}^3$;
- момент інерції бетонного перерізу відносно центральної осі $I_c=83500 \text{ см}^4$;
- сумарна мінімальна товщина усіх вертикальних перетинок $b_w=28 \text{ см}$.

Приведені характеристики перерізу:

- $A_{red}=1420+6 \cdot 12,68=1496,1 \text{ см}^2$;
- $S_{red}=15620+6 \cdot 12,68 \cdot 2,5=15810,2 \text{ см}^3$;
- відстань від нижньої грані до центру ваги $y=15810,2/1496,1=10,57 \text{ см}$;
- $I_{red}=83500 + 1420 \cdot (11-10,57)^2 + 76,08 \cdot (10,57-2,5)^2 = 88717 \text{ см}^4$;
- $W_{red}=I_{red}/y=88717/10,57=8393 \text{ см}^3$;
- $W_{red}^l=I_{red}/(h-y)=88717/(22-10,57)=7761 \text{ см}^2$;
- $W_{pl}=1,5 \cdot 8393 = 12589 \text{ см}^3$;
- $r = W_{red}/A_{red} = 8393/1496,1 = 5,61 \text{ см}$;
- $r^l=W_{red}^l/A_{red} = 7761/1496,1 = 5,18 \text{ см}$.

Ексцентриситет сили попереднього напруження

$$e_{0p}=10,57-2,5 = 8,07 \text{ см}.$$

4. Визначення втрат попереднього напруження

Приймаємо первинне напруження $\sigma_p = 1100 \text{ МПа}$. Сумарна сила первинного напруження

$$P_I = \sigma_p A_p = 110 \cdot 12,68 = 1394,8 \text{ кН}.$$

Миттєві втрати:

$$\Delta P_r = 12,68 \cdot (0,22 \cdot 110 / 133,5 - 0,1) \cdot 110 = 113,3 \text{ кН};$$

$$\Delta P_\theta = 12,68 \cdot 0,5 \cdot 18000 \cdot 0,000012 \cdot 65 = 89 \text{ кН};$$

$$\Delta P_{sl} = 12,68 \cdot 0,2 \cdot 18000 / 900 = 50,7 \text{ кН};$$

$$\Delta \sigma_c = \frac{1394,8}{1496,1} + \frac{1394,8 \cdot 8,07^2}{88717} = 1,956 \text{ кН/см}^2$$

$$\Delta P_{el} = \frac{12,68 \cdot 18000 \cdot 0,375 \cdot 1,956}{3000} = 55,8 \text{ кН}$$

Сума миттєвих втрат $\Delta P = 308,8 \text{ кН};$

Втрати, пов'язані з часом:

$$\sigma_{c,qp} = \Delta \sigma_c - f_{ctm} = 1,956 - 0,22 = 1,736 \text{ кН/см}^2$$

$$\Delta \sigma_{pr} = \frac{81}{12,68} = 6,39$$

$$\Delta P_{c,r,s} = 12,68 \cdot \frac{0,0004 \cdot 18000 + 0,8 \cdot 6,39 + 6 \cdot 1,5 \cdot 1,736}{1 + 6 \cdot \frac{12,68}{1496,1} \cdot \left(1 + \frac{1496,1 \cdot 8,07^2}{88717}\right) \cdot (1 + 0,8 \cdot 1,5)} = 286,9 \text{ кН}$$

Сумарні втрати $\Delta P = 308,8 + 286,9 = 595,7 \text{ кН (42,7 \%)};$

$$\Delta \sigma = 595,7 / 12,68 = 46,98 \text{ кН/см}^2.$$

Остатні напруження в арматурі після всіх втрат

$$\sigma_p = 110 - 46,98 = 63,02 \text{ кН/см}^2 (57,3 \%)$$

5. Перевірка достатності армування для забезпечення

тріщиностійкості від розрахункового навантаження

Прийнявши $M_{crc} = M$, отримаємо необхідну силу напруження для забезпечення тріщиностійкості

$$P_{crc} = (M - f_{ctm} W_p) / 0,617 (e_{0p} + r^2) = (13374 - 0,22 \cdot 12589) / 0,617 (8,07 + 5,18) = 1297$$

кН

Необхідна кількість арматури:

$$A_p = \frac{P_{crc}}{\sigma_p} = \frac{1297}{110} = 11,79 \text{ см}^2$$

Що більше необхідного армування за умови міцності (6,96 см²)

Остаточно приймаємо армування 14Ø12 К1400 ($A_p=12,68 \text{ см}^2$).

6. Перевірка напружень у верхній фібрі бетону під час передачі попереднього напруження на бетон

Напруження у верхній фібрі бетону

$$\sigma^I = -P / A_{red} + P e_{0p} y^I / I_{red} \leq f_{ctm},$$

де сила P після миттєвих втрат дорівнює

$$P = P_1 - \Delta\sigma_1 A_p = 1394,8 - 308,8 = 1086 \text{ кН};$$

$$\sigma_c^I = -1086/1496,1 + 1086 \cdot 8,07 \cdot 11,43/88717 = 0,403 \text{ кН/см}^2.$$

$$0,403 \text{ кН/см}^2 > f_{ctm}=0,22 \text{ кН/см}^2.$$

Армування верхньої зони потрібне.

$$\sigma^{inf} = -P / A_{red} - P e_{0p} y / I_{red} = -0,726 - 1086 \cdot 8,07 \cdot 10,57/88717 = -1,77 \text{ кН/см}^2$$

$$N_t = 0,5 \cdot 0,403 \cdot 120 \cdot 4,08 = 97,8 \text{ кН}$$

$$A_{s,sup} = \frac{N_t}{f_{yd}} = \frac{97,8}{43,5} = 2,25 \text{ см}^2$$

Остаточно приймаємо армування 9Ø6В500С ($A_p=2,25 \text{ см}^2$)

7. Перевірка міцності похилих перерізів

Розрахункова поперечна сила знаходиться на відстані від грані опори на $0,5h-0,5 \cdot 22=11 \text{ см}$ і дорівнює $V_{Ed}=60,48 \text{ кН}$.

Для однопролітних плит, що працюють без тріщин, перевірку ведемо за умови:

$$V_{Ed} \leq V_{Rdc} = \frac{l_{red} b_w}{s_1} \sqrt{f_{ctd}^2 + \alpha_1 \sigma_{cp} f_{ctd}},$$

де статичний момент перерізу вище і відносно центральної осі $S_1 = 4728$ см^3 ,

$$\sigma_{cp} = P / A_C = 1086 / 1420 = 0,765 \text{ кН/см}^2;$$

$$V_{Rdc} = \frac{88717 \cdot 28}{4728} \sqrt{0,1^2 + 1 \cdot 0,765 \cdot 0,1} = 154,4 \text{ кН}$$

$$V_{Rdc} = 154,4 \text{ кН} > V_{Ed} = 60,5 \text{ кН}$$

Міцність похилих перерізів достатня

8. Визначення деформативності плити від короткочасної дії навантаження

Прогин плити:

$$f = \frac{5Ml_0^2}{48E_{cm}I_{red}} - \frac{Pe_{op}l_0^2}{8E_{cm}I_{red}} = \frac{5 \cdot 13374 \cdot 862^2}{48 \cdot 3000 \cdot 88717} - \frac{1086 \cdot 8,07 \cdot 862^2}{8 \cdot 3000 \cdot 88717} =$$
$$= 0,83 \text{ см}$$

Відносний прогин:

$$f/l_0 = 0,83/862 < [f/l] = 1/200.$$

2.2.4 Коefіцієнти надійності

Масштабування силових та деформаційних факторів (таких як прогини, напруження чи зусилля) виконується за допомогою коефіцієнтів відповідальності j_n . Вони використовуються як прямі множники, окрім випадків, коли дія чинить розвантажувальний ефект. Згідно з положеннями таблиці 5 ДБН В.1.2-14:2018[23], для стабільних режимів навантаження цей показник диференціюється від 1,15 до 1,25 залежно від класу об'єкта.

Процедура статичного оцінювання конструктивної схеми із виявленням небезпечних поєднань навантажень орієнтована на клас відповідальності СС1. При розрахунках за I групою граничних станів встановлено такі параметри j_n :

- 1 - для усталених ситуацій;

- 0,95 - для перехідного та аварійного періодів.

Клас наслідків (відповідальності)	Категорія відповідальності конструкції	Значення γ_n , які використовуються в розрахункових ситуаціях				
		усталених		перехідних		аварійних
		перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів	друга група граничних станів	перша група граничних станів
СС1	А	1,000	0,950	0,950	0,925	0,950
	Б	0,975		0,925		
	В	0,950		0,900		

Примітка 1. Якщо у нормах проектування певних типів будівель або споруд не наведено конкретних рекомендацій щодо розподілу конструкцій за категоріями відповідальності відповідно до класів наслідків (відповідальності), слід їх відносити до категорії Б.

Примітка 2. Для об'єктів нового будівництва, що споруджуються в охоронній зоні пам'яток культурної спадщини національного та місцевого значення, які за всіма характеристиками можливих наслідків їх відмови відносяться до класу наслідків (відповідальності) СС1, коефіцієнт надійності γ_n , що передбачений для вищих класів наслідків, не застосовується.

Визначення постійного навантаження від маси несучих елементів виконано в автоматичному режимі засобами програмного комплексу «ЛІРА-САПР 2016». Під час розрахунку враховувалася питома вага матеріалів із впровадженням відповідних коефіцієнтів надійності: $j_{fm} = 1,05$ для елементів із металу та $j_{fm} = 1,1$ для конструкцій із залізобетону. Крім того, математична модель враховує коефіцієнт $j_n = 1,25$, призначений для компенсації можливих додаткових зусиль та експлуатаційних чинників, що впливають на споруду.

2.2.5. Снігове навантаження

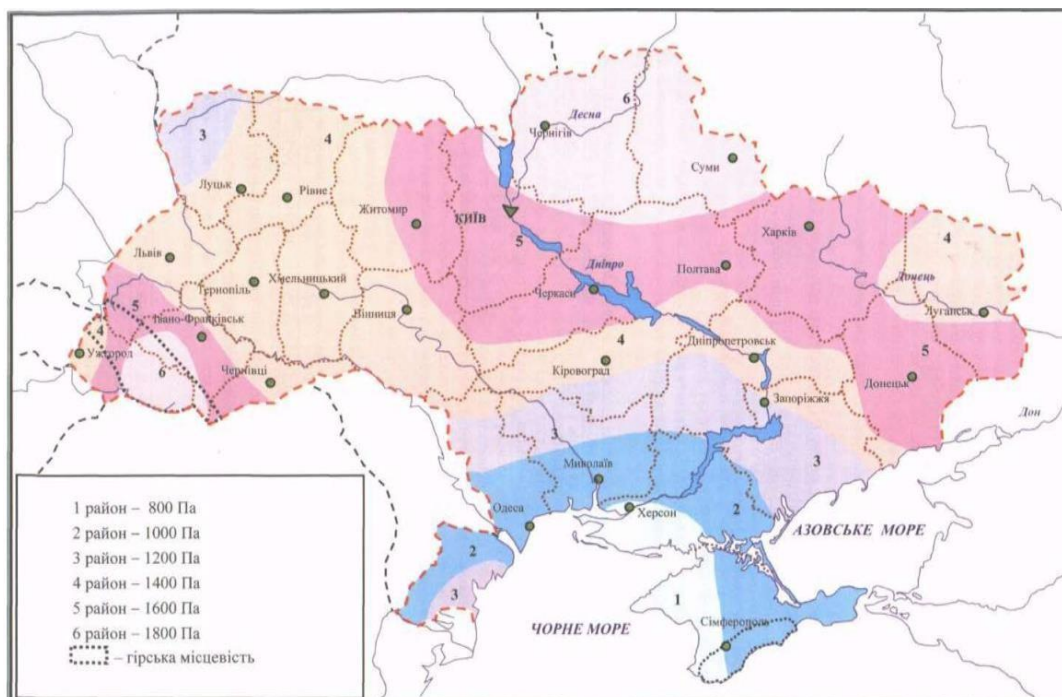


Рис. 2.2 - Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття (конструкції) обчислюється за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} \cdot S_o \cdot C, \quad (1)$$

де γ_f - коефіцієнт надійності за граничним значенням снігового навантаженням (визначається згідно з п. 8.11 ДБН В.1.2-2:2006 [11]);

S_o - характеристичне значення снігового навантаження (в Па), що визначається згідно з 8.5 та додатком Е ДБН В.1.2-2:2006 [11];

C - коефіцієнт, що визначається згідно п. 8.6 ДБН В.1.2-2:2006 [11]

при $\mu=1$ $S_m = 1.14 \cdot 1.49 \cdot 1 \cdot 1.1(j_n) = 1,868 \text{ кН/м}^2 \approx 1,9 \text{ кН/м}^2$.

2.2.6. Навантаження від вітрового тиску

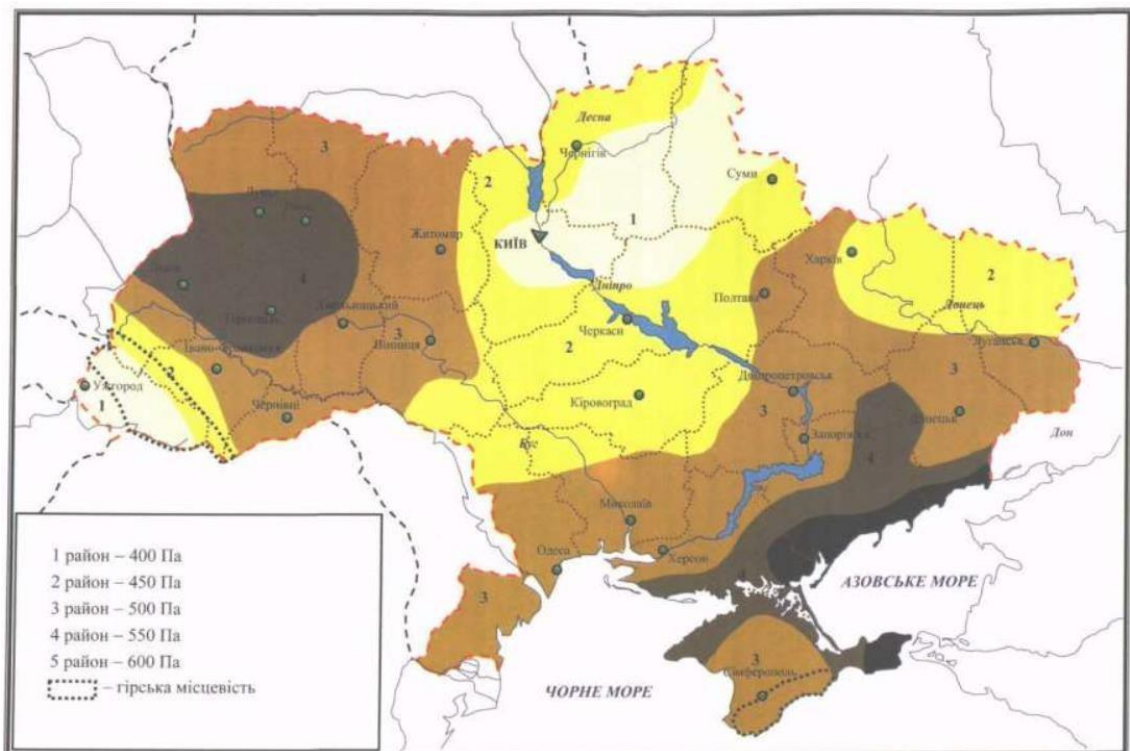


Рисунок 2.3 - Карта районування території України за характеристичними значеннями вітрового тиску

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження визначається за формулою:

$$W_m = \gamma_n \times \gamma_{fm} \times W_o \times C, \quad (2)$$

де γ_{fm} - коеф. надійності за граничним розрахунковим значенням вітрового навантаження (визначається відповідно до п. 9.14 ДБН В.1.2-2: 2006 [11]);

W_o - характеристичне значення вітрового тиску (визначається відповідно до п. 9.6 ДБН В.1.2-2: 2006 [11]);

C - коеф., який визначається відповідно до п. 9.7 ДБН В.1.2-2: 2006 [11].

$$C = C_{aer} \times C_h \times C_{alt} \times C_{rel} \times C_{dir} \times C_d;$$

$$C_{aer} (\text{акт}) = +0,8; C_{aer} (\text{пас}) = -0,6;$$

Аналіз частот власних коливань будівлі від сумарної дії вертикальних

навантажень (табл. 3.1 ДБН В.1.2-2:2006 [11]) показав, що період коливань за основною формою становить понад 0,25 сек. Оскільки будівля є чутливою до динамічного впливу вітру, розрахункове значення вітрового тиску визначалося за уточненою методикою згідно з п. 9.9 і табл. 9.02 (Зміна №1 до ДБН В.1.2-2:2006 [11]).

2.2.7 Корисні навантаження

Інтенсивність супутніх корисних навантажень (обумовлених вагою устаткування, присутністю людей, тварин, а також розміщенням матеріальних цінностей і виробів) встановлена на позначці 1,5 кН/м² згідно з сучасними нормативними специфікаціями щодо навантажень та впливів. Для дахових конструкцій (покрівель) мінімальний поріг корисного навантаження, визначений актуальними положеннями нормативної бази для невикористовуваних покриттів, становить 0,5 кН/м².

2.2.8 Розрахункові сполучення навантажень (РСН)

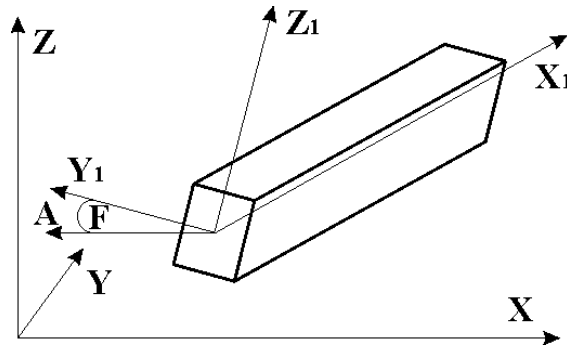
З урахуванням усіх силових впливів, що діють на конструктивну систему будівлі, у розрахунковій моделі було задано 10 окремих завантажень. Їх перелік та класифікація наведені нижче:

- 1 - Власна вага несучих конструкцій та постійні навантаження;
- 2 - Сніг;
- 3 - Корисне навантаження;
- 4 - Вітер вздовж глобальної осі X;
- 5 - Вітер вздовж глобальної осі Y;
- 6 - Сейсмічний вплив вздовж глобальної осі X;
- 7 - Сейсмічний вплив вздовж глобальної осі Y;
- 8 - Власні коливання (неактивне навантаження - не враховувалось у сполученнях).

2.2.9 Формування скінчено-елементних моделей

Процес моделювання та подальший розрахунок конструкції реалізовано на базі ПК «Ліра-САПР 2016» та ПК «Сапфір». Зокрема, у

програмі «Сапфір» проведено тріангуляцію та задано геометричні характеристики перерізів. Решта етапів - задання навантажень, генерування сполучень, обчислення і конструювання - виконані в середовищі «Ліра-САПР». Максимальний габарит скінчених елементів для плит і оболонок було обмежено до 0,5 м. Для коректного відтворення просторової роботи балок каркаса, а також стрічкового фундаменту, який змодельовано балковими елементами, застосовано СЕ №10 («Універсальний просторовий стрижневий



СЕ»), наведений на рисунку 2.4.

Рисунок 2.4 - КЭ №10

Моделювання плитних і стінових елементів будівлі (переkritтя, діафрагм та підпiрних стiн) виконано на базi СЕ оболонкового типу. Для цього обрано скiнченнi елементи №42 «Унiверсальний трикутний СЕ оболонки» та №44 «Унiверсальний чотирикутний СЕ оболонки» (див. рис. 2.5–2.6).

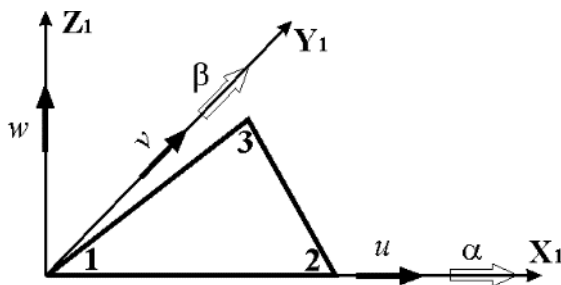


Рисунок 2.5 - СЕ №42

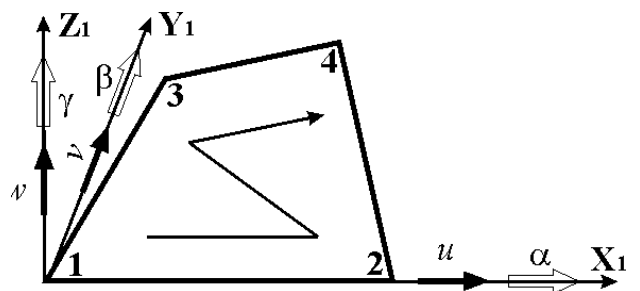


Рисунок 2.6 - СЕ №44

2.2.10 Схеми напружень та переміщень будинку



Рисунок 2.7 – Просторова 3D-модель будинку у ПК САПФІР

Далі створену фізичну геометрію було автоматично згенеровано в аналітичну сітку скінченних елементів (її загальний вигляд подано на рис. 2.10).



Рисунок 2.8 – Просторова аналітична модель у ПК САПФІР

Для подальшого аналізу створену аналітичну схему імпортували в середовище ЛІРА-САПР 2016. Саме тут відбулося завершальне доопрацювання моделі, що включало встановлення в'язів та генерацію розрахункових сполучень навантажень (РСН). Завдяки проведеному статичному розрахунку вдалося обчислити масиви зусиль та переміщень у вузлах і елементах. Знайдені величини стали вихідними даними для конструювання (підбору арматури) та перевірки надійності будівлі за ДБН [23].

2.2 Збір навантаження на конструкцію фундаменту

Фундамент будівлі виконано у вигляді монолітної залізобетонної стрічки.

Таблиця 2.4 – Розрахунок навантажень на стрічковий фундамент

Вид навантаження	Підрахунок навантаження	Нормат. навант. кН /м	Коефф. надійності щодо навантаження γ_{fm}	Розрахункове навант. кН /м
1	2	3	4	5
Постійне:				
Вага стіни $t=380$ мм; $h=6000$ мм; $\rho=1800$ кг/м ³ ;	$0,38 \cdot 6,0 \cdot 18$	41,04	1,1	45,14
Вага міжповерхових перекриттів Максимальне навант. (33 кН/м)	$30,0 \cdot 2$	60,00	1,1	66,00
Вага конструкцій покриття $t=2$ мм; $q=1,5$ кН/м ² ; $b=3,0$ м	$1,5 \cdot 3,0$	4,50	1,2	5,40
Разом постійне:		$g_n=105,54$	-	$g=116,54$
Корисне на перекриття $V=2,0$ кН/м ² ; $b=3,0$ м	$2,0 \cdot 3,0 \cdot 2$	12,00	1,2	14,40
Снігове навантаження на дах $S=1,6$ кН/м ² ; $b=3,0$ м	$1,6 \cdot 3,0$	4,80	1,14	5,47
Тимчасове:		$V_n=16,80$	1,2	$V=19,87$
Повне навантаження:		$q_n=122,34$	-	$q=136,41$

2.2.11 Результати розрахунків

Стрічковий фундамент

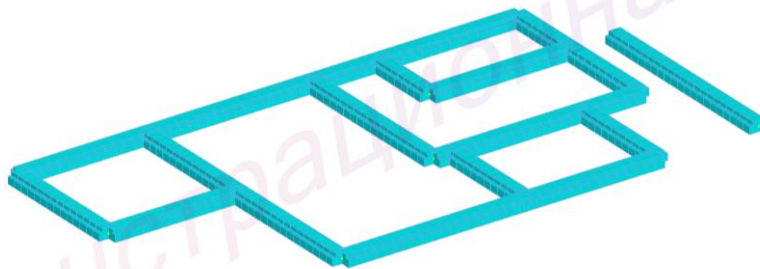


Рисунок 2.9 - Просторова 3D-модель фундаменту у ПК ЛІРА 10

Оцінка напружено-деформованого стану та визначення площі робочої арматури для стрічкового фундаменту здійснювалися за допомогою просторового розрахунку в ПК ЛІРА 10. Розрахункова схема спирається на апарат методу скінченних елементів. Сам фундамент апроксимовано просторовими стрижневими елементами, тоді як взаємодія конструкції з ґрунтом реалізована через коефіцієнти постелі основи С1 та С2.

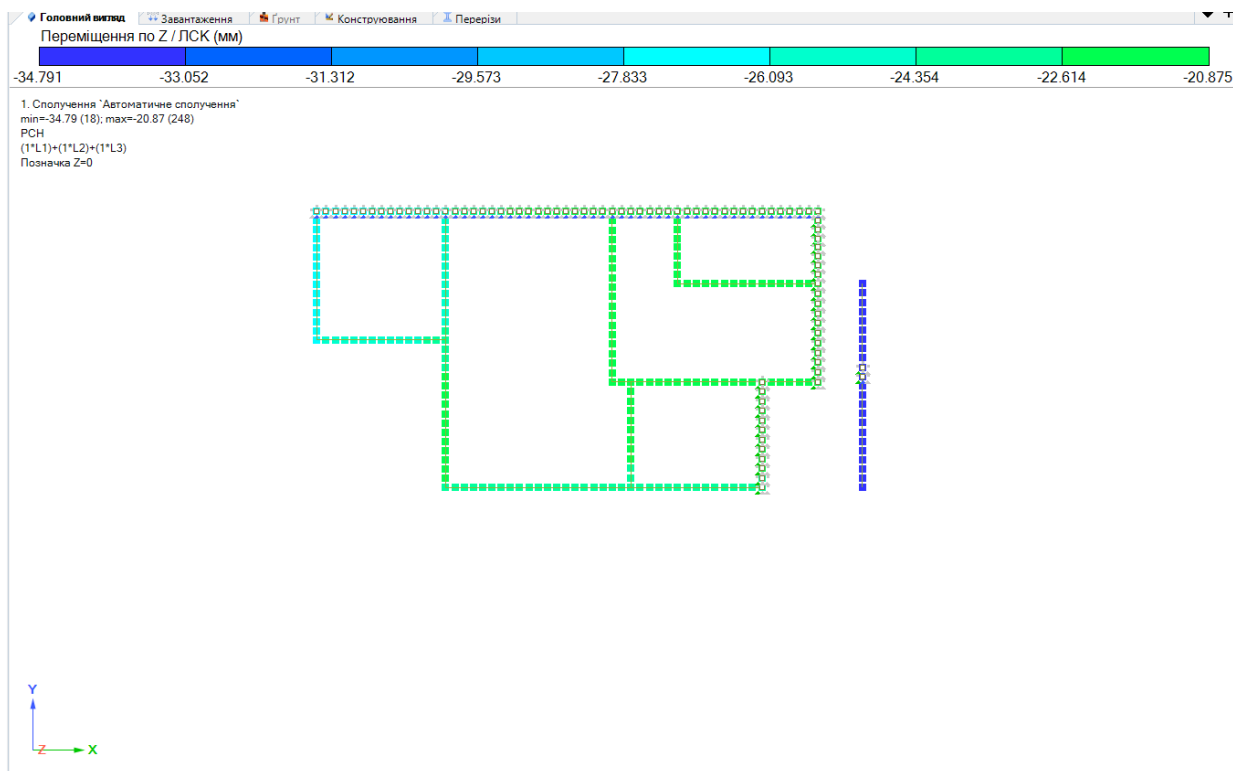


Рис. 2.10 - Мозаїка вертикальних переміщень фундаменту по осі Z від розрахункових сполучень навантажень (РСН)

За результатами просторового розрахунку в ПК ЛІРА 10 було визначено величини вертикальних переміщень (осідань) стрічкового фундаменту під дією розрахункових сполучень навантажень (РСН). Мозаїка переміщень по осі Z наведена на рисунку 2.10.

Аналіз отриманих даних показує, що значення осідань розподілені нерівномірно через різний рівень навантажень від несучих стін.

Згідно з результатами розрахунку (див. кольорову шкалу), маємо такі показники:

- Максимальне осідання становить 34,79 мм
- Мінімальне осідання становить 20,87 мм

Перевірка деформацій основи виконується згідно з вимогами ДБН В.2.1-10:2018 [12] «Основи і фундаменти будівель та споруд». Відповідно до Додатка Е (таблиця Е.1) даного нормативного документа, гранично допустиме спільне осідання основи та споруди для багатоповерхових безкаркасних будівель з несучими стінами (з цегли або дрібних блоків) становить 100 мм (10 см).

Оскільки розрахункове максимальне осідання фундаменту становить 34,79 мм, що значно менше за гранично допустиме значення у 100 мм ($34,79 \text{ мм} < 100 \text{ мм}$), умова другої групи граничних станів (за деформаціями) виконується із достатнім запасом. Несуча здатність та нормальна експлуатація будівлі забезпечені.

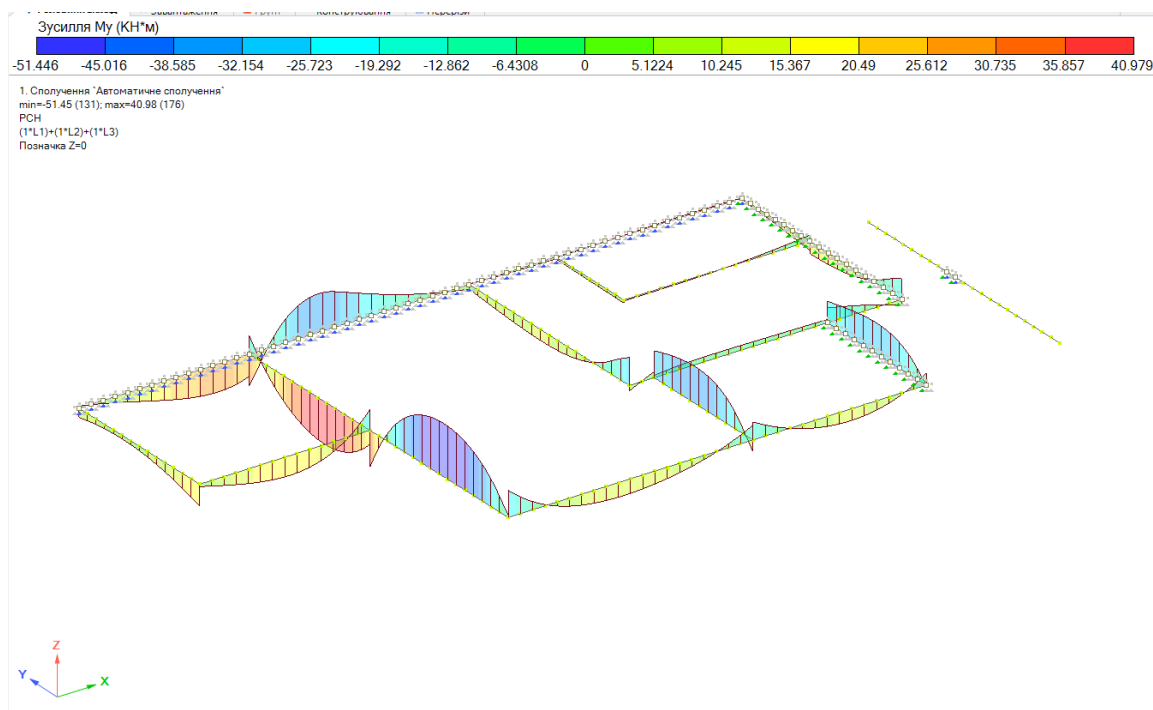


Рис. 2.11- Епюри згинальних моментів M_u у стрічковому фундаменті

За розподілом згинальних моментів M_u в елементах стрічкового фундаменту (рис. 2.11), найбільші зусилля виникають у прольотних ділянках (між перетинами стін) та безпосередньо у вузлах жорсткого сполучення фундаментних стрічок.

Згідно з епюрами, екстремальні значення згинальних моментів становлять:

- Максимальне додатне: 40,98 кН·м;
- Максимальне від'ємне: -51,45 кН·м.

Отримані значення є вихідними даними для розрахунку міцності нормальних перерізів згідно з ДБН В.2.6-98:2009 [17].

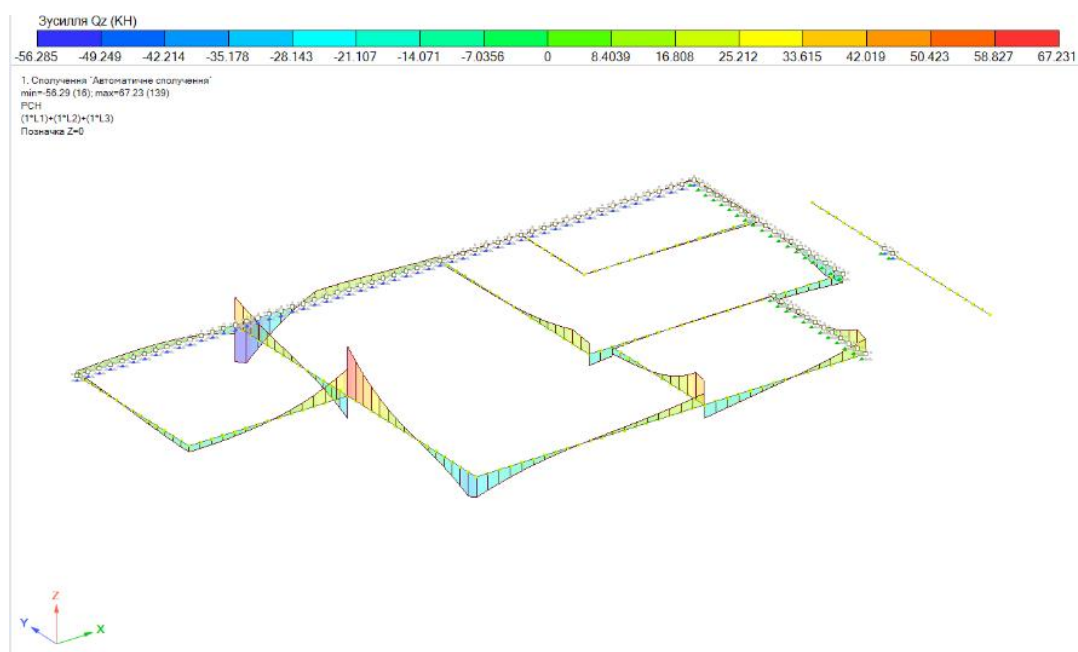


Рис. 2.12 - Епюри поперечних сил Qz у стрижневих елементах фундаменту

За розподілом поперечних сил Qz в елементах стрічкового фундаменту (рис. 2.12), найбільші зусилля виникають у місцях перетину фундаментних стрічок та під найбільш навантаженими ділянками несучих стін двоповерхового будинку.

Згідно з епюрами, екстремальні значення поперечних сил становлять:

- Максимальне додатне: 67,23 кН;
- Максимальне від'ємне: -56,29 кН.

Отримані значення є вихідними даними для розрахунку міцності похилих перерізів згідно з ДБН В.2.6-98:2009 [17]. Саме за цими зусиллями визначається необхідна площа поперечної арматури, що гарантує надійну роботу фундаменту на зріз та запобігає утворенню похилих тріщин.

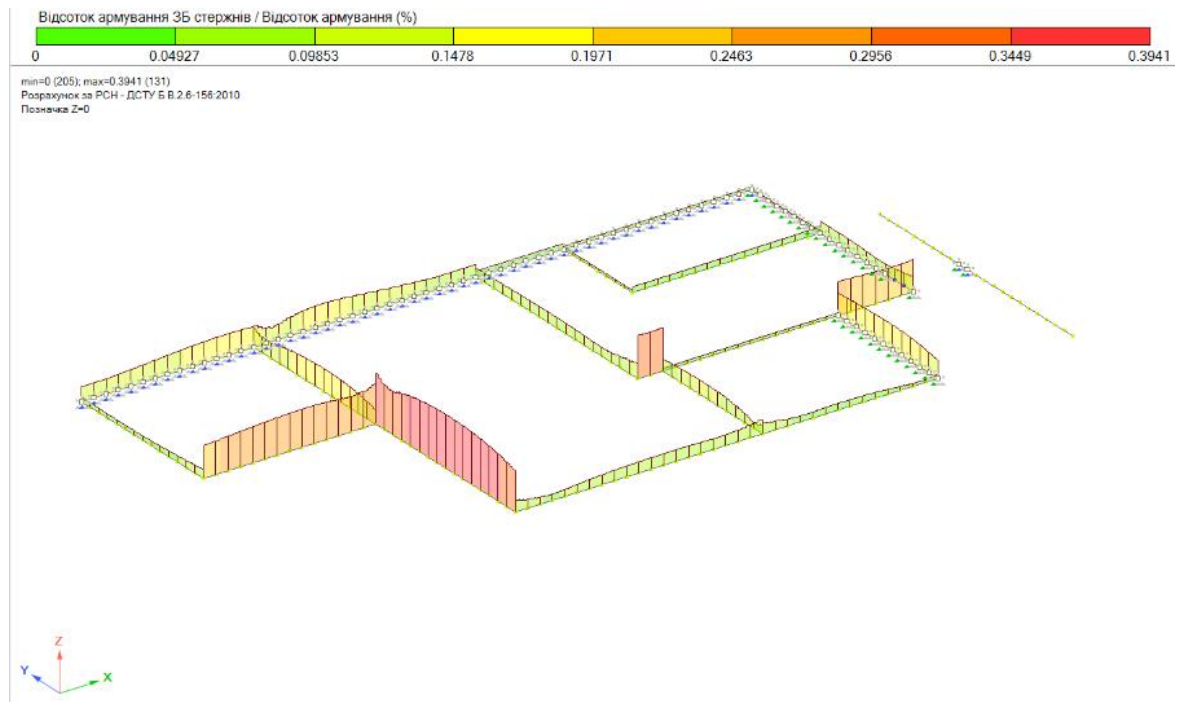


Рис. 2.13 – Епюри відсотка армування залізобетонних елементів стрічкового фундаменту

На основі визначених внутрішніх зусиль виконано конструктивний розрахунок та автоматизований підбір арматури для стрічкового фундаменту згідно з нормами проєктування залізобетонних конструкцій (ДСТУ Б В.2.6-156:2010 [18]). На рисунку 2.13 наведено розподіл необхідного відсотка армування у стрижневих елементах.

Згідно з результатами розрахунку, максимальний необхідний відсоток армування становить 0,394%.

Цей показник є відносно невеликим та економічно вигідним, що є цілком закономірним і правильним результатом для двоповерхового приватного будинку з масивним стрічковим фундаментом.

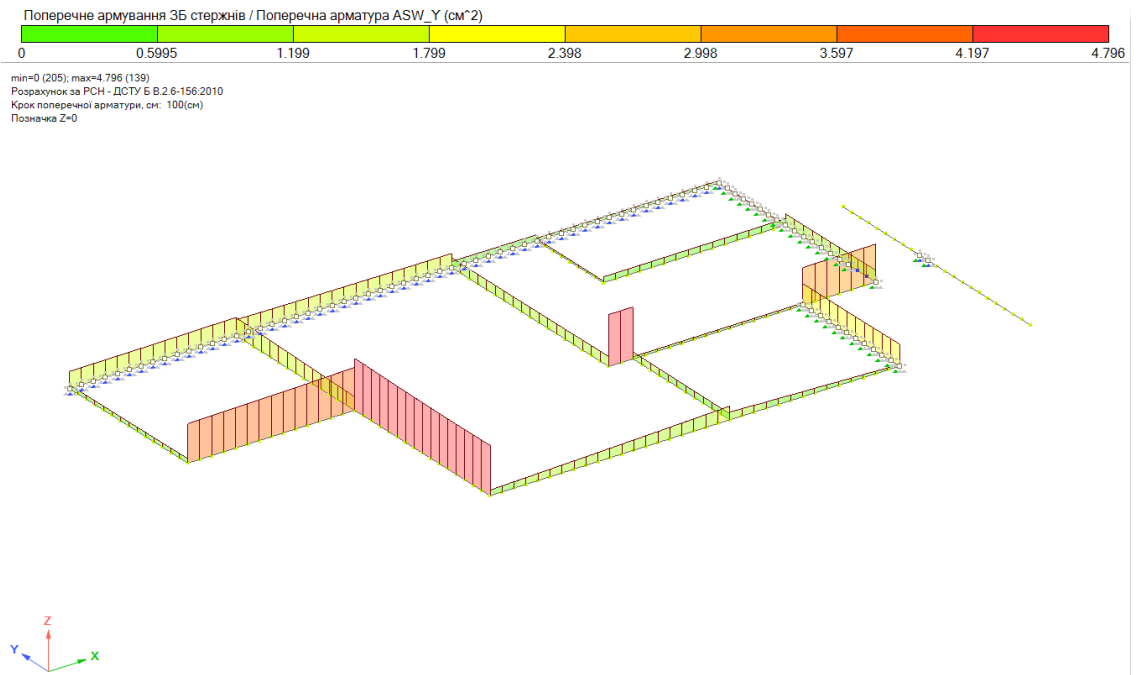


Рис. 2.14 – Епюри необхідної площі поперечної арматури ASW_Y

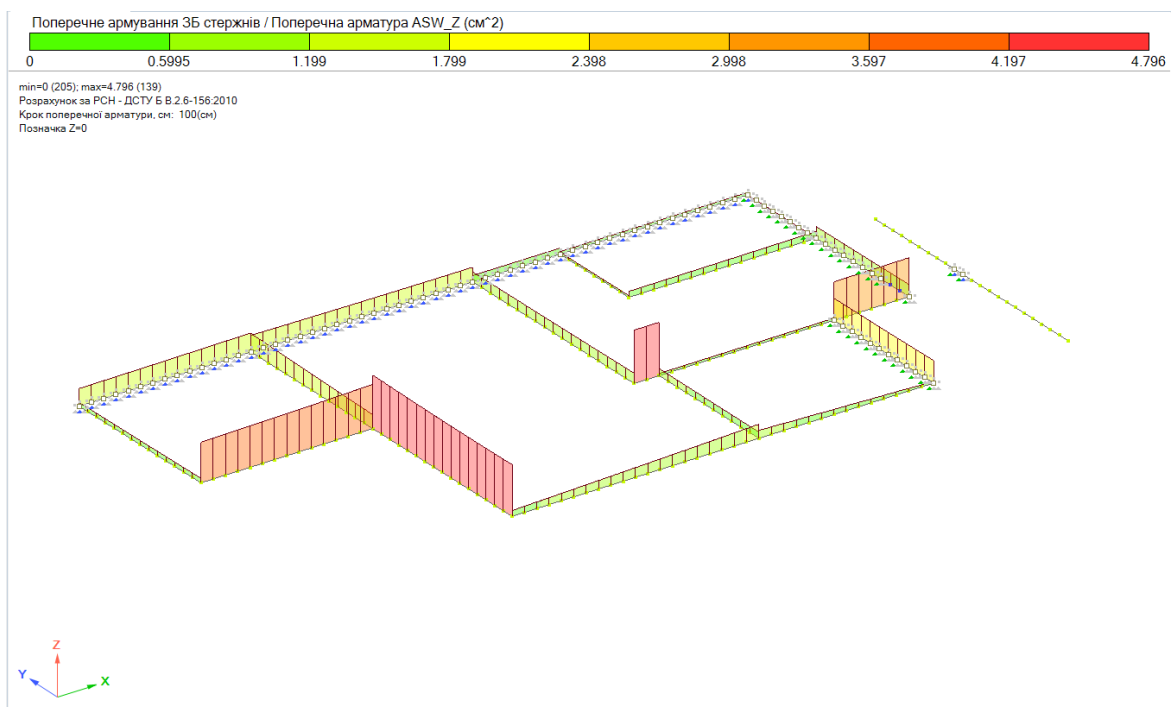


Рис. 2.15 – Епюри необхідної площі поперечної арматури ASW_Z

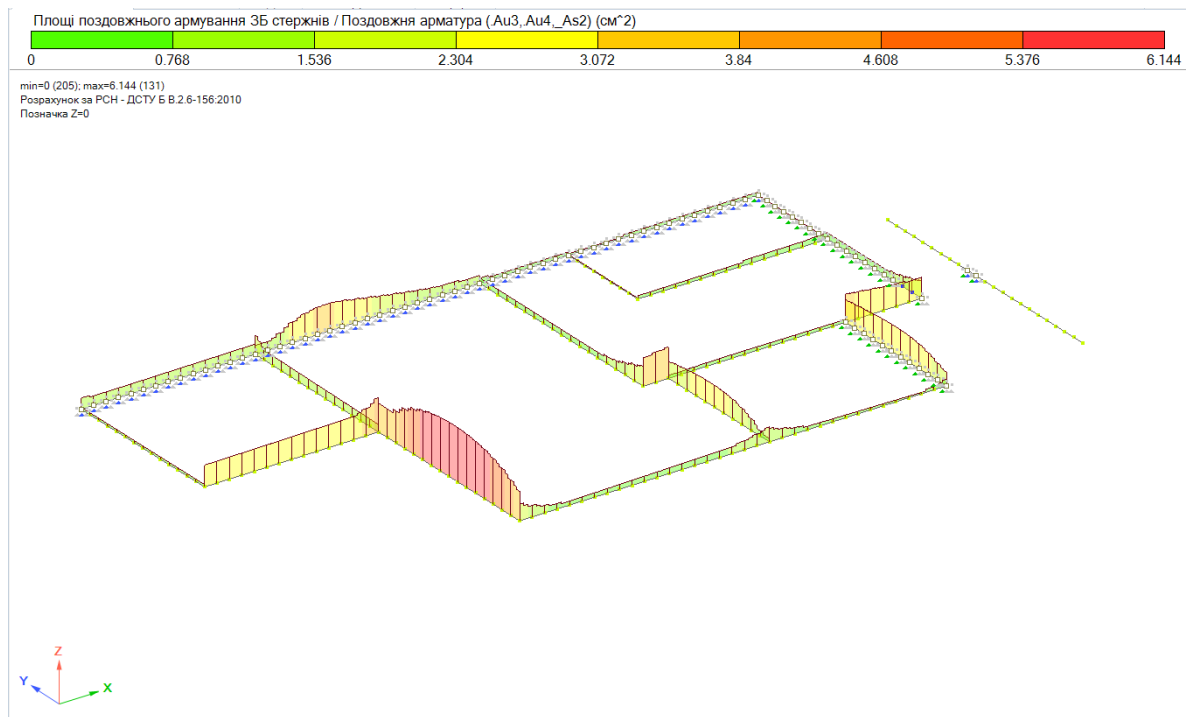


Рис. 2.16 - Епюри необхідної площі нижньої поздовжньої арматури As2

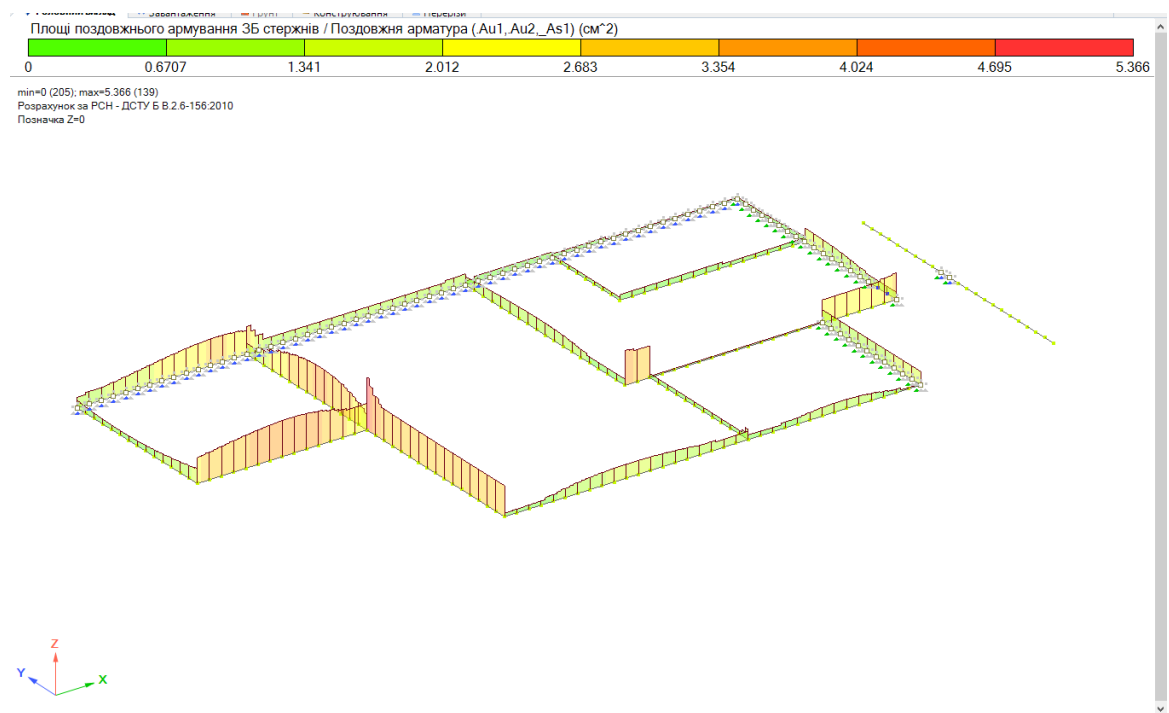


Рис. 2.17 - Епюри необхідної площі верхньої поздовжньої арматури As1

Наступним кроком після оцінки загального відсотка армування став перехід до конкретних площ перерізу металу (y cm^2) для кожної ділянки фундаментної стрічки (рис. 2.14 - 2.17).

Поперечне армування: аналізуючи розрахунок на зріз за епюрами ASW_Y та ASW_Z (рис. 2.14, 2.15), бачимо, що найбільша потреба в поперечній арматурі сягає $4,80 \text{ см}^2$ на погонний метр. Проте на більшій частині фундаменту такі напруження відсутні. На практиці це означає, що хомути працюватимуть здебільшого як конструктивний елемент - їхнім головним завданням буде надійне фіксування поздовжніх стрижнів у єдиний жорсткий просторовий каркас.

Поздовжнє армування Картина впливу згинальних моментів (рис. 2.16, 2.17) показує, що для нижньої розтягнутої зони (A_s_2) необхідна площа арматури становить максимум $6,14 \text{ см}^2$, тоді як для верхньої (A_s_1) достатньо $5,37 \text{ см}^2$. Це означає, що найбільша потреба в металі виникає у таких вузлах: на кутах будівлі, T-подібних перетинах стрічок та безпосередньо під найбільш завантаженими стінами.

Переходячи від комп'ютерної моделі до реальних креслень, для конструювання такого фундаменту доцільно використати класичні просторові каркаси. За основу робочої арматури приймаю стрижні класу A500C діаметром 16 мм. Поперечний контур каркаса формується із замкнених хомутів $\varnothing 8$ мм (клас A240C), які встановлюються з кроком 300 мм.

Отже, результати моделювання підтверджують, що прийняті габарити фундаменту у комбінації з таким армуванням гарантують повну експлуатаційну надійність будівлі.

Монолітні сходи

Для максимально точного відтворення просторової жорсткості та реальної роботи конструкції, сходові марші та проміжні майданчики були змодельовані за допомогою скінченних елементів плитного типу (пластинами). Такий підхід дав змогу коректно визначити розподіл згинальних моментів у всіх зонах конструкції та виконати автоматизований підбір арматури.

За отриманими ізополями площ армування визначено наступні параметри:

- Нижня арматура: розтягуючі зусилля в прольотній частині маршів і майданчиків вимагають розрахункової площі арматури до $0,98 \text{ см}^2/\text{м}$. Цей показник повністю перекривається суцільним фоновим армуванням стрижнями діаметром 5 мм із кроком 200 мм (s200d5)

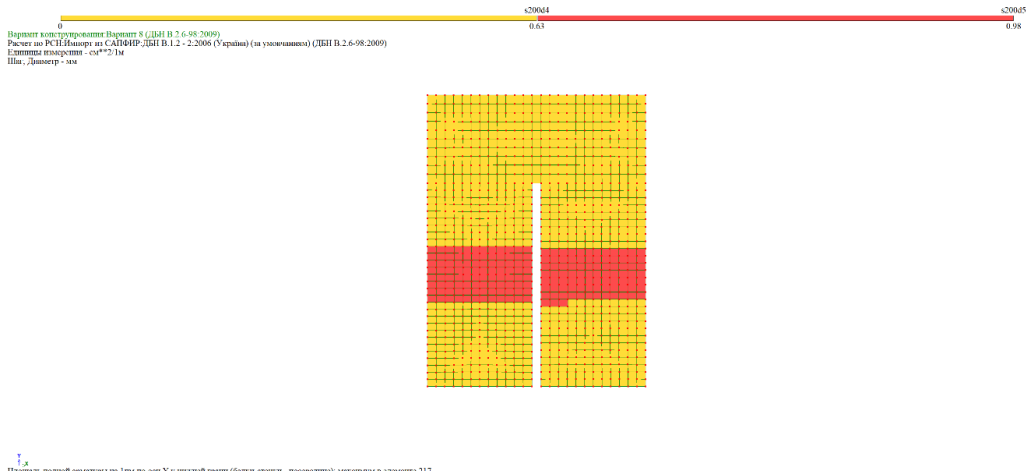


Рисунок 2.18 - Армування уздовж осі Y біля верхньої грані.

- Верхня арматура: найвищі напруження зосереджені на приопорних ділянках - у вузлах жорсткого сполучення маршів із перекриттями. Пікове значення необхідної площі верхньої арматури тут сягає $2,52 \text{ см}^2/\text{м}$. Для надійного сприйняття цих опорних моментів прийнято встановлення робочої арматури діаметром 8 мм із кроком 200 мм (s200d8). На решті площі маршу достатньо конструктивного армування.



Рисунок 2.19 - Армування уздовж осі Y біля нижньої грані.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

3.1 Загальні положення.

Технологічна карта описує ключові етапи зведення двоповерхової будівлі, зокрема: влаштування стрічкового фундаменту, виконання цегляної кладки стін та монтаж міжповерхових перекриттів. Для облаштування перекриттів проектом передбачено використання сучасних залізобетонних плит безопалубного формування (ПБ 88-12-8) з овальними порожнинами та номінальною шириною 1,2 метра.

Таблиця 3.1 Специфікація використаних з/б плит.

Поз.	Позначення	Найменування	Кіл	Маса од, кг	Примітки
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПБ 18-12-8	шт		4
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПБ 43-12-8	шт		3
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПБ 55-12-8	шт		4
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПК 56-12-8	шт		3
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПК 60-12-8	шт		2
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПК 63-12-8	шт		6
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПК 71-12-8	шт		3
	ДСТУ Б В.2.6-116:2010	ПБ 88-12-8	шт		3

Для заповнення та замонолічування поздовжніх швів і технологічних зазорів між збірними залізобетонними плитами перекриття застосовується дрібнозернистий бетон класу міцності С20/25.

3.2 Організація робіт

До початку монтажу збірних залізобетонних плит перекриття (максимальної марки ПБ 88-12-8) на об'єкті має бути повністю завершений комплекс будівельно-монтажних процесів нульового циклу або попереднього поверху. Організація робочого місця та виконання робіт повинні відповідати вимогами ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» та проекту виконання робіт (ПВР) [25].

Оскільки будівництво ведеться в умовах обмеженого простору приватної забудови, а габарити плит (до 8,8 м) і їхня вага (до 3,3 т) є значними, проєктом передбачено монтаж за технологією «з коліс» (без організації проміжного складування на будівельному майданчику).

До основних підготовчих робіт, що передують монтажу, належать:

- Завершення несучих конструкцій: Зведення цегляних стін або влаштування монолітного залізобетонного армопоясу до проєктної відмітки. Бетон опорних конструкцій повинен набрати розрахункову міцність (не менше 70% від проєктної).
- Геодезична підготовка згідно з ДБН В.1.3-2:2010 [26]: Проведення інструментальної (нівелірної) перевірки відміток опорних поверхонь стін. Нанесення на стіни осей будівлі та розмітки проєктного положення кожної плити. Вирівнювання поверхонь у разі виявлення перепадів висот.
- Підготовка майданчика для крана: Влаштування ущільненої та спланованої стоянки автомобільного крана. Ухил майданчика не повинен перевищувати 3°. Перевірка безпечних відстаней від виносних опор до країв траншей чи котлованів.
- Логістична підготовка: Облаштування під'їзних шляхів та зони маневрування для тягачів з напівпричепами-панелевозами, щоб вони могли безпечно заїхати в робочу зону стріли крана для подачі плит.
- Вхідний контроль матеріалів: Візуальна та інструментальна перевірка плит безпосередньо на транспортному засобі: звірка з паспортами якості, перевірка геометричних розмірів, відсутності тріщин, оголеної арматури та стану стропувальних отворів (або підготовка місць для безпетлевих захватів).
- Комплектація робочого місця: Забезпечення ланки необхідними інструментами, вантажозахоплювальними пристроями (балансирна траверса, 4-гілкові стропи), ємностями для розчину, гнучкими відтяжками (не менше 4 м) та засобами індивідуального захисту (каска, запобіжні пояси). Перевірка їхньої

справності.

Склад та організація роботи комплексної ланки:

Монтаж всього обсягу плит перекриття (30 шт.) виконується спеціалізованою комплексно-механізованою ланкою безперервно протягом однієї робочої зміни. Для забезпечення високої продуктивності та дотримання правил техніки безпеки склад ланки чітко розподіляє обов'язки.

Склад монтажної ланки (4 особи):

1. Машиніст крана 6-го розряду (1 особа) - керує 50-тонним автокраном, здійснює плавний підйом, переміщення та опускання важких плит за сигналами ланкового.

2. Монтажник конструкцій 4-го розряду (1 особа, ланковий) - знаходиться на перекритті, координує роботу крана, перевіряє якість розчинової постелі, здійснює точне наведення та рихтування плити при посадці, проводить розстропування.

3. Монтажник конструкцій 3-го розряду (1 особа) - працює в парі з ланковим на висоті, допомагає приймати плиту за допомогою гнучких відтяжок, готує розчинову постіль кельмою.

4. Такелажник 3-го розряду (1 особа) - знаходиться внизу в кузові панелевоза, виконує зачеплення плит траверсою/стропами, перевіряє надійність стропування та дає команду на попередній натяг стропів.

На наступний день до роботи залучаються електрозварник 4-го розряду (для приварювання анкерних зв'язків) та двоє бетонярів 2-3 розрядів, які виконують ретельне замонолічування швів та торцевих пустот плит дрібнозернистим бетоном, формуючи таким чином єдиний жорсткий диск перекриття.

3.3 Підбір Автотранспорту

Для монтажу пустотних з/б плит перекриття використовується автокран Liebherr LTM 1030 [22].



Рисунок 3.1 - Liebherr LTM 1030-2.1

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики крану Liebherr LTM 1030

Марка	Liebherr LTM 1030-2.1
Шасі	Спеціальне шасі Liebherr (2-вісне)
Колісна формула	4x4x4
Повна маса, кг	24000
Розподіл повної маси на передню вісь, кг	12000
Розподіл повної маси на задню вісь, кг	12000
Розмір шин	14.00 R 25 (385/95 R 25)
Додаткове обладнання	Гусьок 8,6-15 м, АБС
Вантажопідйомність, т	35 (на вильоті 3 м)
Максимальний вантажний момент, тм	103
Висота підйому максимальна, м	30 (із гуськом 44)
Висота підйому при максимальному вильоті, м	6
Глибина опускання, м	5
Довжина стріли автокрана, м	9,2 - 30,0

Максимальний виліт стріли, м	26
Швидкість підйому (опускання) вантажу, м/хв.	до 110
Частота обертання, об/хв (макс/хв)	0/2,7
База виносних опор, м	6,3
Відстань між виносними опорами, м	6,03
КПП	ZF
Тип КПП	Автоматизована (6 передач)
Двигун	Liebherr D934S A6
Двигун виконання	EURO-3 / EURO-4
Потужність двигуна, кВт (к.с)	205 (278)
Паливний бак, л	250
Тип кабіни	2-місна (шасі) / 1-місна (кранова)

Для безпечного та ефективного виконання робіт з улаштування перекриття, вибір автомобільного крана (Liebherr LTM 1030) здійснювався на основі комплексного розрахунку. Були враховані такі критично важливі параметри та характеристики:

- Необхідна вантажопідйомність (з урахуванням вантажного моменту): Визначалася масою найважчого збірного елемента – екструдованої плити ПБ 88-12-8 (близько 3,12 т), до якої додано масу вантажозахоплювальних пристроїв (балансирної траверси або стропів - 0,2 т). Кран повинен мати запас вантажопідйомності для роботи з таким вантажем на значних відстанях від осі обертання.
- Робочий виліт стріли: Найважливіший параметр для даного проєкту. Оскільки за технологією монтаж усіх плит (на будівлі габаритами 22,5 × 11,8 м) ведеться з однієї робочої стоянки, кран повинен мати достатній виліт стріли (розрахунковий $R_{роб} = 20$ м), щоб без перебазування подати вантаж у найвіддаленіші точки перекриття.
- Розрахункова висота підйому гака: Визначалася сумою висоти зведених несучих стін попереху, запасу висоти для безпечного переміщення плити над змонтованими конструкціями (згідно з ДБН - не менше 0,5 м) та довжини

самих стропувальних гілок у робочому стані.

- Умови будівельного майданчика (обмежений простір): Враховано специфіку щільної приватної забудови, яка унеможливорює створення повноцінного відкритого складу для великогабаритних плит. Саме тому технічні характеристики крана (зокрема радіус дії) підбиралися з урахуванням необхідності вивантаження та монтажу плит безпосередньо «з коліс» (з напівпричепи-панелевоза).

- Вимоги до основи та безпеки: Оцінено несучу здатність ґрунтів на майданчику для безпечного розгортання широкого опорного контуру (аутригерів) потужного 20-тонного механізму та дотримання безпечних відстаней від можливих траншей чи котлованів фундаменту.

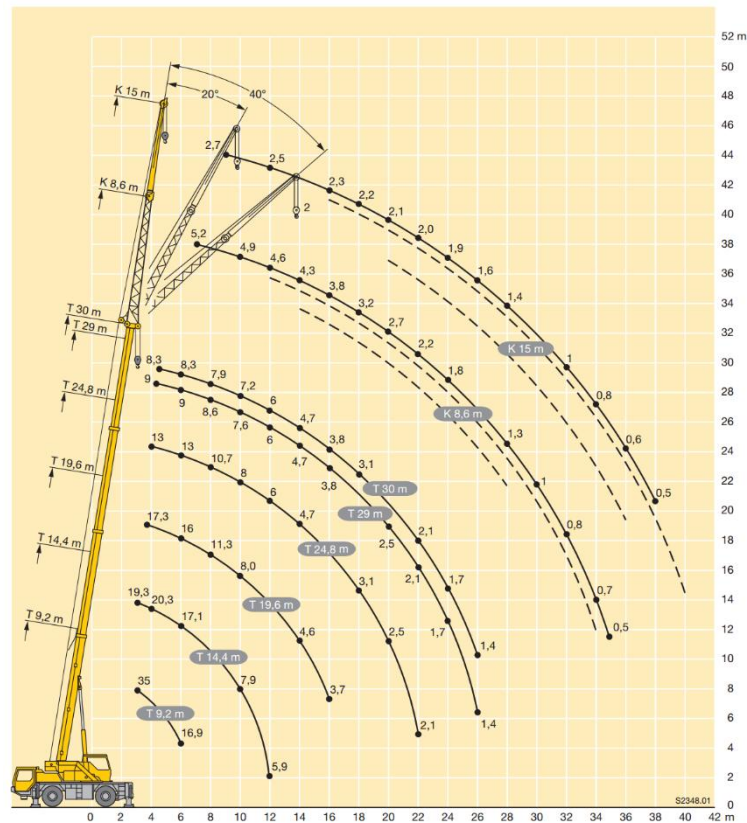


Рисунок 3.2 - Діаграма вантажопідйомності автокрану 50 т.

Даний автокран підбрано з урахуванням вищезазначених параметрів і характеристик. Він відповідає вимогам поставлених задач.

3.4 Підбір транспорту і обладнання

Відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва» [25], вибір транспортних засобів та технологічного оснащення здійснюється на основі техніко-економічного порівняння варіантів з урахуванням об'ємно-планувальних і конструктивних рішень будівлі, маси та габаритів збірних елементів, а також умов будівельного майданчика.

Для даного об'єкта (приватний житловий будинок з розмірами в плані 22,5 × 11,8 м) ключовим фактором при виборі транспортної техніки та оснащення є значна маса монттованих елементів та стиснені умови приватної забудови.

3.4.1 Характеристика монттованих конструкцій

Основними несучими елементами перекриття, згідно з робочими кресленнями, є збірні залізобетонні пустотні плити попереднього напруження, виготовлені за стендовою технологією безопалубного формування (маркування ПБ). Їх застосування регламентується ДСТУ Б В.2.6-116:2010 [24] «Плити перекриття залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд».

До номенклатури елементів, що монттуються, входять плити різних габаритів, однак для підбору транспортних засобів та вантажозахоплювального оснащення до уваги береться найважчий та найдовший елемент будівлі - плита ПБ 88-12-8.

- Довжина плити: 8800 мм;
- Ширина плити: 1200 мм;
- Висота (товщина): 220 мм;
- Маса елемента: до 3,3 т;
- Клас бетону: C20/25.



Рисунок 3.3 - Загальний вигляд пустотної з/б плити.

Особливістю плит типу ПБ є те, що вони виготовляються методом екструзії на довгих стендах і нарізаються алмазними пилками на необхідну довжину. Через це вони можуть не мати класичних монтажних (стропувальних) петель, що вимагає застосування спеціалізованих вантажозахоплювальних пристроїв - м'яких рушників, спеціальних безпетлевих захватів-кліщів або пробивання технологічних отворів у верхній зоні пустот для закладання анкерних гаків стропа.

3.4.2 Обґрунтування технологічної схеми монтажу

Зважаючи на обмежені розміри будівельного майданчика, характерні для приватного сектору, організація приоб'єктного відкритого складу для зберігання залізобетонних плит довжиною 8,8 м є технологічно недоцільною і небезпечною. Складування вимагало б значних вільних площ, ідеально спланованої основи (щоб уникнути тріщин у плитах) та подвійної роботи вантажопідіймальних механізмів (розвантаження з машини на склад, а потім подача зі складу на будівлю).

Тому проектом передбачено виконання робіт за найефективнішою

логістичною схемою - монтаж «з коліс». Відповідно до цієї схеми:

1. Транспортний засіб з плитами прибуває на об'єкт за суворим погодинним графіком;
2. Автомобіль стає безпосередньо в робочу зону стріли крана;
3. Плита знімається з напівпричепа і відразу подається на проектну відмітку перекриття.

Цей метод вимагає високої синхронізації роботи постачальника, транспортної компанії та монтажної ланки, але гарантує максимальну економію площі та значне зниження трудовитрат.

3.4.3 Вибір транспортних засобів для доставки конструкцій

Для перевезення залізобетонних плит ПБ довжиною 8,8 м звичайні вантажні автомобілі не підходять. Відповідно до вимог перевезення довгомірних залізобетонних виробів, кінці плит не повинні звисати з платформи більше ніж на 1 метр для запобігання виникненню згинальних моментів, що можуть призвести до пошкодження виробу під час транспортування.

Доцільним є використання сідлових тягачів марка МАЗ з бортовими або платформеними напівпричепами. Довжина такого напівпричепа має становити не менше 12,5 - 13,6 м, а вантажопідйомність - 20 - 24 тони.



Рисунок 3.4 - Загальний вигляд вантажного автомобіля

Враховуючи масу найважчої плити (3,3 т) та вантажопідйомність транспорту, один напівпричіп здатен безпечно транспортувати 4 великогабаритні плити ПБ 88-12-8 за один рейс, не перевищуючи допустимі навантаження на осі автомобіля згідно з правилами дорожнього руху. Плити менших розмірів можуть комбінуватися і перевозитися в більшій кількості за один рейс.

3.4.4 Вибір вантажозахоплювальних пристроїв та монтажного оснащення

Для забезпечення надійного, рівного підйому довгомірних плит і унеможливлення їхнього розгойдування під час подачі на перекриття застосовується спеціалізоване оснащення:

- Вантажозахоплювальний пристрій: оскільки екструдерні плити ПБ (безопалубного формування) постачаються без монтажних петель, для їх безпечного підйому застосовується спеціалізоване оснащення. Для монтажу використовується балансірна траверса зі спеціальними захватами-кліщами, що надійно фіксують плиту і запобігають пошкодженню країв виробу. Також допускається використання чотиригілкового канатного стропа (вантажопідйомністю не менше 5,0 т) у комплекті зі спеціальними S-подібними гаками (гаками-коромислами), які заводяться у попередньо пробиті монтажні отвори над пустотами плити.

- Гнучкі відтяжки: для точного орієнтування масивної плити у просторі, особливо під впливом вітрових навантажень на висоті, використовуються дві гнучкі відтяжки з капронового каната довжиною не менше 6 метрів кожна. Вони надійно кріпляться до протилежних торців плити перед початком підйому.

3.4.5 Допоміжне обладнання, механізми та інструменти

Окрім основної важкої техніки, комплексна ланка забезпечується набором дрібної механізації та інструментів, необхідних для якісної підготовки

місця укладання та подальшого замонолічування диска перекриття:

- Нівелір (з рейкою): для геодезичного контролю горизонтальності цегляних стін (армопоясу) перед укладанням плит. Відхилення не повинні перевищувати нормативні допуски.
- Розчинна баддя: металева ємність об'ємом 0,5 м³ для прийому готового цементно-піщаного розчину з автобетонозмішувача та подачі його на перекриття.
- Глибинний вібратор: для ретельного ущільнення дрібнозернистого бетону в поздовжніх швах між плитами та в торцевих анкерних вузлах.
- Зварювальний апарат інверторного типу: для надійного зварювання сталевих анкерних зв'язків між укладеними плитами.
- Ручний інструмент: монтажні лопи (для рихтування плити в проєктне положення), кельми муляра, совкові лопати, рулетки, металеві щітки для очищення опор.
- Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): монтажні запобіжні пояси з карабінами для роботи на відкритих краях перекриття, захисні каски, брезентові рукавиці.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Організація будь-якого будівельного процесу має починатися не з підготовки майданчика, а з чіткого аналізу нормативно-правової бази, яка гарантує безпеку життя та здоров'я працівників. Базовим документом, що формує загальну стратегію безпеки на нашому об'єкті, є Закон України «Про охорону праці» [1]. Відповідно до його положень, саме на роботодавця покладається повна юридична та моральна відповідальність за створення належних умов на кожному робочому місці. Оскільки будівельна галузь пов'язана з підвищеними ризиками, загальнодержавні закони доповнюються специфічними державними будівельними нормами (зокрема ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»). Саме ці норми дають нам не просто абстрактні правила, а конкретний механізм дій: як правильно організувати простір, де складувати матеріали та як безпечно використовувати техніку.

Об'єктом проектування є зведення двоповерхового приватного житлового будинку, розташованого у місті Лозова Харківської області. Основним матеріалом зовнішніх та внутрішніх стін визначено керамічну цеглу, тоді як міжповерхові перекриття влаштовуються зі збірних пустотних залізобетонних плит. Специфіка функціонування даного будівельного майданчика полягає у постійному поєднанні процесів ручної праці (мурування стін, приготування будівельних розчинів) із залученням важких механізмів, зокрема автомобільних кранів, необхідних для подачі матеріалів на висоту. З огляду на це, найбільшу потенційну небезпеку становить виконання вантажопідіймальних операцій та робіт на висоті під час зведення другого поверху і покрівлі.

Виходячи із загальних засад охорони праці, головною метою на об'єкті є зведення рівня виробничого травматизму до мінімуму та запобігання виникненню надзвичайних ситуацій. Досягнення цієї мети вимагає суворого

контролю за використанням засобів індивідуального захисту (касок, спецвзуття, запобіжних поясів) та обов'язкового застосування надійних колективних засобів безпеки. Зокрема, для мурування стін передбачається використання виключно інвентарних риштувань із захисними бортами, а всі технологічні отвори в перекриттях підлягають надійному перекриттю або огороженню.

Окрему увагу слід приділити соціально-економічному значенню охорони праці. З соціального погляду абсолютним пріоритетом є збереження життя, здоров'я та загальної працездатності будівельників.

Економічний аспект обґрунтовується тим, що створення безпечних і комфортних умов (забезпечення якісним інструментом, санітарно-побутовими приміщеннями, аптечками) безпосередньо підвищує продуктивність праці. Водночас запобігання аварійним ситуаціям дозволяє уникнути простоїв техніки, псування матеріалів та непередбачуваних фінансових витрат на компенсації, що у підсумку гарантує якісне зведення будинку чітко за встановленим графіком.

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек

Аналіз умов праці на об'єкті проектування здійснюється з урахуванням специфіки організації будівельного виробництва під час зведення двоповерхового приватного будинку. Технологічні процеси на майданчику характеризуються постійною зміною робочих зон, виконанням операцій на відкритому повітрі під безпосереднім впливом мінливих кліматичних умов та одночасною роботою кількох ланок робітників. Головними джерелами потенційної небезпеки є виконання нульового циклу (зокрема, облаштування траншей під монолітний стрічковий фундамент), залучення вантажопідіймальних механізмів для монтажу збірних залізобетонних плит перекриття, а також масове виконання робіт на значній висоті під час мурування зовнішніх стін із керамічної цегли та облаштування плоского суміщеного даху.

При детальному розгляді робочого середовища, відповідно до класифікації державних стандартів [2], насамперед виділяється група фізичних небезпечних і шкідливих факторів. Найбільшу загрозу становить розташування робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі. Цей фактор постійно присутній під час зведення стін другого поверху та виконання покрівельних робіт, а його основною причиною є просторова специфіка багатоярусного будівництва. Крім того, серйозну небезпеку створюють рухомі частини будівельної техніки та багатотонні вантажі (залізобетонні плити товщиною 220 мм), що переміщуються в просторі стріловим краном. У зонах роботи бетономішалок, кутових шліфувальних машин та глибинних вібраторів під час заливання монолітних ділянок працівники зазнають інтенсивного впливу локальної вібрації та підвищеного рівня виробничого шуму, що генерується робочими органами інструментів.

Поряд із фізичними чинниками, виробниче середовище ускладнюється впливом хімічних та біологічних факторів. Хімічна небезпека локалізується переважно в зонах підготовчих і фасадних робіт. Значне виділення неорганічного пилу відбувається безпосередньо на робочих місцях мулярів під час сухого різання керамічної цегли або приготування цементно-піщаних розчинів. Токсичний пил та мікрОВОлокна утворюються також під час монтажу мінеральної вати для утеплення зовнішніх стін. Основною причиною появи цих факторів є механічне руйнування будівельних матеріалів та висока дисперсність і сипучість сухих сумішей. Біологічні фактори проявляються здебільшого під час виконання земляних робіт, де працівники контактують із ґрунтовим середовищем, а також через загальний вплив відкритої місцевості.

Особливої уваги потребують психофізіологічні фактори, які виникають у робітників через необхідність ручного переміщення важких матеріалів, зокрема піддонів із цеглою та ємностей з будівельним розчином. Тривала робота в незручних позах викликає значне статичне та динамічне перенапруження опорно-рухового апарату. Крім того, виконання монтажних операцій на краях перекриттів супроводжується постійним нервово-емоційним напруженням,

спричиненим підсвідомим ризиком падіння. Порівняння фактичних умов із чинними санітарними нормативами свідчить, що без застосування спеціальних засобів захисту рівні запиленості від мінеральної вати, шумове навантаження від будівельної техніки, а також показники важкості праці при ручному підйманні вантажів значно перевищують допустимі межі. Встановлений факт невідповідності нормативам створює пряму загрозу розвитку професійних захворювань і потребує подальшої розробки дієвих організаційно-технічних рішень.

З огляду на виявлені джерела небезпек, повністю усунути вплив зазначених факторів неможливо, оскільки вони є невіддільною частиною затвердженої технології зведення цегляного будинку зі збірними перекриттями. Проте ризик виникнення травм та рівень шкідливого впливу можна суттєво зменшити до нормативних показників. Для цього необхідно сформулювати завдання для наступних підрозділів роботи: розробити конкретні заходи з безпечної організації робіт на висоті із застосуванням інвентарних риштувань, регламентувати правила безпечної експлуатації вантажопідіймальних механізмів та правильного стропування плит, а також визначити вичерпний перелік засобів індивідуального захисту і протипожежних заходів для облаштування безпечного будівельного майданчика.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті проектування

Головною метою цього дослідження є комплексне визначення рівня ризиків під час зведення двоповерхового приватного житлового будинку, а також розробка ефективних заходів для їх мінімізації.

Як ключовий об'єкт для детального оцінювання обрано робоче місце монтажника залізобетонних конструкцій, задіяного у процесі укладання збірних пустотних плит перекриття за допомогою автомобільного крана. Специфіка цієї діяльності полягає в тому, що працівник постійно перебуває в небезпечній зоні

активної дії підйомно-транспортних механізмів, виконує завдання на висоті та взаємодіє з багатотонними будівельними елементами. Такі виробничі умови створюють підвищену загрозу виникнення аварійних ситуацій, які можуть призвести до травмування персоналу або пошкодження матеріальних цінностей.

Для об'єктивного аналізу цих загроз застосовано матричний метод, який базується на співставленні категорії тяжкості можливих наслідків небезпечної події та ймовірності її настання. Отримані результати стануть надійним підґрунтям для визначення поточного рівня безпеки та обґрунтування необхідності впровадження додаткових профілактичних заходів з охорони праці.

4.3.1. Проведення оцінювання ризиків для виявлених небезпек

Падіння з висоти. Під час робіт на рівні понад 1,3 м імовірність падіння є середньою (особливо за негоди), але наслідки - вкрай тяжкими. Це високий (неприйнятний) ризик, який вимагає обов'язкових інженерних заходів захисту.

Травмування предметами, що падають. Загроза падіння інструментів з риштувань та можлива шкода здоров'ю (аж до тимчасової непрацездатності) мають середні показники. Відповідно, загальний рівень ризику - середній.

Удар залізобетонною плитою. Хоча шанс падіння важкої плити за умови правильного кріплення та справного крана є мінімальним, імовірні наслідки є катастрофічними. Тому цей ризик оцінюється як середній і потребує суворого контролю та нагляду.

Біомеханічні перевантаження. Специфіка монтажних робіт передбачає тривале перебування у незручних позах під час стропування та точного позиціонування плит, що створює високу ймовірність перевтоми спини та суглобів. Проте через легкість наслідків (незначні розтягнення чи втома без тривалого лікарняного) цей ризик також класифікується як середній.

4.3.2. Класифікація та характеристика виявлених виробничих ризиків на робочому місці

Для забезпечення об'єктивності дослідження умов праці на об'єкті проектування виникає необхідність детального аналізу факторів ризику, що супроводжують технологічний процес укладання пустотних плит перекриття. Відповідно до положень та класифікації, наведеної у ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві» [3], небезпечні та шкідливі виробничі фактори на досліджуваному робочому місці мають комплексну природу та характеризуються одночасною або комбінованою дією на працівника.

Домінуючу групу в структурі загального рівня небезпеки становлять фактори механічного походження. Оскільки технологія зведення перекриття передбачає систематичні просторові переміщення великогабаритних залізобетонних конструкцій значної маси за допомогою автомобільного стрілового крана, критичним ризиком виступає ймовірність безпосереднього фізичного контакту працівника з підвішеним вантажем. Зокрема, на етапі позиціонування плити на несучих стінах виникає підвищена загроза защемлення кінцівок. Окрім того, зберігається ймовірність виникнення позаштатних ситуацій інфраструктурного та експлуатаційного характеру: руйнування стропів внаслідок зношення, відмова гальмівної системи вантажної лебідки або помилкові дії машиніста крана, що здатні спровокувати неконтрольоване падіння або розгойдування вантажу. До цієї ж групи фізичних небезпек належить ризик падіння працівника з висоти другого поверху внаслідок відсутності тимчасових огорожень відкритих прорізів, а також імовірність травмування об'єктами, що падають з верхніх ярусів інвентарних риштувань.

Вагомий вплив на формування рівня виробничого ризику здійснюють параметри навколишнього середовища. Враховуючи, що будівельно-монтажні роботи у м. Лозова виконуються на відкритих майданчиках, мікрокліматичні та погодні умови безпосередньо позначаються на безпеці праці. Найбільш

дестабілізуючим фактором під час проведення кранових робіт є вітрове навантаження. Через значну площу поверхні пустотної плити сильні пориви вітру генерують ефект парусності, спричиняючи неконтрольоване розгойдування вантажу та суттєво ускладнюючи його безпечне позиціонування. Додатковим фактором ризику виступають атмосферні опади та сезонні зниження температури, які призводять до обледеніння або зволоження робочих поверхонь, що пропорційно збільшує ймовірність втрати рівноваги та падіння працівників.

Поряд із фізичними факторами, суттєвим чинником, що впливає на показники виробничого травматизму, є психофізіологічне навантаження на організм працівника. Специфіка діяльності монтажника залізобетонних конструкцій обумовлює необхідність тривалого перебування у вимушених та незручних робочих позах. Потреба у безперервному балансуванні, постійній концентрації зорової уваги на переміщеннях стріли крана та координації спільних дій із машиністом формує високий рівень статодинамічної та нервово-емоційної напруги. У довгостроковій перспективі це стимулює накопичення фізіологічної втоми, зниження швидкості сенсомоторних реакцій та притуплення відчуття небезпеки.

Оцінювання виявлених загроз дозволяє чітко структурувати підходи до управління ними. Найбільш небезпечні ситуації (зокрема, ризик падіння з висоти) класифікуються як абсолютно неприйнятні. Це означає, що виконувати такі роботи категорично заборонено, поки не будуть встановлені надійні колективні огороження або не застосовані індивідуальні страхові системи. Водночас існують загрози середнього рівня, такі як небезпека від підвішеного вантажу чи загальна перевтома. Їх неможливо повністю елімінувати з будівельного процесу, але вони вважаються допустимими за певних умов. Головна вимога для їх мінімізації - суворе дотримання технологічних карт, раціональна організація перерв на відпочинок та безперервний контроль за безпекою з боку керівника робіт.

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

4.4.1. Організаційні заходи з охорони праці

Цей блок заходів спрямований на мінімізацію ризиків, пов'язаних із людським фактором, та оптимізацію робочих процесів під час ручної праці.

- Навчання та інструктажі. Допуск до робіт виключно після проходження вступного та первинного інструктажів. Перед кладкою стін (380 мм) та стропуванням плит (220 мм) проводяться обов'язкові цільові інструктажі для мулярів і монтажників.

- Кваліфікаційні вимоги. Робота з краном і стропування дозволені лише працівникам із дійсними посвідченнями та щорічною перевіркою знань. Для висотних робіт (дах, риштування) обов'язковим є відповідний медичний допуск.

- Знаки та кольори безпеки. Робоча зона крана позначається попереджувальними знаками. Місця перепадів висот (незавершені сходи, відкриті краї плит) огорожуються сигнальною жовто-чорною стрічкою та знаками «Небезпека падіння».

- Режим праці та відпочинку. З огляду на клімат м. Лозова та важкість праці мулярів, запроваджено регламентовані 15-хвилинні перерви кожні 2 години (для відпочинку, зняття напруги, обігріву або охолодження).

- Ергономіка робочого місця. Матеріали (піддони з цеглою, розчин) розміщуються так, щоб уникати нахилів і поворотів тулуба понад 30°. Робоча зона підтримується на оптимальній висоті 0,6–1,2 м завдяки своєчасному нарощуванню ярусів риштувань.

4.4.2. Технічні та технологічні заходи

Технічні заходи спрямовані на створення безпечного виробничого середовища та нейтралізацію небезпечних і шкідливих факторів фізичної, хімічної та механічної природи.

- Роботи на висоті: монтаж закріплених трубчастих риштувань із суцільними настилами, поручнями (від 1,1 м) та бортовими дошками (від 15 см). Під час монтажу плит перекриття є обов'язковим використання запобіжних поясів.

- Мікроклімат і захист дихання: облаштування побудов для відпочинку та обігріву. Під час роботи з мінеральною ватою (утеплення) працівники обов'язково використовують респіратори FFP2, закриті окуляри та щільний спецодяг.

- Зниження шуму та вібрації: розміщення техніки (бетономішалок) на амортизаційних підкладках. Видача працівникам берушів і антивібраційних рукавиць. Безперервна робота з віброінструментом обмежується 40 хвилинами.

- Освітлення робочих зон: встановлення світлодіодних прожекторів на щоглах для темної пори доби [4]. Освітленість має становити не менше 30 лк для загальних завдань та від 50 лк для точних робіт (наприклад, кладка фасаду).

- Електробезпека: обов'язкове заземлення та занулення металевих корпусів обладнання (крани, зварювальні апарати) [5]. Кабелі прокладаються в захисних коробах або на висоті, а щитки оснащуються пристроями захисного відключення (ПЗВ) на 30 мА.

4.4.3. Архітектурно-планувальні заходи

Архітектурно-планувальні заходи реалізуються ще на стадії розробки Будівельного генерального плану (будгенплану) та проекту виконання робіт (ПВР).

Зонування майданчика: територія будівництва в м. Лозова чітко розмежовується на робочі зони, зони складування та санітарно-побутові зони. Побутові вагончики розташовуються за межами небезпечної зони роботи крана.

Організація місць складування: збірні залізобетонні пустотні плити перекриття складуються у штабелі висотою не більше 2,5 м на вирівняних майданчиках із застосуванням дерев'яних підкладок і прокладок. Керамічна

цегла складається на піддонах. Це запобігає їх самовільному обваленню та полегшує безпечне стропування.

Організація руху: на майданчику сплановані безпечні пішохідні доріжки та проїзди для автотранспорту (доставка бетону, цегли), які не перетинаються з небезпечними зонами піднімання вантажів.

4.4.4. Рекомендації щодо впровадження технічних заходів

Для успішного впровадження розроблених заходів та забезпечення їхньої ефективності на практиці рекомендується:

Призначити відповідальну особу (виконроба або майстра ділянки), яка здійснюватиме щоденний контроль за станом риштувань, правильністю застосування засобів індивідуального захисту (особливо при роботі з мінеральною ватою) та дотриманням схем стропування плит перекриття.

Впровадити систему треступеневого адміністративно-громадського контролю за станом охорони праці на будівельному майданчику.

Перед початком кожного нового технологічного етапу (перехід від зведення фундаменту до кладки стін, перехід до монтажу даху) проводити цільові комісійні огляди технічного стану інструментів, вантажозахватних пристроїв та електрообладнання з фіксацією результатів у спеціальних журналах.

5. Висновки

Мета розділу - гарантувати безпеку під час будівництва двоповерхового цегляного будинку в м. Лозова. На основі аналізу та оцінки ризиків розроблено комплекс заходів:

- організаційно-технічні: застосування огорожених інвентарних риштувань для мурування стін (380 мм) та запобіжних поясів під час монтажу плит перекриття (220 мм).

- санітарно-гігієнічні: обов'язкове використання ЗІЗ (респіратори, окуляри) для захисту від пилу під час роботи з мінеральною ватою.
- планувальні: раціональне зонування майданчика та безпечне розташування матеріалів.

Оцінка ефективності: Запропоновані рішення знижують усі виявлені небезпеки (особливо критичний ризик падіння з висоти) до безпечного рівня. Вони повністю відповідають нормам ДБН А.3.2-2-2009 та гарантують збереження життя і здоров'я будівельників.

Джерела

1. Закон України «Про охорону праці».
2. ДСТУ 2293:2014 Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
3. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009
4. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
5. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
6. ДБН В.2.5-28:2018 «Природне і штучне освітлення»;
7. ДБН А.2.1-1-2014 «Вишукування, проєктування і територіальна діяльність. Вишукування. Інженерні вишукування для будівництва»
8. ДБН Б.2.2-12:2019 «Планування та забудова територій»
9. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги»
10. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія»
11. ДБН В.1.2-2:2006 «Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проєктування. Зі Змінами № 1 та № 2»
12. ДБН В.2.1-10:2018 «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення»
13. ДБН В.2.2-9:2018 «Будинки і споруди. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зі Зміною №1»
14. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. Зі Зміною №1»
15. ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 «Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем»
16. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель»

17. ДБН В.2.6-98:2009 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. Зі Зміною №1»
18. ДСТУ Б В.2.6-156:2010 «Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування»
19. ДБН В.2.6-162:2010 «Конструкції будинків і споруд. Кам'яні та армокам'яні конструкції. Основні положення. Зі Зміною № 1»;
20. ДСТУ Б В.2.6-207:2015 «Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд»;
21. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності G19 – Будівництво та цивільна інженерія, освітньо-професійна програма «Промислове та цивільне будівництво») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : К. В. Спіранде, С. В. Бутенко, С. В. Бутнік, В. А. Александрович, О. В. Кабусь. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2026. – 31 с.
22. Довідник характеристик будівельної техніки. Автомобільні крани: Liebherr LTM 1030-2.1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://строй-техника.укр/catalog/avtokrany/liebherr-ltm-1030>;
23. ДБН В.1.2-14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»
24. ДСТУ Б В.2.6-116:2010 «Плити перекриттів залізобетонні багатопустотні для будівель і споруд. Технічні умови»
25. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва»
26. ДБН В.1.3-2:2010 «Геодезичні роботи у будівництві»