

**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
КОТЕДЖНИЙ 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 Максим Ігорович



Керівник 

к.т.н., доцент Александрович В.А.

Рецензент 

ст. викл. Гаврилюк О.В.

Харків

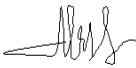
2026

**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**
«01» червня 2026 року

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

Задорожний Максим Ігорович

Спеціальність: *192 – Будівництво та цивільна інженерія*

Освітньо-професійна програма: *Промислове та цивільне будівництво*

Тема кваліфікаційної роботи: *Котеджний 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.*

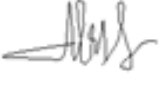
Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

- 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.*

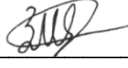
КОНСУЛЬТАНТИ РОЗДІЛІВ РОБОТИ

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	Александрович. В.А.		
	Розрахунок надземної частини об'єкту	Шемет Р.М.		
3. Технологічні рішення та організація будівництва		Давиденко О.А.		
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  к.т.н., доцент Александрович В.А.

Завдання прийняв до виконання  Задорожний М.І.

Дата видачі завдання «01» червня 2026 р.

Зміст

Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА	6
1.1 Вихідні дані для проєктування	6
1.2 Генеральний план забудови	7
1.3 Об'ємно-планувальне рішення	9
1.4 Характеристика основних конструктивних елементів будівлі	14
1.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни	18
1.6 Інженерно-технічне обладнання котеджу	19
1.6.1 Електропостачання та відновлювальна енергія	19
1.6.2 Опалення та вентиляція	20
1.6.3 Водопровід та каналізаційні мережі	22
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА	26
2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту	26
2.1.1 Аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівельного майданчика	26
2.1.2 Фізико-механічні характеристики ґрунтів основи	27
2.1.3 Конструктивні параметри та обґрунтування типу фундаменту	27
2.1.4 Створення моделі в програмному забезпеченні	29
2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту	38
2.2.1 Передумови проєктування та формування конструктивної схеми перекриття	38
2.2.2 Аналіз та збір навантажень на плити перекриття	40
2.2.3 Розрахунок пустотної плити перекриття	40
2.2.3.1 Характеристика матеріалів та геометрія	40
2.2.3.2 Навантаження та внутрішні зусилля	41
2.2.3.3 Геометричні параметри приведенного перерізу	42
2.2.3.4 Розрахунок втрат попереднього напруження	42
2.2.3.5 Перевірка граничних станів	43
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА КОТЕДЖУ	45
3.1 Вихідні дані та підготовка на будівництві	45
3.2 Технологія виконання земляних робіт	46
3.3 Технологія монтажу опалубки під фундаментну плиту	47
3.4 Технологія та організація арматурних робіт	49

3.5	Технологія бетонування фундаментної плити	51
3.5.1	Транспортування бетонної суміші.....	51
3.5.2	Подача та укладання бетону	52
3.5.3	Технологічний догляд за бетоном.....	54
3.6	Калькуляція виконання робіт та організація потоків	55
3.7	Контроль якості робіт	57
3.8	Розрахунок потреби в матеріально-технічних ресурсах.....	59
3.8.1	Потреба в основних будівельних матеріалах	59
3.8.2	Потреба в основних будівельних машинах та технологічному інвентарі	60
3.9	Техніко-економічні показники	61
РОЗДІЛ 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.....	65
4.3.1	Оцінювання ризиків на робочому місці муляра	66
4.3.2	Оцінювання ризиків на робочому місці бетонника.....	67
4.3.3	Оцінювання ризиків на робочому місці стропальника	68
4.4	Організаційно-технічні заходи щодо покращення умов праці.....	69
4.4.1	Організаційні заходи з охорони праці	69
4.4.2	Технічні рішення при зведенні монолітного фундаменту та стін підвалу	69
4.4.3	Технічні заходи при виконанні цегляного мурування	70
4.4.4	Заходи щодо забезпечення електробезпеки та гігієни	70
4.5	Інженерно-технічна регламентація безпечних зон та вантажопідйомних засобів	71
4.5.1	Обґрунтування меж небезпечної зони автомобільного крана	71
4.5.2	Технічні вимоги та підбір знімних вантажозахоплювальних пристроїв	72
4.6	Висновки.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....		76

Розділ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Вихідні дані для проєктування

Будівництво двоповерхового котеджу загальною площею 383,2м² з повноцінним підвальним поверхом передбачено на ділянці, яка розташована за адресою вулиця Батумська 21, місто Харків, Україна[2]. Дана ділянка розташована в зоні малоповерхової житлової забудови відповідно до Генерального плану міста.

Місто Харків відноситься до І-го кліматичного району[1].

Характеристичні навантаження кліматичних факторів, де розміщено об'єкт, який проєктується, згідно ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи"[1]:

- значення вітрового навантаження для другого району - 450 Па (45кгс/м²);
- значення ваги снігового покриву для 5-го району - 1600 Па (160кгс/м²);
- значення товщини стінки ожеледі для 3-го району - 19мм.

Вихідними матеріалами слугують інженерно-геологічні вишукування, технічні умови а також побажання замовника на рахунок функціональності та енергоефективності. Земельна ділянка відповідає цільовому призначенню під забудову житлового котеджу згідно затвердженого генерального плану міста Харків[2].

Основні цілі проєктування являють собою створення комфортного, сучасного та енергоефективного житлового будинку, забезпечення високого рівня безпеки, довговічності конструкцій, раціональне використання земельної ділянки та гармонійне вписування об'єкта в існуюче навколишнє середовище. Особлива увага була приділена енергоефективності будівлі, пасивному використанню сонячної енергії та застосуванню сучасних інженерних систем для зниження експлуатаційних витрат в майбутньому. В проєкті передбачено застосування теплоізоляційних матеріалів, енергоефективних вікон а також можливість інтеграції відновлювальних джерел енергії.

Проєкт розроблений з урахуванням вимог комплексної безпеки: пожежної, сейсмічної, санітарно-гігієнічної та експлуатаційної [7].

Також при проєктуванні було враховано сучасні тенденції індивідуального житлового будівництва. Використовуються екологічно чисті матеріали, створений комфортний мікроклімат приміщень.

1.2 Генеральний план забудови

Проектований котедж розташований у центральній частині ділянки, що дозволяє раціонально розподілити територію на вхідну та приватну зони(див. Рисунок 1.1).

Розташування та проєктування об'єкта виконано з дотриманням всіх нормативних відстаней та норм відповідно до ДБН Б.2.2-12:2019[2].

Головний фасад орієнтується на південь, що забезпечить максимальне використання сонячної радіації для пасивного опалення житлових приміщень у період зими. Ділянка забудови прямокутної форми з загальною площею 0,2 га.

Оточення ділянки складає переважно вільна від забудови територія та одно-, та двоповерхова забудова житлового призначення. Згідно з детальним планом території на вільних земельних ділянках, що оточують ділянку проєктування, планується будівництво житлового мікрорайону.

Підключення об'єкта до транспортної мережі та інженерної інфраструктури планується здійснити від інженерних мереж, що існують в найближчому оточенні, згідно з технічними умовами відповідних служб. По периметру будівлі передбачено бетонне вимощення шириною 1,5 м з ухилом 3% для подальшого відведення поверхневих вод[8].

Дане рішення розміщення котеджу забезпечує оптимальну функціональність території, зручність під'їзду а також маневрування транспорту, враховувались й створення комфортних зон для відпочинку. Загальна площа становить приблизно 30% від площі ділянки.

Територія розділена на такі функціональні зони:

- Вхідна зона – включає в себе головний вхід, сходовий ганок, місце для нетривалого паркування гостей та пішохідних доріжок з бруківки;

- Приватна зона – вона розташовується в задній частині ділянки, включає в себе зону відпочинку, терасу, газон та майданчик для приготування їжі;
- Господарська зона – в ній передбачено місце для сміттєвих контейнерів, інженерні вузли та господарські будівлі при необхідності їх використання.

Також на ділянці запроектовано комплекс благоустрою, а саме:

- Пішохідні доріжки з покриттям бруківки;
- Автомобільна стоянка на 3 машини з твердим покриттям;
- Зелена територія, на якій посаджені дерева, та влаштовано створення газону;
- Передбачена система дощової каналізації з відведенням вод у мережу зливу або поглинаючий колодезь.

Додаткова увага приділяється пожежній безпеці: проїзди передбачені шириною не менше 3,5 м по периметру. Відстань до сусідніх будівель та меж ділянки перевищують мінімально допустимі, для повного забезпечення безпеки та комфорту власників.

Екологічні та естетичні аспекти.

Головний фасад орієнтується на південь, що сприяєш покращенню мікроклімату всередині приміщень. Також використання місцевих видів рослин для озеленення дозволяє вписати об'єкт у існуюче ландшафтне середовище.

Для того, щоб уникнути додаткових витрат на будівництво передбачено підключення котеджу до існуючих інженерних мереж.

Враховуючи всі чинники, прийняте рішення генерального плану відповідає сучасним вимогам і дозволяє максимально забезпечити раціональне використання ділянки а також зберегти високий рівень комфорту.



Рисунок 1.1 – Ситуаційний план

1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Об'єкт, розміри в осях якого 13,15 х 13,14 м складається з двох поверхів(див. Рисунок 1.2 та Рисунок 1.3) та підвалу(див. Рисунок 1.4), які поєднуються міжповерховими дизайнерськими сходами.

Висоти поверхів:

- підвальна частина – 4,5 м;
- 1 поверх – 3,5 м;
- 2 поверх – 3,5 м.

Планування котеджу спроектовано так, щоб чітко розділити будівлю на функціональні зонування. Підвальний поверх містить підвальне приміщення, в якому розташовані інженерно-технічні вузли(котельня, вузли обліку та інші), тренажерний зал та санвузол. На першому поверсі знаходиться зона загального використання з кімнатою персоналу. Другий поверх є повністю приватною зоною з відокремленими спальними кімнатами та домашнім кінотеатром.

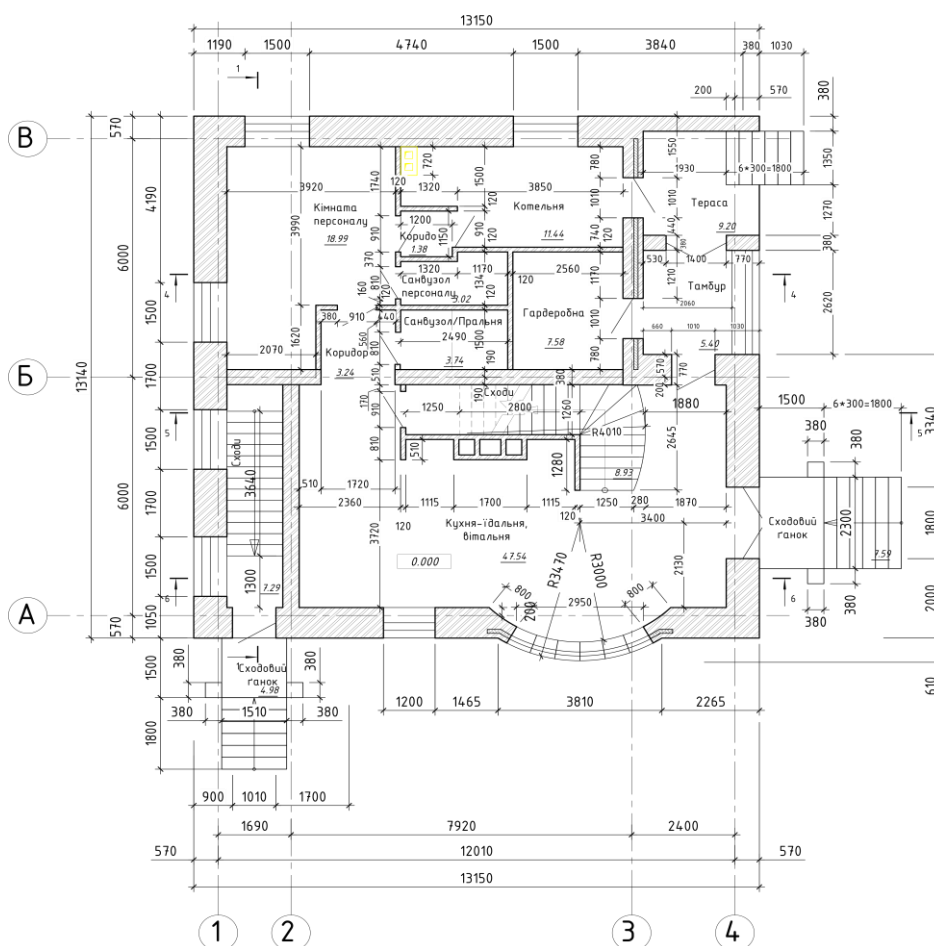


Рисунок 1.2— План першого поверху на відм.0.000

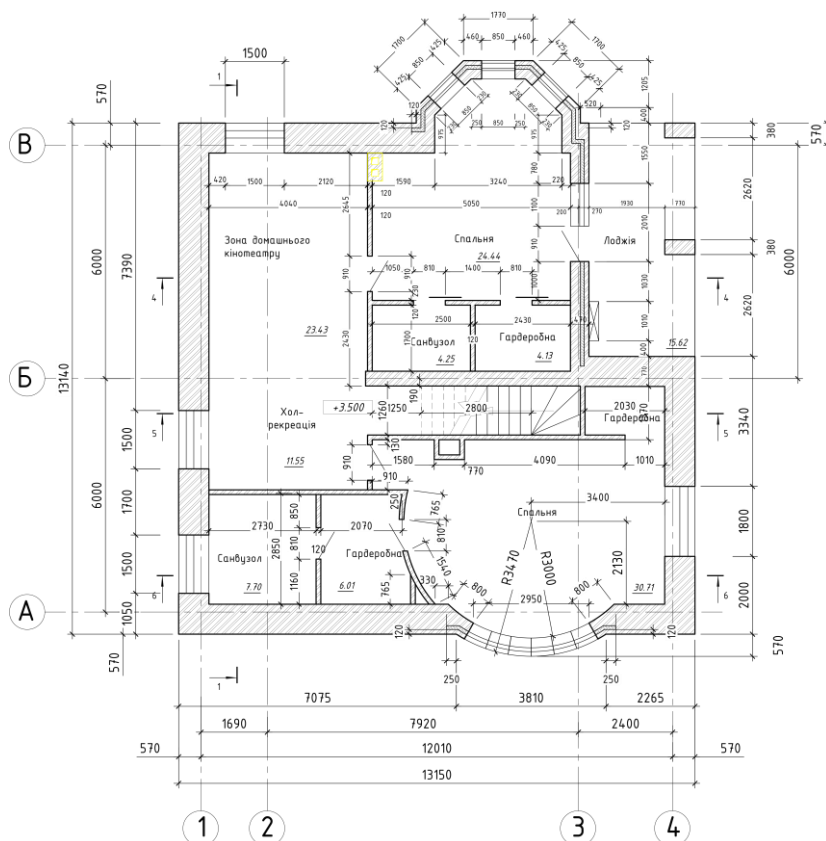


Рисунок 1.3 – План другого поверху на відм.+3.500

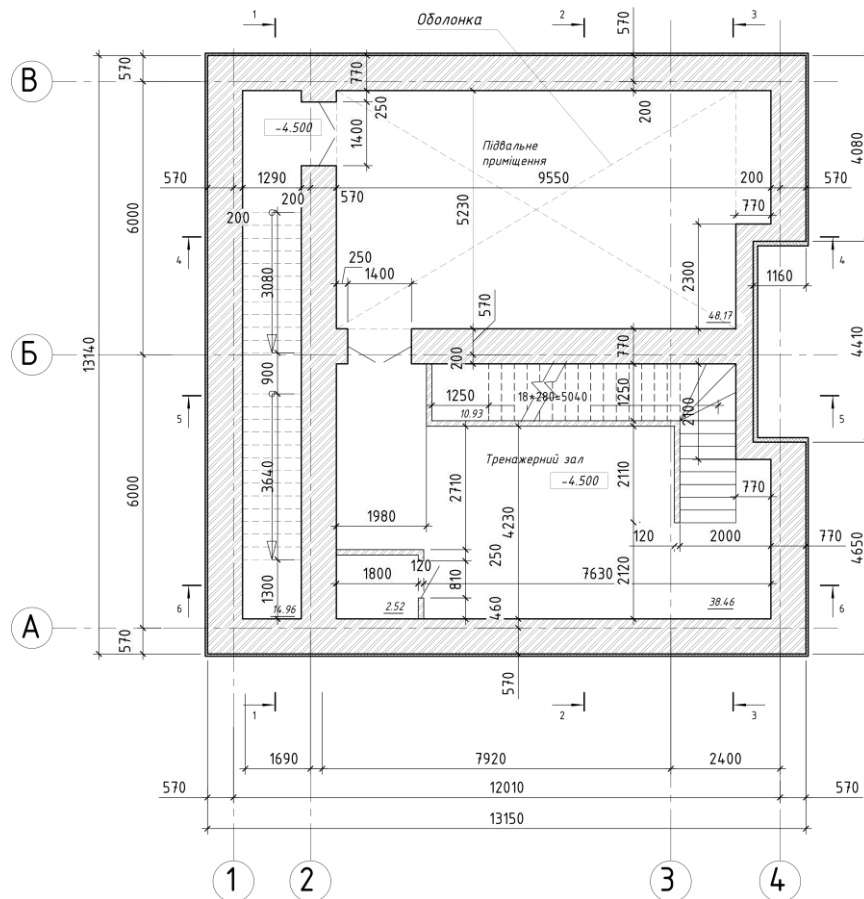


Рисунок 1.4 – План підвального поверху на відм.-4.500

Експлікації поверхів даного котеджу дивитись Таблиця 1.1, Таблиця 1.2, Таблиця 1,3 відповідно.

Таблиця 1.1 – Експлікація підвального поверху.

№	Найменування	Площа,м ²	Примітка
1	Сходи	14,96	Підсобне
2	Тренажерний зал	38,46	Підсобне
3	Сходи	10,93	Підсобне
4	Санвузол	2,52	Підсобне
5	Підвальне приміщення	48,17	Підсобне
	Всього	115,04	

Таблиця 1.2 – Експлікація першого поверху

№	Найменування	Площа,м ²	Примітка
1	Тамбур	5,40	Підсобне
2	Тераса	9,20	Підсобне
3	Гардеробна	7,58	Підсобне
4	Котельня	11,44	Підсобне
5	Санвузол персоналу	3,02	Підсобне
6	Санвузол/пральня	3,74	Підсобне
7	Коридор	1,38	Основне
8	Кімната персоналу	18,99	Основне
9	Коридор	3,24	Основне
10	Кухня-їдальня, вітальня	47,54	Основне
11	Сходи	8,93	Підсобне
12	Сходи	7,29	Підсобне
13	Сходовий ганок	7,59	Підсобне
14	Сходовий ганок	4,98	Підсобне
	Всього	140,32	

Таблиця 1.3 – Експлікація другого поверху

№	Найменування	Площа,м ²	Примітка
1	Лоджія	15,62	Підсобне
2	Спальня	24,44	Основне
3	Гардеробна	4,13	Підсобне
4	Санвузол	4,25	Основне
5	Зона домашнього кінотеатру	23,43	Основне
6	Хол-рекреація	11,55	Основне
7	Спальня	30,71	Основне
8	Санвузол	7,70	Підсобне
9	Гардеробна	6,01	Підсобне
	Всього	127,84	

Прийняті висоти поверхів є обґрунтованими функціональним та естетичними вимогами. Висота підвального поверху 4,5 м дає можливість комфортно розмістити інженерне обладнання, тренажерний зал та в цілому забезпечити достатню висоту приміщень для створення відчуття комфорту простору.

Житлові поверхи запроєктовані висотою 3,5 м, це забезпечує хорошу пропорцію приміщень та сприяє ефективній роботі систем природної вентиляції.

Підвальний поверх передбачає створення зони під технічні та допоміжні приміщення. Розмістивши на даному поверсі котельню, вузли обліку та тренажерний зал дозволяє нам звільнити надземні поверхи від обладнання, також покращити шумоізоляцію і оптимізувати оптимальне використання площі.

На першому поверсі створена зона для загального користування. Запроєктовано простору кухню об'єднану з вітальною. Кімната персоналу, санвузли та технічні приміщення розташовані так, щоб не порушувати комфорт основної зони. Завдяки наявності тераси є можливість розширення зони відпочинку в теплий період року.

Другий поверх відведений під приватну зону. Відокремлені спальні кімнати, гардеробні та санвузли повністю забезпечують необхідний рівень комфорту та приватності для членів сім'ї. Зона кінотеатру та хол-рекреації створюють додатковий простір для можливості відпочинку.

Перевагами прийнятого рішення є:

- чітке функціональне зонування;

- Раціональне використання площі;

- Можливість природного освітлення та вентиляції для більшої кількості приміщень;

- зручна взаємодія між поверхами завдяки дизайнерським запроєктованим сходам;

- висока гнучкість планування для можливих змін у майбутньому.

1.4 Характеристика основних конструктивних елементів будівлі

Вибір конструктивного рішення для будівництва котеджу обумовлений необхідністю забезпечення енергоефективності будівлі, ступенем її вогнестійкості та довговічністю[7]. Будівля запроєктована безкаркасною з поздовжніми та поперечними несучими стінами. Дане рішення забезпечує високу просторову жорсткість, технологічність під час зведення та якісні теплотехнічні характеристики при відносно невисокій вартості будівництва.

Фундаменти та конструкція підвального приміщення

Прийнявши до уваги поверховість будівлі, експлуатаційні навантаження та наявність повнорозмірного поверху з відміткою підлоги -4,500 м, приймаємо плитно-стінову конструкцію підземної частини. Основою будівлі є монолітна залізобетонна фундаментна плита товщиною 400 мм[8].

Фундамент виконується з бетону класу C20/25, має підвищені показники водонепроникності та морозостійкості, які є обов'язковими для підземних споруд. Армування плити виконується верхнім та нижнім шаром у вигляді в'язаних сіток із гарячекатаної арматури. На лесові ґрунти Харківського регіону ці рішення дозволяють рівномірно розподілити навантаження, а також мінімізувати нерівномірні осідання.

Стіни

Стіни підвалу запроєктовані монолітними залізобетонними товщиною 770 мм, а стіни надземної частини виконані із повнотілої червоної цегли марки M150 шириною 770 та 380 мм на цементно-піщаному розчині марки не менше M75[9]. При виборі матеріалів для стін та інших конструкцій також враховувалися рекомендації Білецького В.С. та Кривенко П.В. «Будівельне матеріалознавство» [11].

Така значна товщина кладки в поєднанні з зовнішнім утепленням забезпечує високу теплову інерційність будівлі, високі звукоізоляційні властивості та підвищену вогнестійкість. Використання повнотілої цегли замість пустотілої

грунтується необхідністю несучої здатності та довговічністю конструкції в умовах клімату[9].

Перегородки

Внутрішні перегородки виконуються із газобетонних блоків товщиною 100 мм та починаються від рівня архітектурної підлоги до перекриття. Газобетонні блоки монтуються на спеціальний клейовий розчин. У верхній частині перегородки передбачається деформаційний шов, який заповнюється монтажною піною, для запобігання утворення тріщин.

Використання газобетону дозволяє значною мірою знизити навантаження на перекриття в порівнянні з цегляними перегородками. Крім цього, на відміну від гіпсокартонних перегородок, газоблок забезпечує значно кращу звукоізоляцію, вищу міцність та довговічність. Це дає можливість надійніше навішувати важкі предмети типу сантехніки, телевізора та інше, без додаткового посилення конструкції.

Перемички

Влаштовуються брускові залізобетонні перемички над дверними та віконними прорізами. Переріз перемичок підбирається відповідно до навантажень від плит перекриття та вище розташованої кладки. Глибина обпирання перемичок на стіну приймаємо 250 мм для несучих стін та 120 мм для самонесучих. Перемички, які виходять на зовнішню поверхню стін, утепляються екструдованим пінополістиролом для уникнення містків холоду.

Перекриття

Перекриття виконується із пустотних залізобетонних плит товщиною 220 мм, які монтуються на шар цементно-піщаного розчину марки М100 товщиною 15 мм та окремих монолітних ділянок[16, 17]. Глибина обпирання та закладання плит у стіну приймається рівною 200 мм. Обпирання виконується виключно на заздалегідь підготовлені монолітні пояси, для запобігання утворення тріщин та

сколів у цеглі, а також для кращого розподілу навантаження. Це рішення прийняте на основі техніко-економічного порівняння зі збірно-монолітними та монолітними перекриттями. Пустотні плити забезпечують швидкість монтажу, знижену власну вагу(завдяки наявності поздовжніх порожнин), високу несучу здатність та хороші звукоізоляційні характеристики. Наявність монолітних поясів підвищує жорсткість диска перекриття та забезпечує спільну роботу всіх елементів для розподілення рівномірного навантаження.

Дах

Конструкція даху запроєктована скатною. Несучими елементами є дерев'яні крокви перерізом 70х200 мм, які встановлюються з кроком 600мм. Таке рішення було прийнято з урахуванням навантажень від снігового навантаження, та власної ваги даху.

Опорою для крокв прийнято мауерлат, брус перерізом 150х150 мм, який закріплюється за допомогою анкерних болтів, що монтуються під час бетонування армованого поясу.

Відповідно до вимог пожежної безпеки, всі дерев'яні конструкції підлягають обов'язковому обробленню, щоб досягти вогнезахисної ефективності , а також для запобігання біологічного руйнування деревини[7].

Покрівля

Покрівельне покриття виконано з бітумної черепиці, що вкладається по суцільному настилу з вологостійкої плити OSB-3 (16 мм) та шару підкладкового килима. Жорстка основа монтується по системі обрешітки (50х50 мм, крок 350 мм) та контррейки (30х50 мм), яка формує вентиляційний зазор над супердифузійною мембраною.

Гідроізоляційний бар'єр вкладається по кроквяних ногах перерізом 70х200 мм (крок 600 мм) із напуском полотна 150 мм. Система водовідведення — зовнішня організована, з використанням ПВХ-жолобів та труб. Це забезпечує надійний захист від атмосферних опадів, ефективне вентилування підпокрівельного простору та тривалий термін експлуатації покрівлі.

Вікна

Віконні блоки виконуються із металопластикових блоків згідно ДСТУ EN 14351-1:2020[22]. Скління виконується з двокамерних енергоефективних склопакетів, в яких камери заповнені інертним газом, а скло має низьке емісійне напilenня.

Монтаж вікон виконується за технологією “теплого монтажу” з використанням пароізоляції та гідроізоляції, для запобігання промерзанню відкосів та накопичення вологи. З зовнішньої сторони облаштовані металеві відливи з полімерним покриттям, з внутрішньої сторони передбачено влаштування підвіконних дошок із ПВХ – профілю.

Двері

Вхідні двері в будівлю - виконані із протиударних дверних блоків, посилених сталевим каркасом. Внутрішня частина дверей наповнена екструдованим пінополістиролом для запобігання значних тепловтрат та більшої шумоізоляції.

Міжкімнатні двері виконуються із дверних блоків відповідно до ДСТУ EN 14351-1:2020[22]. Дверні блоки встановлюються в прорізи за допомогою анкерних болтів та монтажно́ї піни. Для санвузлів та кухні передбачено обробку дверного полотна для підвищення вологостійкості.

Використання якісних ущільнювачів по периметру дверного полотна забезпечує додаткову тепло- та звукоізоляцію, також запобігає проникненню пилу та запахів між приміщеннями. Всі двері на даному об'єкті були підібрані з урахуванням загального інтер'єрного рішення котеджу, пожежних вимог та необхідного рівня комфорту.

1.5 Теплотехнічний розрахунок зовнішньої стіни

Метою розрахунку є визначення відповідності запроєктованої стіни вимогам ДБН В.2.6.-31:2021[3]. щодо опору теплопередачі.

Об'єкт будівництва, який розташований в м. Харків відноситься до I кліматичної зони та має мінімально допустиме значення опору теплопередачі для зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій $= 4 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$. Покажемо характеристичні значення у вигляді Таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Характеристики огорожувальної конструкції

Шар	Товщина шару δ , м	Густина ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Теплопровідність λ $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$
Внутрішня штукатурка	0,02	1800	0,93
Цегляна кладка	0,77	1600	0,7
Мінеральна вата	0,13	50	0,042
Зовнішня декоративна штукатурка	0,01	1600	0,81

Фактичний опір теплопередачі огорожувальної конструкції R_o визначається за формулою:

$$R_o = \frac{1}{a_v} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_n} = \frac{1}{8,7} + \left(\frac{0,02}{0,93} + \frac{0,77}{0,7} + \frac{0,13}{0,042} + \frac{0,01}{0,81} \right) + \frac{1}{23} = 4,39 \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт} \quad (1.1)$$

де a_v – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні ($a_v = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$);

δ_i – товщина i -го шару конструкції, м;

λ_i – розрахунковий коефіцієнт теплопровідності матеріалу i -го шару, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$

a_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні ($a_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$).

На підставі проведеного теплотехнічного розрахунку зовнішньої стіни приведений опір теплопередачі ($R_o = 4,39 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$) перевищує мінімально допустиме значення $R_{min} = 4,0 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$, а отже конструкція повністю відповідає сучасним вимогам.

1.6 Інженерно-технічне обладнання котеджу

Проектом передбачено застосування енергоефективного обладнання, яке дозволить оптимізувати експлуатаційні витрати, забезпечити високий рівень комфорту а також зменшити негативний вплив на навколишній середовище. Всі інженерні системи спроектовані з урахуванням сучасних норм і спрямовані на оптимізацію експлуатаційних витрат, забезпечення високого рівня мікроклімату й комфорту для мешканців, а також на мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище шляхом впровадження відновлюваних джерел енергії та вторинного використання тепла.

Усі внутрішні та зовнішні інженерні мережі проектується у суворій відповідності до чинних будівельних норм, правил та стандартів України, зокрема ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [28], ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди» [29] та ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення» [30].

1.6.1 Електропостачання та відновлювальна енергія

Джерелом система зовнішнього та внутрішнього електроживлення об'єкта є міська електромережа. Ввідно-розподільчий пристрій (ВРП) із загальним лічильником обліку активної та реактивної електроенергії, а також захисною апаратурою розташовується у підвальному приміщенні.

Внутрішні силові та освітлювальні мережі виконуються приховано під шаром штукатурки стін та в просторі за підшивними стелями. Для забезпечення пожежної безпеки використовується виключно кабель із мідними жилами марки ВВГнг-д (що не підтримує горіння та має низький рівень димовиділення), який прокладається в негорючих гнучких полівінілхлоридних (ПВХ) або металевих гофрованих трубках відповідно до вимог ПУЕ[31].

Безпека експлуатації електромережі забезпечується влаштуванням контуру захисного заземлення з опором не більше 4 Ом та обов'язковою організацією

системи вирівнювання потенціалів (СВП). У поверхових розподільчих щитках передбачено встановлення сучасної модульної захисної апаратури:

- автоматичних вимикачів (для захисту від струмів короткого замикання та перевантаження ліній);
- пристроїв захисного відключення (ПЗВ) зі струмом витоку 30 мА для загальних груп та 10 мА для приміщень із підвищеною вологістю (санвузли, душові, пральна);
- диференціальних автоматів для комбінованого захисту окремих потужних споживачів (кухонна техніка, насосне обладнання).

Освітлення котеджу запроєктоване з використанням енергоефективних світлодіодних (LED) світильників та прожекторів, що дозволяє знизити встановлену потужність системи освітлення в порівнянні з традиційними джерелами світла.

З метою для стабільності енергозабезпечення передбачено встановлення сонячних фотоелектричних панелей загальною потужністю 10-15 кВт. Сонячні панелі монтуються на південному схилі покрівлі.

1.6.2 Опалення та вентиляція

Тепловий режим котеджу запроєктований з урахуванням забезпечення розрахункової температури внутрішнього повітря житлових приміщень +20...22 °С при розрахунковій температурі зовнішнього повітря для даної кліматичної зони.

Джерелом теплопостачання є газовий котел є конденсаційного типу і має високий коефіцієнт корисної дії. Даний котел ефективно може використовувати теплоту конденсації водяної пари, яка міститься у димових газах. Завдяки цьому їхній умовний коефіцієнт корисної дії (ККД) досягає 107–109% за низькотемпературного графіка роботи системи опалення, що забезпечує економію природного газу до 15–20% порівняно зі стандартними конвекційними котлами. Також передбачене автоматичне регулювання потужності залежно від температури зовнішнього повітря. В котельні також встановлений

розширювальний бак, циркуляційні насоси з регулюванням та необхідна запірна та регулююча арматура.

Система опалення запроєктована комбінованою, а саме радіаторна з теплою підлогою. Тепла підлога передбачається в основних житлових приміщеннях першого та другого поверхів, для забезпечення комфортного рівномірного обігріву на рівні ніг, відсутності температурних перепадів по висоті приміщення та значну економію енергоресурсів. Опалювальні контури виконуються з труб із зшитого поліетилену (PE-Xa) з кисневим бар'єром діаметром 16 мм, які укладаються «равликом» на шар екструдованого пінополістиролу завтовшки 50–100 мм і заливаються цементно-піщаною стяжкою з пластифікатором. Розрахункові параметри теплоносія в контурах підлоги становлять 40/35 °C, а температура поверхні підлоги не перевищує санітарних +26...29 °C. Радіатори застосовуються в підсобних приміщеннях. Як опалювальні прилади застосовуються сталеві панельні радіатори з нижнім підключенням. Кожен радіатор комплектується вбудованим термостатичним клапаном з термоголовкою для індивідуального автоматичного підтримання заданої температури в кімнаті, що запобігає перевитратам тепла.

Усі магістральні трубопроводи опалення прокладаються приховано в конструкції підлоги в захисній гофротрубі або теплоізоляції зі спіненого поліетилену для мінімізації неконтрольованих втрат тепла. Для циркуляції теплоносія в котельні встановлюється модульний розподільчий колектор з насосно-змішувальними вузлами, обладнаними частотно-регульованими циркуляційними насосами. Також передбачено закритий мембранний розширювальний бак для компенсації температурних розширень води, автоматичні повітровідводники, фільтри глибокого очищення мережевої води та повний комплекс запірно-регулюючої арматури. Автоматика котла працює за погодо-залежним алгоритмом (на основі показників датчика температури зовнішнього повітря), що дозволяє змінювати температуру теплоносія і уникати теплової інерції будівлі.

Для того, щоб забезпечити нормативний рівень повітрообміну в будівлі встановлюються вентиляційні канали у капітальних стінах кухні, санвузлів та котельні. В інших приміщеннях передбачено природню вентиляцію через вікна та двері. Для інтенсифікації видалення повітря під час пікових навантажень у витяжних решітках санвузлів встановлюються локальні мало відчутні осьові вентилятори з таймерами затримки вимкнення або датчиками вологості. Для того, щоб уникнути зворотної тяги у зимовий період виходи вентиляційних каналів на покрівлі повинен бути обладнаний дифлекторами.

Додатково було розглянуто можливість встановити централізовану приточно-витяжну вентиляційну систему з рекуператором тепла. Рекуператор дозволяє повертати теплоту видаленого повітря, а це в свою чергу суттєво знижує тепловтрату через вентиляцію. Ця система може забезпечити постійний контроль якості повітря, підтримувати оптимальну відносну вологість та зменшити ризик появи цвілі.

1.6.3 Водопровід та каналізаційні мережі

Будівля підключена до міського джерела водопостачання з облаштуванням вузла обліку в підвальному приміщенні. Вузол обліку включає в себе лічильник холодної води, фільтр грубого очищення, запірну арматуру та манометри для контролю тиску.

Підключення виконується поліетиленовими трубами високої щільності (HDPE) діаметром 32 мм із влаштуванням колодязя в точці врізки. Ввідний трубопровід заводиться в будинок нижче за глибину промерзання ґрунту (на позначці -1.500 м) безпосередньо у підвальне приміщення, де монтується вузол керування та обліку води.

Оскільки якість води з централізованих джерел часто не відповідає суворим вимогам до питної води, передбачено місце для монтажу комплексної станції хімводоочищення, що складається з вугільного фільтра та іонообмінної установки для пом'якшення води і видалення надлишкового заліза.

Внутрішнє розведення мереж холодного (ХВП) та гарячого (ГВП) водопостачання запроєктована за колекторною схемою з використанням поліпропіленових труб (PP-R), армованих скловолокном або алюмінієм (для ГВП), що компенсує термічне розширення матеріалу. Трубопроводи монтуються приховано в борознах стін під штукатуркою та в конструкції підлоги в захисній ізоляції. Колекторна схема дозволяє забезпечити стабільний тиск і витрату води одночасно на кількох сантехнічних приладах та виключає взаємний вплив споживачів.

Гаряче водопостачання здійснюється комбінованим способом. У зимовий період нагрів води виконує газовий котел через підключений до нього накопичувальний бойлер непрямого нагріву об'ємом 200 літрів. Ефективна теплоізоляція бойлера з високоякісного жорсткого пінополіуретану товщиною 50 мм зводить до мінімуму добові втрати тепла в навколишнє середовище. Для виключення закладання води в трубах та забезпечення миттєвої подачі гарячої води до змішувачів віддалених санвузлів, мережа ГВП виконується з циркуляційним контуром та встановленням безшумного енергоефективного циркуляційного насоса, що працює за таймером. Дана система гарантує швидке отримання гарячої води та мінімальні тепловтрати.

Через відсутність можливості підключення до централізованих мереж було передбачено автономну систему очищення стоків.

Внутрішня каналізаційна мережа збирається самотісно з безшумних пластикових (поліпропіленових) труб діаметром 50 мм (від умивальників, ванн, біде) та 110 мм (від унітазів та загальних стояків). Усі стояки виводяться вище покрівлі будинку на +0.500 м для влаштування фанової вентиляції, яка виключає зрив гідрозатворів у сифонах та видаляє неприємні гази в атмосферу.

Зовнішній випуск каналізації з будинку виконується трубою ПВХ діаметром 110 мм із нормативним похилом 0.02 у бік очисної споруди.

Основний об'єм стоків проходить через септик, де відбувається гравітаційне відстоювання та біологічний розклад органічних сполук. Септик обраний

заводського виготовлення з поліетилену високої щільності, що забезпечує герметичність, стійкість до корозії та простоту монтажу.

Процес очищення у септику базується на двох послідовних етапах:

1. Механічне відстоювання: у першій та другій камерах відбувається гравітаційне розділення стоків — важкі фракції осідають на дно у вигляді мулу, а легкі (жири, ПАР) спливають на поверхню, утворюючи кірку. Тут же проходять анаеробні процеси бродіння під дією бактерій, що зменшує об'єм осаду.

2. Біофільтрація: у третій камері встановлюється знімний завантажувальний біофільтр, де на спеціальному пористому матеріалі утворюється колонія аеробних бактерій, які здійснюють глибоке доочищення розчиненої органіки. Загальний ступінь очищення води на виході досягає 90–95%.

Для підвищення експлуатаційної надійності та захисту внутрішніх стінок септика від замулювання жировими плівками, на окремому випуску каналізації з приміщення кухні передбачено встановлення компактного підмийно-побутового жировловлювача під мийку. Жировловлювач затримує жири та олії рослинного і тваринного походження до їхнього потрапляння в загальну мережу.

Очищена та прозора рідка фаза із септика самопливом відводиться у фільтраційний колодязь для остаточного доочищення та подальшої безпечної інфільтрації в нижні шари ґрунту. Фільтраційний колодязь споруджується з типових перфорованих залізобетонних кілець діаметром 1.5 м. На дні колодязя та навколо його стінок влаштовується тришаровий фільтруючий елемент (гравійно-щебенева підсипка фракції 20–40 мм та грубозернистий пісок) загальною товщиною 0.5–0.8 м. Проходячи крізь цей природний фільтр, вода повністю очищується від залишків зважених часток і безпечно повертається у водоносні горизонти, не порушуючи екологічний баланс ділянки.

Дана автономна система каналізації повністю відповідає вимогам ДБН В.2.5-75:2013 «Благоустрій територій» та чинним санітарно-епідеміологічним правилам охорони поверхневих та підземних вод. Запроектована схема забезпечує абсолютну автономність функціонування котеджу, високу екологічну безпеку для навколишніх ділянок і колодязів, виключає появу неприємних

запахів, має низькі експлуатаційні витрати (відкачування мінералізованого осаду асенізаторською машиною проводиться лише 1 раз на 1.5–2 роки) та передбачає можливість гнучкого розширення або модернізації системи у разі збільшення об'ємів водоспоживання мешканцями. Автономна каналізація повністю відповідає вимогам ДБН В.2.5-75:2013 та санітарним нормам. Воно забезпечує високу надійність, екологічну безпеку, автономність роботи котеджу та дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати в порівнянні з підключенням розширення при збільшенні кількості мешканців.

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок підземної частини об'єкту

2.1.1 Аналіз інженерно-геологічних та гідрогеологічних умов будівельного майданчика

Проектування фундаментів виконане на основі матеріалів технічного звіту інженерно-геологічних вишукувань[12] та ДБН В.2.1-10:2018[8] в м. Харків. За даними даного звіту геолого-літологічний розріз встановлено за результатами буріння 2-ох свердловин на глибину 6.0 м. Для нижчих шарів використовувались регіональні дані та екстраполяція.

В межах стисливої товщі є такі інженерно-геологічні елементи(ІГЕ):

1. ІГЕ-1 – Ґрунтово-рослинний шар: чорний, пилуватий, твердий суглинок з можливим вмістом будівельного сміття та органічних решток. Потужність даного шару складає 0,6-0,9 м. Так як шар має високу стисливість, неоднорідність та незавершені процеси самоущільнення, він не може бути використаним як природна основа під фундамент. Перед тим як почати будівельні роботи, його потрібно повністю зрізати в межах забудови нашого об'єкту.

2. ІГЕ-2 – Лесоподібний, світло-бурий пилуватий суглинок, твердої консистенції. Місцями присутні карбонати. Розкрита потужність складає від 3,2 м до 3,5 м. В лабораторних випробуваннях виявлено чітко виражені просадочні властивості при зволоженні.

3. ІГЕ-3 – Важкий, темно-бурий суглинок, твердої консистенції. Розкрита потужність складає до 2,2 м. Даний ґрунт є надійним і має високі міцнісні характеристики.

Під час проведення вишукувань підземні води до 6,0 м глибиною не були виявлені. Безпосереднє підтоплення котловану є вкрай мале. Але з урахуванням пористості структури ІГЕ-2 передбачено влаштування вимощення 1,5 м шириною, гідроізоляцію стін підземної частини будівлі.

2.1.2 Фізико-механічні характеристики ґрунтів основи

Для подальшого моделювання взаємодії фундаменту з ґрунтом та аналітичних розрахунків у програмному комплексі складено зведену таблицю характеристики ґрунтів.

Розрахункові показники наведені для перевірки за другою групою граничних станів. Для підвищення запасу надійності споруди міцнісні характеристики ІГЕ-2 та модуль деформації ІГЕ-3 прийняті за інженерно-консервативним підходом, а саме з додатковим запасом надійності, це є рекомендованим варіантом при проектуванні на просадних лесових ґрунтах. Для більш детальної інформації дивитись Таблицю 2.1

Таблиця 2.1 – Характеристики ґрунтів

Найменування показників	Од. виміру	ІГЕ-2 природний	ІГЕ-2 водонасичення	ІГЕ-3 природний
Щільність ґрунту	г/см ³	1,77	1,94	1,83
Питома вага	кН/м ³	17,4	19,0	19,5
Коефіцієнт. пористості	-	0,798	0,798	0,798
Показник текучості	-	< 0	0,45	0,15
Кут внутрішнього тертя	град.	21	17	20
Питоме зчеплення	кПа	25	22	35
Модуль деформації	МПа	12,51	6,53	24,0
Початковий просадний тиск	кПа	-	150	-

2.1.3 Конструктивні параметри та обґрунтування типу фундаменту

Нормативна глибина промерзання для м. Харків становить 1.2 м. Підшову фундаментної плити закладено на відмітці -4,500 м(глибина закладання від рівня планування землі = 3,65 м). Несучою основою приймаємо ІГЕ-2, в той час слабкий шар ІГЕ-1 повністю прорізається.

При замочуванні лесових суглинків, їх будівельні властивості різко погіршуються: модуль деформації, показники зчеплення та кут внутрішнього тертя суттєвою мірою зменшуються. Застосування стрічкових або стовпчастих фундаментів в таких умовах є нераціональним, так як високі локальні тиски можуть перевищити початковий просадний тиск і призвести до нерівномірних просадок та кренів будівлі.

В даному випадку прийнято суцільну монолітну залізобетону фундаменту плиту під всім об'єктом будівництва для рівномірного розподілу навантажень та зниження питомого тиску на основу. Даний тип фундаменту може нівелювати локальні неоднорідності ґрунту.

Перед початком розрахунку у програмному комплексі, необхідно виконати перевірку розрахункового опору основи згідно з ДБН В.2.1-10:2018[8]. Даний розрахунок підтвердить, що масив ґрунту під плитою працюватиме без пластичних зсувів навіть в умовах водонасичення.

Розрахунковий опір ґрунту основи визначаємо за нормативною формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \cdot \gamma_{c2}}{k} (M_g \cdot b \cdot \gamma_{II} + M_q \cdot d_1 \cdot \gamma'_{II} + M_c \cdot c_{II}) \quad (2.1)$$

Дані для розрахунку:

$\gamma_{c1} = 1,1$ – коефіцієнт умов роботи для лесових ґрунтів у водонасиченому стані;

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

$k = 1,1$ – коефіцієнт надійності;

$b = 6,0$ м – граничне значення для плитних фундаментів шириною понад 6,0 м приймається 6,0 м;

$\gamma_{II} = 19,0$ кН/м³ – питома вага ґрунту під подошвою;

$d_1 = 3,65$ м – глибина закладання подошви фундаменту від рівня планування;

$\gamma'_{II} = 17,5$ кН/м³ – усереднена питома вага ґрунту вище подошви;

$c_{II} = 22$ кПа, $\varphi_{II} = 17^\circ$ - розрахункові міцнісні характеристики ІГЕ-2 у водонасиченому стані.

Відповідно до таблиці ДБН В.2.1-10:2018 для $\varphi = 17^\circ$ коефіцієнти будуть дорівнювати:

$$M_g = 0,39$$

$$M_q = 2,57$$

$$M_c = 5,15$$

Підставимо числові значення в формулу та отримаємо R :

$$R = \frac{1.1 \cdot 1.0}{1.1} (0.39 \cdot 6 \cdot 19 + 2.57 \cdot 3.65 \cdot 17.5 + 5.15 \cdot 22) = 321,92 \text{ кПа} \quad (2.1)$$

За допомогою програмного комплексу “SCAD Office” було пораховано середній тиск під подошвою фундаменту $P_{\text{сер}} = 108,8 \text{ кПа}$

Перевіримо умови:

$$P_{\text{сер}} = 108,8 \text{ кПа} < R = 321,92 \text{ кПа}$$

Умова виконана з досить значним запасом (коефіцієнт використання несучої здатності ґрунту становить приблизно 2,95).

Отже, прийнятий фундамент повністю забезпечує несучу здатність ґрунту основи і відповідає вимогам ДБН В.2.1-10:2018.

2.1.4 Створення моделі в програмному забезпеченні

Проект фундаменту було розроблено з урахуванням всіх умов будівництва м. Харків, зокрема просадних властивостей лесових ґрунтів та наявності повноцінного підвального поверху.

Розрахункові навантаження прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2:2006:

Снігове навантаження для 5 снігового району – 160 кгс/м^2 ;

Вітрове навантаження для 2 вітрового району – 450 Па (III тип місцевості).

Тимчасові навантаження прийняті відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 та по фактичній вазі.

Фундамент виконаний монолітним залізобетонним на глибині $-5,010 \text{ м}$ з стінами, товщина яких становить 770 мм поверх фундаментної плити.

Бетон класу C20/25

Арматура класу A400C та A240C.

Для подальшого розрахунку було використано програмний комплекс “Scad ++”.

Спочатку була створена геометрична модель фундаментної плити з розмірами 13,94x13,95 м товщиною 400 мм за допомогою плоских вузлових скінченних елементів. Дивитись Рисунок 2.1.

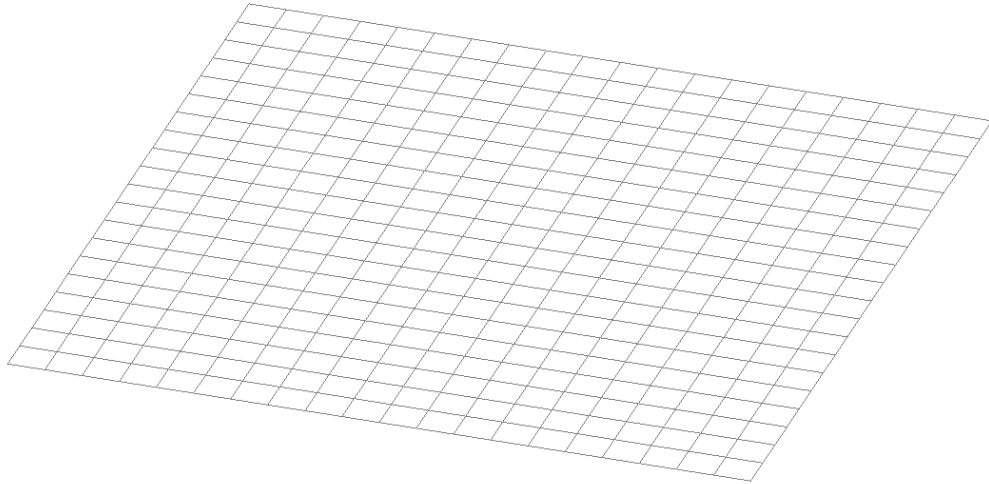


Рисунок 2.1 – Фундаментна плита з розмірами 13,94x13,95 м

Після створення геометрії плити для двоповерхового котеджу в програмному середовищі було задано власну вагу плити (вона рахується автоматично), вагу стін підвалу та надземної частини, перекриття, покрівлі а також корисне навантаження разом зі сніговим та вітровим. Всі навантаження прикладені відповідно до нормативних комбінацій. Далі, наступним етапом за допомогою сателіту “Cross” було створено геологічний розріз з урахуванням даних двох свердловин. В налаштуваннях програми задаємо характеристики ІГЕ, їх потужність, модулі деформації, питому вагу , кути внутрішнього тертя та зчеплення у тому числі враховуючи можливе водонасичення ІГЕ-2. Після закінчення даних дій можна побачити створену тривимірну модель ґрунту з виставленими свердловинами. Дивитись Рисунок 2.2.

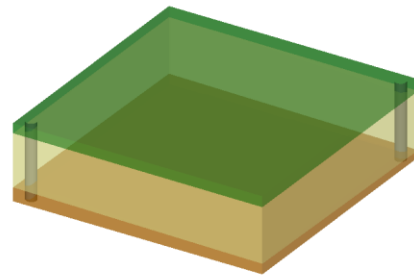
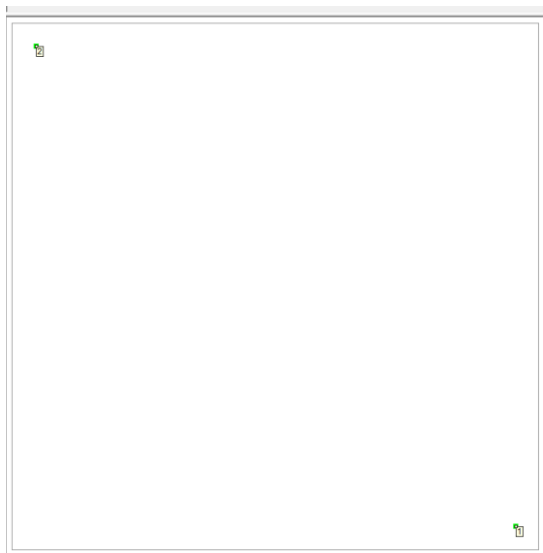


Рисунок 2.2 - Модель ґрунту з свердловинами

В “Cross” за допомогою іконки  зберігаємо обраховані дані ґрунту для “SCAD” та імпортуємо їх.

Врахувавши всі попередні дані виконуємо лінійний розрахунок фундаменту з подальшим переглядом результату. Отримані результати можна подивитись на рисунках нижче.

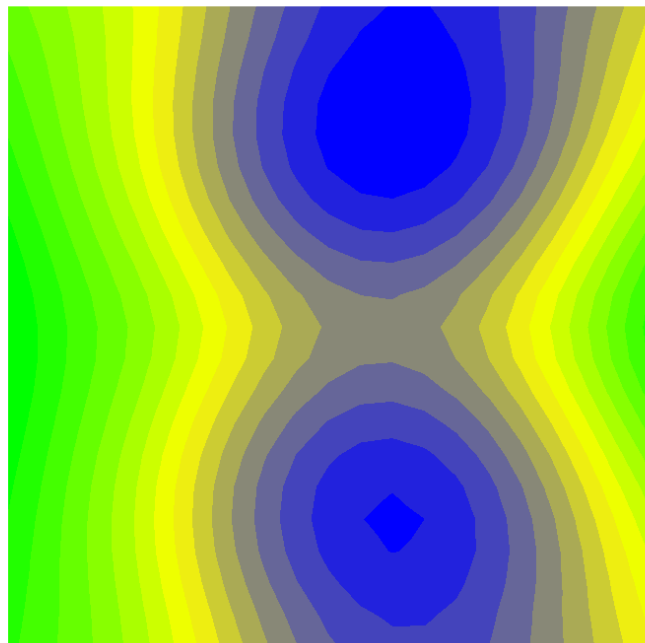
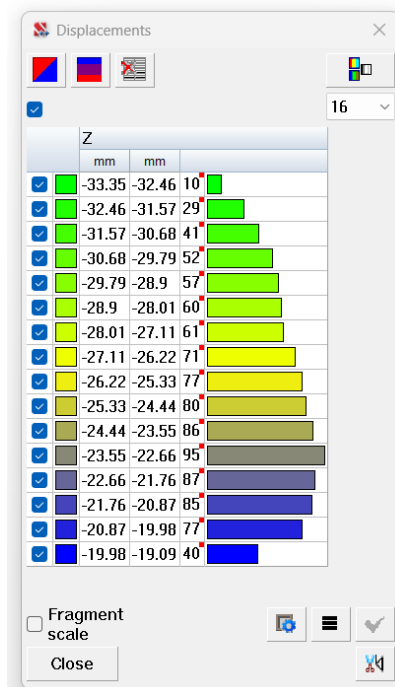


Рисунок 2.3 – Просідання по осі Z

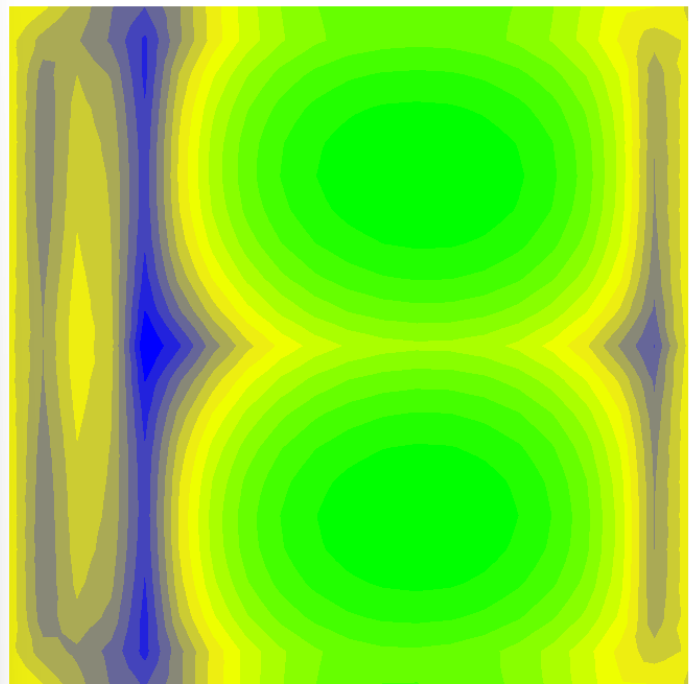
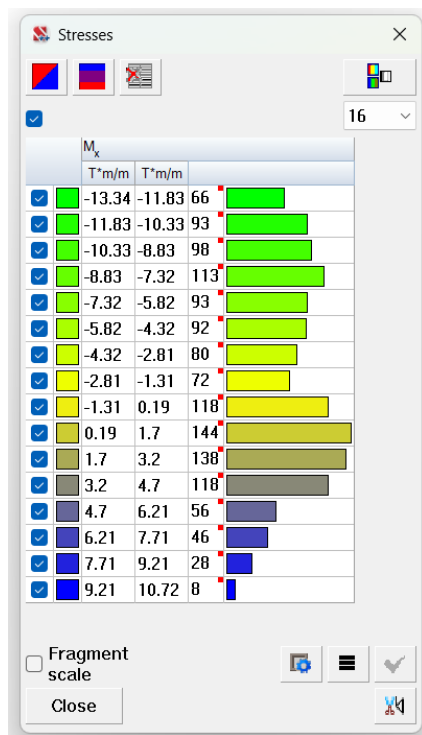


Рисунок 2.4 – Момент M_x

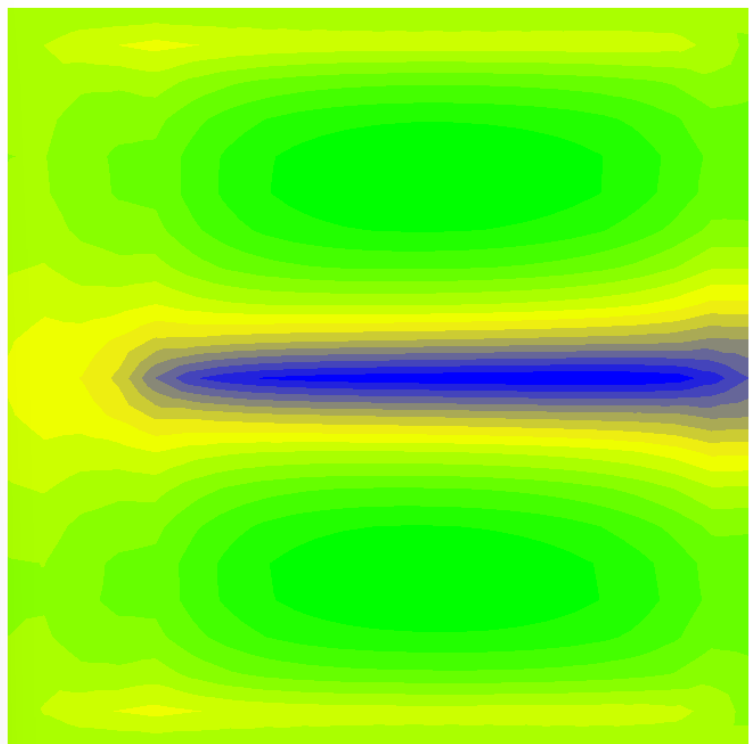
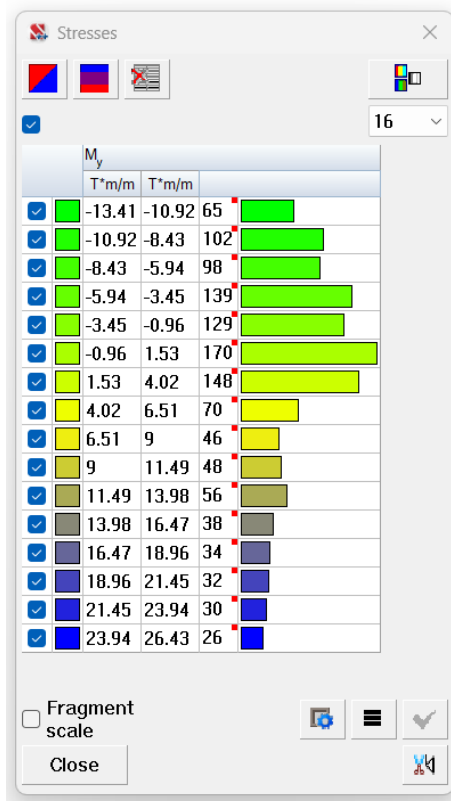


Рисунок 2.5– Момент M_y

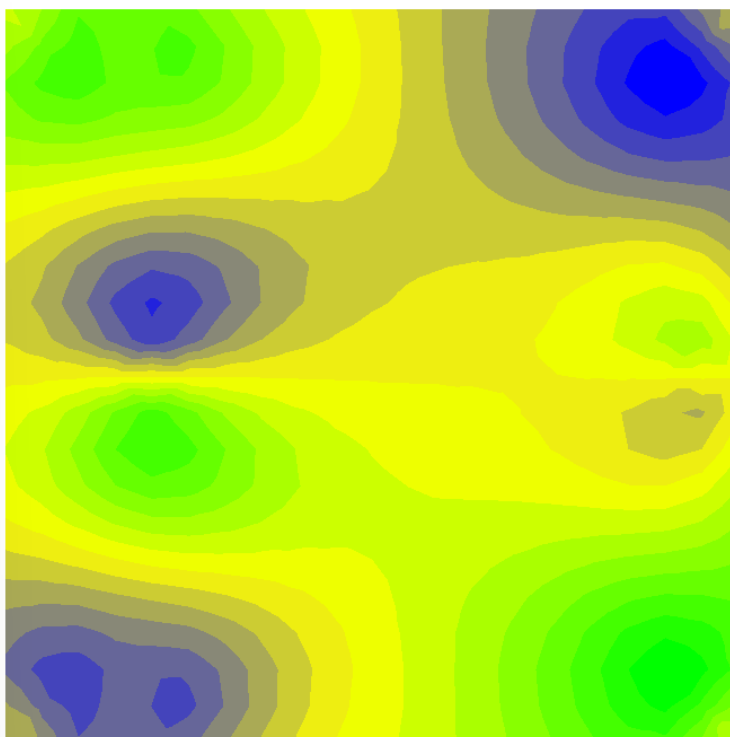
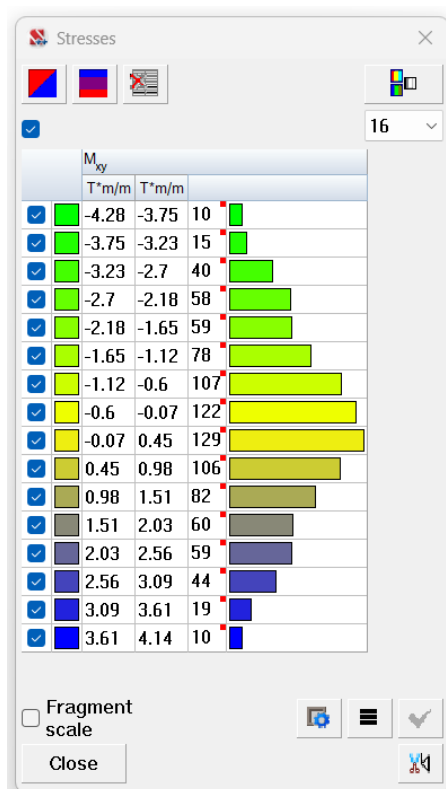


Рисунок 2.6 – Момент M_{xy}

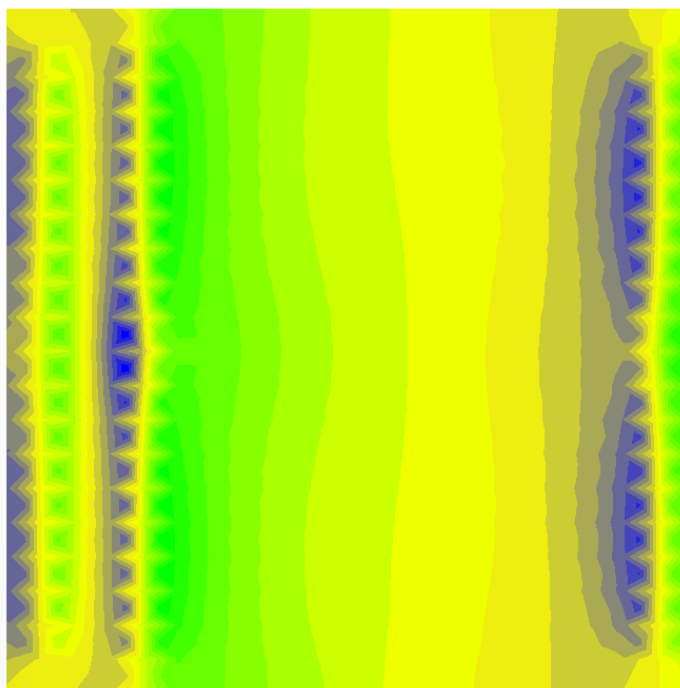
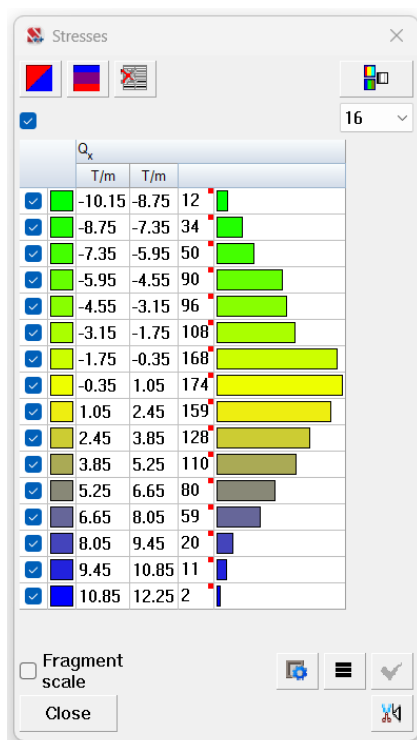


Рисунок 2.7 – Поперечна сила Q_x

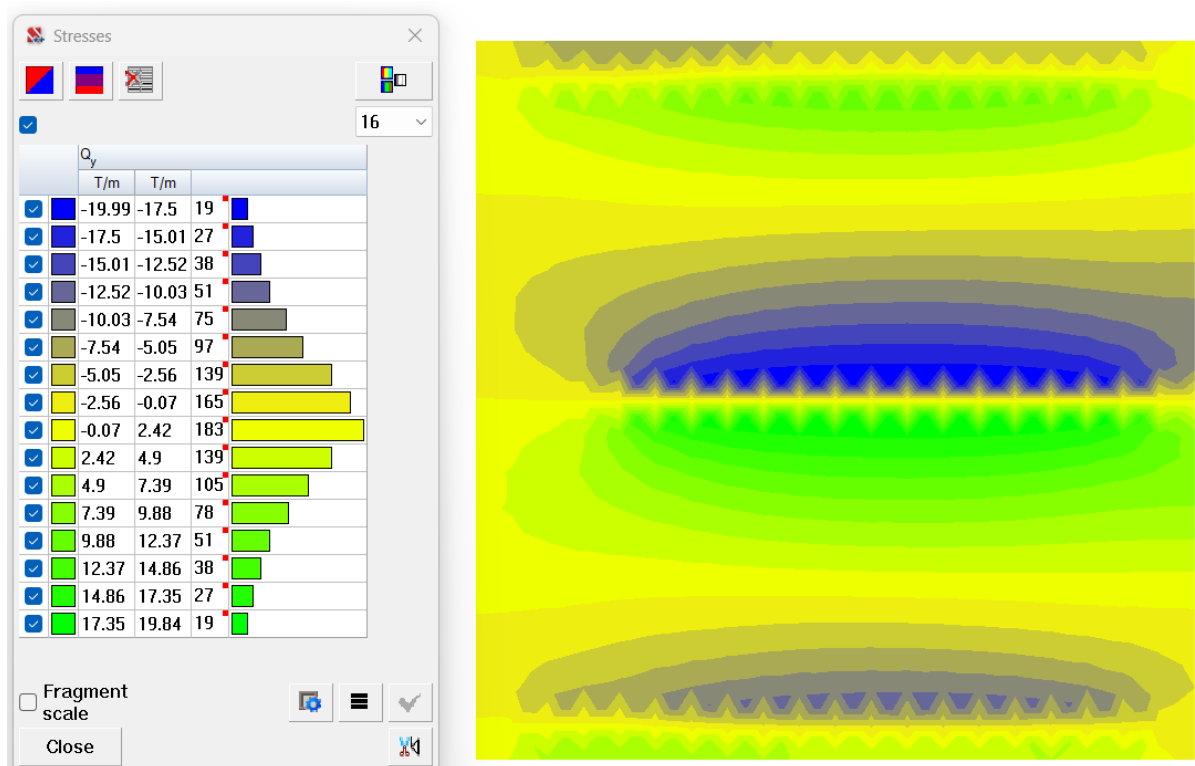


Рисунок 2.8 – Поперечна сила Q_y

За результатами розрахунку було встановлене максимальне просідання будівлі на 3,4 см з максимальним креном 0,003 градуси. Згідно ДБН В.2.1-10:2018 допускається максимальне просідання 18 см.

Ознайомившись з результатом розрахунку наступним кроком буде виконано армування нашої плити, задаємо клас бетону C20/25, поздовжню арматуру A400C діаметром 16 мм та кроком 250 по осі x та y, вертикальна арматура задана A240C діаметром 10 мм з кроком 500 мм. Поля армування наведені далі на відповідних рисунках.

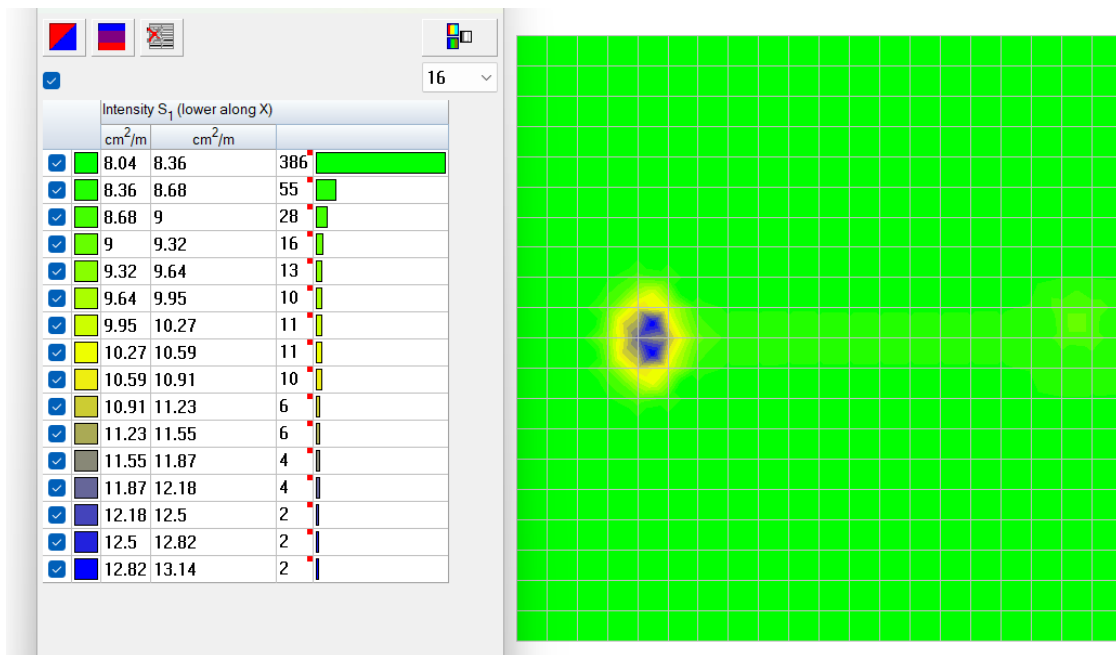


Рисунок 2.9 – Армування вздовж осі X біля нижньої грані

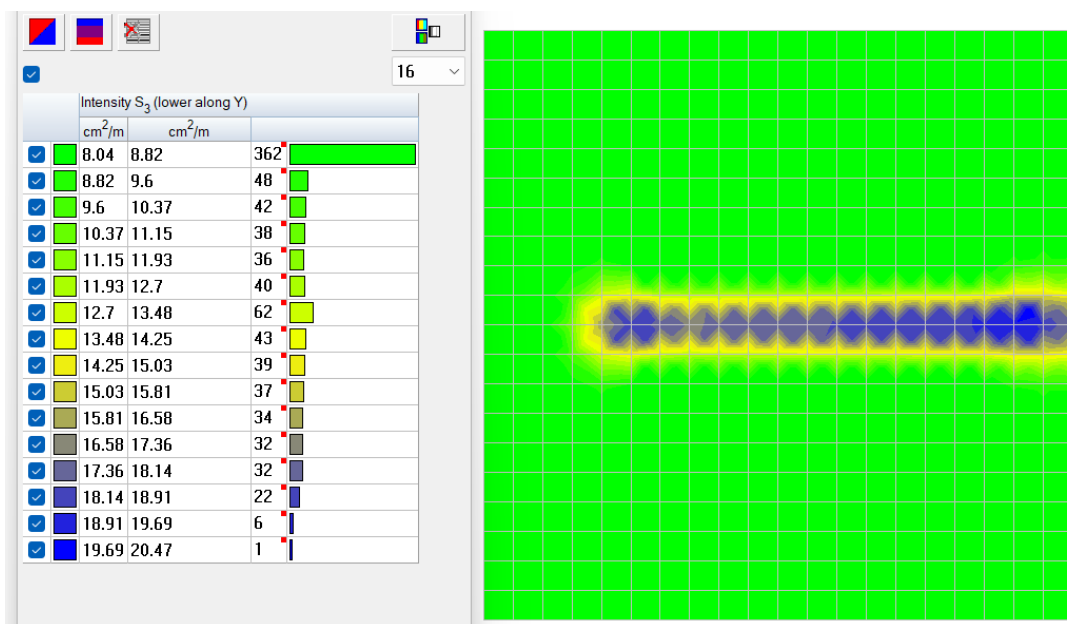


Рисунок 2.10 – Армування вздовж осі Y біля нижньої грані

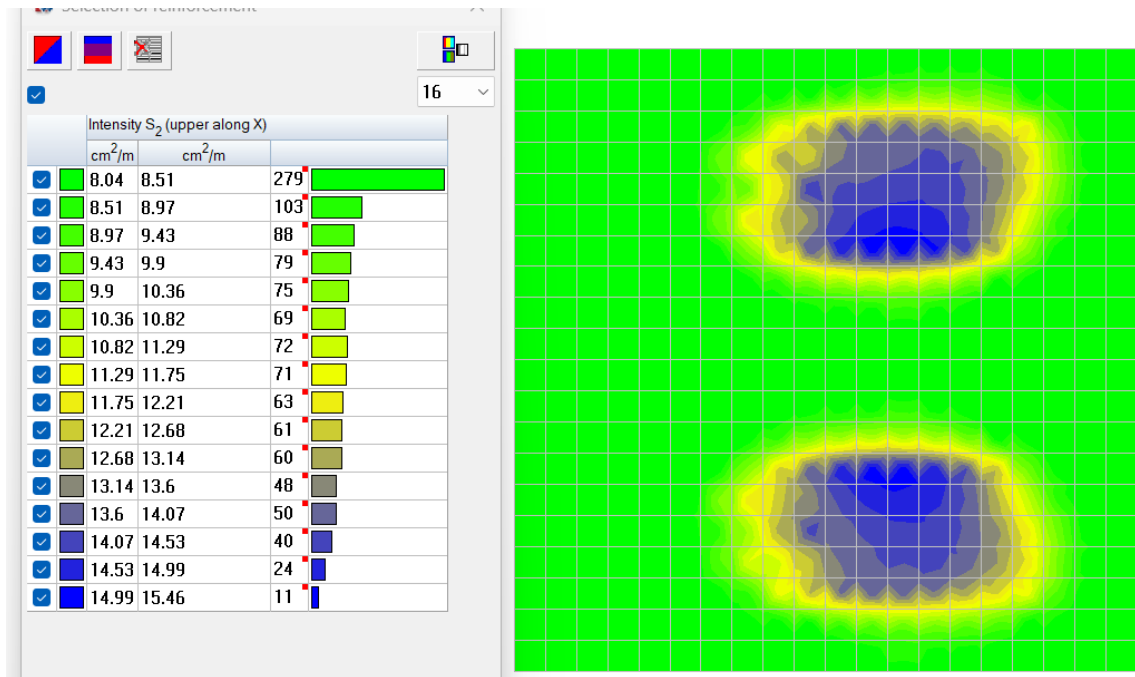


Рисунок 2.11 – Армування вздовж осі X біля верхньої грані

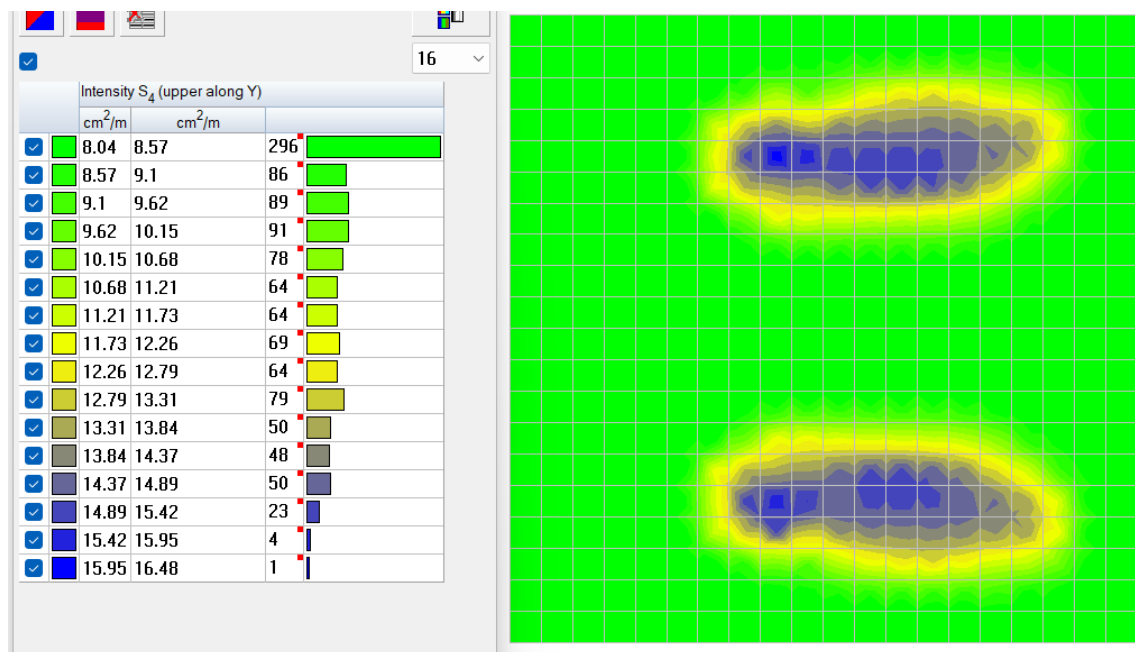


Рисунок 2.12 – Армування вздовж осі Y біля верхньої грані

Аналізуючи дані арматури інтенсивність верхнього та нижнього армування відносно рівномірна, проте є концентрація розтягуючих напружень. Зафіксовано пару невеликих зон локального дефіциту. Тому в місцях виникнення цих напружень ми підсилимо армування конструкції 22 діаметром А400С з аналогічним кроком 250 мм.

Поля вертикального армування можна побачити на рисунках нижче.

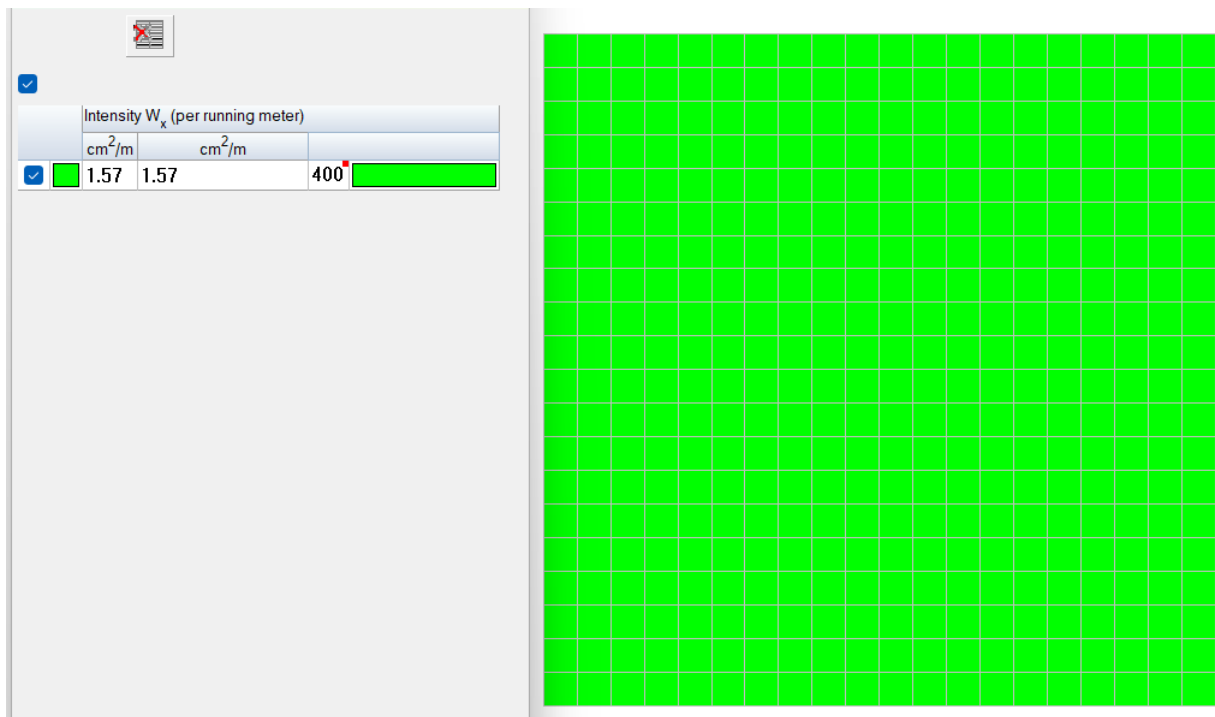


Рисунок 2.13 – Поперечне армування W_x

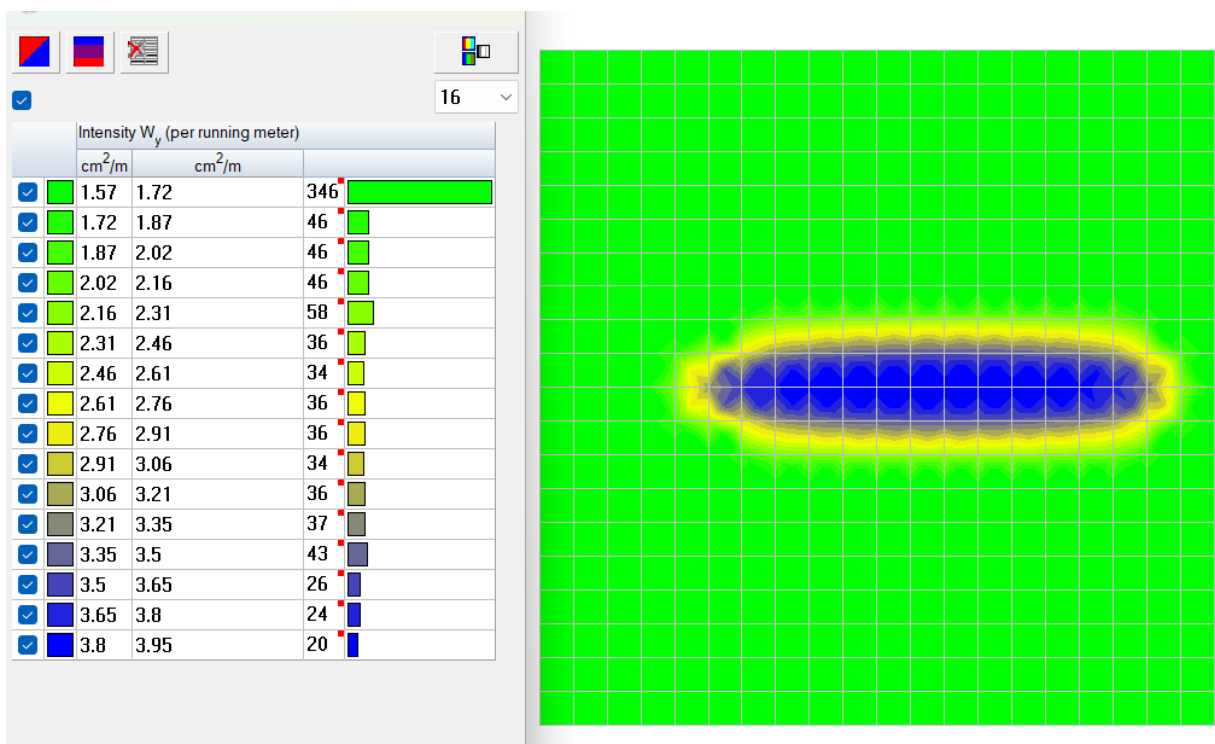


Рисунок 2.14 – Поперечне армування W_y

Для забезпечення міцності на зріз та продавлювання в місцях максимальних зусиль було проведено аналіз необхідного поперечного армування за напрямками x та y . За конструктивну основу було взято вертикальні шпильки A240C діаметром 10 мм із кроком 500 мм у шаховому порядку. За результатами

було встановлена наявність концентрації поперечних сил у частині плити, в якій максимальна потреба перевищує конструктивну основу. Для того щоб забезпечити міцність плити було також підсилено дану ділянку за допомогою зменшення кроку арматури з 500 мм до 150 мм. Після повного аналізу та підсилення арматури умова міцності виконана.

2.2 Розрахунок надземної частини об'єкту

2.2.1 Передумови проєктування та формування конструктивної схеми перекриття

У відповідності до прийнятих об'ємно-планувальних рішень, над підвальним простором, першим та другим поверхами запроєктовано збірні пустотні залізобетонні плити з товщиною 220 мм. Їх вибір обумовлений техніко-економічним аналізом для об'єкта будівництва який має клас наслідків СС1[13]. Збірні конструкції виключають потребу в палубній опалубці та тривалому технологічному очікуванні набору міцності бетону який триває 28 діб. Наявність поздовжніх циліндричних порожнин суттєво знижує власну вагу перекриття, при цьому зберігає високі показники просторової жорсткості. Це особливо важливо для будівлі з цегляними несучими стінами, так як зменшує загальне навантаження на стіни та фундамент.

Пустотні плити мають гарну звукоізоляцію завдяки внутрішнім порожнинам, це в свою чергу підвищує комфорт для проживання.

Розкладка елементів виконана з урахуванням фактичних прольотів між капітальними стінами будівлі.

Прийняте рішення передбачає комбіновану схему, в якій основну частину перекриття займає перекриття зі збірних пустотних плит, а монолітні ділянки влаштовуються в місцях складної геометрії. Монолітні ділянки не вимагають окремого детального розрахунку в рамках даної роботи, оскільки вони мають відносно невеликі розміри а також працюють у складі дисків перекриття.

Обпирання плит перекриття здійснюється на шар свіжого цементно-піщаного розчину товщиною 20 мм для вирівнювання а також заводитьься на 19-20 см монолітного несучого поясу. Пазухи між плитами заливаються дрібнозернистим бетоном на всю висоту перерізу, які в свою чергу забезпечують повну монолітність диска перекриття.

39

2.2.2 Аналіз та збір навантажень на плити перекриття

Визначимо зусилля навантажень та результати покажемо у вигляді Таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Збір навантажень

Вид навантаження	Нормативне значення, кН/м ²	Коефіцієнт надійності γ_f	Розрахункове значення кН/м ²
1	2	3	4
<u>Постійні:</u>			
Покриття підлоги	0,29	1,1	0,32
Цементно-піщана стяжка $h = 0.05\text{м}$	1,0	1,1	1,1
З/б плита $h = 0.22\text{м}$	3,14	1,1	3,45
Конструкція стелі	0,1	1,1	0,11
Перегородки	0,5	1,2	0,6
Всього постійне	5,03		5,58
<u>Тимчасове</u>	1,5	1,3	1,95
<u>Всього:</u>	6,53		7,53

2.2.3 Розрахунок пустотної плити перекриття

2.2.3.1 Характеристика матеріалів та геометрія

- Геометричні характеристики плити перекриття:

Довжина плити перекриття – 5980 мм;

Ширина плити перекриття – 1490 мм;

Товщина – 220 мм;

Поздовжні порожнечі: діаметр – 159 мм у кількості 7 шт;

Розрахункова довжина : 5590 мм (прийнято з урахуванням заведення плити з однієї сторони на 190 мм, та з іншої на 200 мм)

- Конструкційний бетон класу C20/25

Опір стисканню граничний розрахунковий: 14,5 МПа;

Опір розтягуванню (середній показник) – 2,2 МПа;

Опір розтягуванню (розрахунковий) – 1,05 МПа;

Початковий модуль пружності – $30 \cdot 10^3$ МПа;

Частковий коефіцієнт надійності для бетону – 1,5

- Попередньо напружена робоча арматура класу A800:

Нормативна межа текучості – 800 МПа;

Розрахунковий опір з урахуванням коефіцієнта надійності – 695 МПа;

Модуль деформації арматури – $200 \cdot 10^3$ МПа;

Модульний коефіцієнт співвідношення жорсткостей матеріалів – 6,67

Прийняті класи бетону та арматури є типовими для збірних пустотних плит перекриття в житловому будівництві відповідають вимогам ДБН В.2.6-98:2009 та технічним умовам на вироби серії ПК. Використання попередньо напруженої арматури високої міцності дозволяє значно підвищити тріщиностійкість та жорсткість плити при відносно невеликій витраті сталі. Параметри плити забезпечують оптимальне співвідношення між несучою здатністю, власною вагою та звукоізоляційними характеристиками.

2.2.3.2 Навантаження та внутрішні зусилля

Повне граничне розрахункове навантаження становить $7,53 \text{ кН/м}^2$, тоді розрахункове погонне навантаження на плиту шириною 1,5 м (з урахуванням конструктивної ширини 1,49 м) :

$$q_d = 7.53 \cdot 1.49 = 11.22 \text{ кН/м}$$

Визначимо максимальні зусилля в розрахунковому прольоті для першої групи граничних станів з коефіцієнтом за призначенням для $\text{CC1} = 1,0$:

- Згинальний момент:

$$M_{Ed} = \frac{q_d \cdot L_{eff}^2}{8} \cdot \gamma_n = \frac{11.22 \cdot 5.59^2}{8} \cdot 1 = 43.83 \text{ кНм}$$

- Поперечна сила:

$$V_{Ed} = \frac{q_d * L_{eff}}{2} = \frac{11.22 * 5.59}{2} = 31.36 \text{ кН}$$

2.2.3.3 Геометричні параметри приведенного перерізу

Для розрахунку багатопустотної плити приведемо її до еквівалентного перерізу:

- Ширина полиць - $b_{eff} = 1460$ з урахуванням зазорів;
- Товщина ребра – $b_w = 1460 - 7 * 159 = 347$ мм;
- Висота полиць – $h_f = h'_f = 220 - 159 / 2 = 30,5$ мм

Для приведених характеристик перерізу потрібно врахувати площу арматури A_p через коефіцієнт α . Для плити ПК 60-15-8 стандартно прийнято 5 стрижнів 10 діаметром А800 ($A_p = 3,93 \text{ см}^2$).

1. Площа бетону:

$$A_c = (146 * 22) - 7 \left(\frac{3,14 * 15,9^2}{4} \right) = 1821 \text{ см}^2$$

2. Приведена площа перерізу:

$$A_{red} = A_c + \alpha A_p = 1821 + 6.67 * 3.93 = 1847 \text{ см}^2$$

3. Момент інерції приведенного перерізу: $I_{red} \approx 109800 \text{ см}^4$

4. Відстань до центру ваги: 11 см;

5. Ексцентриситет сили напруження :

$$e_{0p} = y - a = 11 - 3 = 8 \text{ см}$$

Де $a = 3$ см – захисний шар бетону плити.

2.2.3.4 Розрахунок втрат попереднього напруження

Початкове контрольоване напруження приймаємо:

$$\sigma_{sp} = 0.7 * f_{pk} = 0,7 * 800 = 560 \text{ МПа}$$

- Перші втрати:

1. Релаксація арматурної сталі:

$$\Delta \sigma_{pr} = \sigma_{sp} * 0.02 = 560 * 0.02 = 11.2 \text{ МПа}$$

2. Деформація анкерних пристроїв на упорах:

$$\Delta\sigma_{anc} = \left(\frac{\Delta l}{L}\right) * E_p = \left(\frac{2}{5980}\right) * 200000 = 66,89 \text{ МПа}$$

3. Температурний перепад:

$$\Delta\sigma_0 = 0 \text{ МПа, природне твердіння бетону}$$

Сума перших втрат становить : $\Delta\sigma_1 = 11,2 + 66,89 = 78,09 \text{ МПа}$

- Другі втрати(тривалі) :

Від усадки та повзучості бетону(за спрощеною методикою ДБН):

$$\Delta\sigma_2 \approx 0.15\sigma_{sp} = 0.15 * 560 = 84 \text{ МПа}$$

Ефективне напруження в арматурі після завершення процесів втрат:

$$\sigma_{p,eff} = \sigma_{sp} - (\Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2) = 560 - (78.09 + 84) = 397.91 \text{ МПа}$$

2.2.3.5 Перевірка граничних станів

1. Міцність по нормальному перерізі:

Висота стиснутої зони бетону визначимо з умов рівноваги:

$$x = \frac{f_{pd} * A_p}{f_{cd} * b_{eff}} = \frac{695 * 393}{14.5 * 1460} = 12.89 \text{ мм}$$

Оскільки $x = 12.89 \text{ мм} < h_f = 30.5 \text{ мм}$, то стиснута зона повністю знаходиться в межах полиці, а також переріз працює як прямокутний з шириною 1460 мм.

Граничний момент, який може сприйняти переріз конструкції:

$$M_{Rd} = f_{pd} * A_p (d - 0.5x) = 695 * 393 (190 - 6.45) * 10^{-6} = 50,13 \text{ кНм}$$

Умова міцності $M_{Ed} = 43.83 \text{ кНм} < M_{Rd} = 50,13 \text{ кНм}$ виконується .

Незначне розходження нівелюється за рахунок заливки між плитних швів розчином.

2. Міцність по похилому перерізу:

Гранична поперечна сила, яку сприймає бетонний профіль без додаткового поперечного армування в нашому випадку становить $V_{Rd,c} = 95 \text{ кН}$.

Умова міцності за поперечною силою $V_{Ed} = 31.36 \text{ кН} \leq V_{Rd,c} = 95 \text{ кН}$ повністю виконується.

3. Перевірка тріщиностійкості:

Перевірка виконується за граничним станом другої групи відповідно до вимог ДБН В.2.6-98:2009[21].

Рахуємо момент тріщино утворення за формулою:

$$M_{crc} = W_{red}(f_{ctm} + \sigma_{pc}) \quad (2.2)$$

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

σ_{pc} – стискаюче напруження в бетоні на рівні нижньої грані від зусилля попереднього натягу:

$$\sigma_{pc} = \frac{P}{A_{red}} + \frac{P \cdot e_{op}}{W_{red}} \quad (2.3)$$

Визначимо силу попереднього напруження:

$$P = A_p \cdot \sigma_{p,eff} = 3,93 \cdot 397,91 \cdot 10^{-1} = 156,38 \text{ кН};$$

W_{red} – приведений момент опору нижньої грані:

$$W_{red} = \frac{I_{red}}{y} = \frac{109800}{11} = 9981 \text{ см}^3$$

Тоді стискаюче напруження буде дорівнювати:

$$\sigma_{pc} = \left(\frac{156,38}{1847} + \frac{156,38 \cdot 8}{9981} \right) \cdot 10 = 2,1 \text{ МПа}$$

Граничний момент утворення тріщин:

$$M_{crc} = 9981(2,2 + 2,1) \cdot 10^{-2} = 42,93 \text{ кНм}$$

Згинальний момент від дії характеристичного навантаження $q_{norm} = 6,53 \text{ кН/м}^2$ з урахуванням коефіцієнта за призначенням для СС1:

$$q_{сер} = 6,53 \cdot 1,49 \cdot 0,925 = 8,99 \text{ кН/м}$$

$$M_{ser} = \frac{q_{ser} \cdot L_{eff}^2}{8} = \frac{8,99 \cdot 5,59^2}{8} = 35,12 \text{ кНм}$$

Перевірка тріщиностійкості:

$$M_{ser} = 35,12 \text{ кНм} < M_{crc} = 42,93 \text{ кНм}$$

Умова виконується. Тріщини в розтягнутій зоні плити під експлуатаційним нормативним навантаженням не утворюються.

4. Розрахунок прогину:

Максимальний вертикальний прогин від дії нормативного навантаження:

$$f = \frac{5 * M_{ser} * L_{eff}^2}{48 * E_{cm} * I_{red}} = \frac{5 * 35,12 * 5,59^2}{48 * 30000 * (109800 * 10^4)} = 3,47 \text{ мм}$$

Допустимий за нормами прогин для конструкції перекриття:

$$[f] = \frac{L_{eff}}{250} = \frac{5590}{250} = 22,36 \text{ мм}$$

Умова жорсткості $f = 3,47 \text{ мм} \leq [f] = 22,36 \text{ мм}$ виконується із значним інженерним запасом.

Відповідно до проведених перевірок, прийнята збірна багатопустотна плита перекриття марки ПК 60-15-8 повністю задовольняє всім вимогам ДБН В.2.6-98:2009[21] за критеріями міцності, тріщиностійкості та жорсткості.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА КОТЕДЖУ

3.1 Вихідні дані та підготовка на будівництві

Технологічні та організаційні рішення були розроблені для зведення двоповерхового котеджу з підвальним повноцінним поверхом. Пріоритетом було проектування технологічного процесу влаштування монолітної залізобетонної фундаментної плити.

Основними конструктивними характеристиками для даного фундаменту є:

- Тип фундаменту – монолітна залізобетонна плита;
- Товщина фундаментної плити – 400 мм;
- Клас бетону – С20/25;
- Арматурний прокат – робоча поздовжня арматура клас А400С, допоміжна, поперечна клас А240С.

Згідно ДБН А.3.1-5:2016[23] перед початком виконання основних будівельно-монтажних робіт слід виконати комплекс заходів для підготовки. Такі роботи включають в себе прокладання постійних або тимчасових під'їзних інженерних комунікацій.

Підготовчі роботи на внутрішньому майданчику включають в себе:

1. Огородження території будівельного майданчика ;
2. Розчищення території, зрізання та вивезення шару ґрунту;
3. Влаштування тимчасових доріг та майданчиків для розвантаження матеріалів, а також для руху важкої техніки;
4. Монтаж тимчасових малих споруд для побутового призначення;
5. Організація зон де будуть зберігатись матеріали та інше;
6. Підготовка інженерного забезпечення – тимчасове електропостачання, водопостачання для технологічних потреб та побутових цілей, освітлення майданчика;
7. Виконання геодезичної розбивки – винесення в натуру основних осей будівлі висотних реперів та контуру фундаментної плити.

3.2 Технологія виконання земляних робіт

Розробка ґрунту під улаштування фундаментної плити та підземної частини будівлі виконується у відкритому котловані. Перед тим як почати виконувати механізовані роботи потрібно здійснити вертикальне планування території.

А саме для земляних робіт передбачена така послідовність:

- Розробка ґрунту в котловані здійснюється одноковшевим екскаватором, за допомогою зворотної лопати із завантаженням на автосамоскиди для вивезення зайвого ґрунту з території;
- Кут для укосів котловану визначено за фізико-механічними властивостями ґрунтів і глибини закладення;
- Для того щоб зберегти природню структуру ґрунту в основі фундаменту, механізована розробка виконана з недобором до проєктної відмітки дна котловану на 15 см. Залишок та зачищення цього дна виконується вручну.

Після повного зачищення основи ґрунту виконується пошарове ущільнення дна котловану, також влаштовується бетонна підготовка товщиною 100 мм класу С8/10. Після цього поверхня вкладається двома шарами гідроізоляції з бітумною мастикою, для захисту фундаменту від вологи.

Враховуючи глибину котловану, потрібно ретельно підготувати організацію робіт та забезпечити стійкість укосів.

Розробка котловану виконується ярусами по 1,5 - 2,0 м для забезпечення безпеки. При підвищеній вологості ухил може бути скоригований та додатково підкріплений.

Для того, щоб зберегти природню структуру ґрунту основи механізована розробка повинна бути зупинена з недобором 15 – 20 см. Зачищення дна котловану виконується вручну з контролем рівності поверхні лазерним нівеліром.

Після зачищення потрібно провести пошарове ущільнення ґрунту за допомогою віброплити. Далі влаштовується бетонна підготовка товщиною 100 мм з бетону класу С8/10, вона створює рівну основу під гідроізоляцію.

Дана основа покривається двома шарами гідроізоляції на основі бітумної мастики. Додатково слід проводити постійний геодезичний контроль, моніторинг стійкості укосів та заходи з водовідведення поверхневих вод при їх наявності.

3.3 Технологія монтажу опалубки під фундаментну плиту

Для того, щоб повністю забезпечити вірну геометрію монолітної плити товщиною 400 мм використовується збірно-розбірна дрібнощитова опалубка для вертикальних поверхонь. Основними елементами опалубки є щити, кутові елементи, універсальні з'єднувальні замки, вирівнюючі балки та гвинтові підкоси. Опалубні щити виготовлені з високоякісної ламінованої вологостійкої фанери товщиною 20 мм, яка є спеціально захищеною сталевим каркасом для уникнення механічних пошкоджень під час монтажу.

Технологічним регламентом з монтажу опалубки є:

- Геодезична розмітка: на поверхні наплавленої рулонної гідроізоляції за допомогою фарбувального шнура наноситься точний проєктний контур фундаментної плити на основі винесених геодезичних осей;

- Встановлення кутових елементів: монтаж щитів починається з кутів котловану, вони є базовими точками для фіксації просторової геометрії фундаменту;

- Збирання щитів: вздовж розмітки потрібно послідовно встановити щити висотою 600 мм. Всі щити між собою з'єднують між собою за допомогою клинових замків, які в свою чергу щільно стягують щити, запобігаючи витіканню цементного молока під час заливки бетону;

- Фіксація та розкріплення системи: для того щоб запобігти руйнації або викривленню опалубки під час заливання бетону та його подальшого вібрування, всі щити фіксуються із зовнішньої сторони похилими гвинтовими підкосами з кроком 1,2 м. Нижня п'ята надійно впирається в забиті в ґрунт котловану металеві анкери. Гвинтова муфта дозволяє виконати точне регулювання вертикального рівня опалубки, для більш точного виставлення використовується лазерний рівень;

- Нанесення протиадгезійного мастила: перед тим як почати розкладати арматуру, внутрішня сторона щитів очищається від залишків старого бетону та рівномірно покривається тонким шаром емульсійного мастила. Воно передбачає запобігання зчеплення бетону з фанерою, а це в свою чергу суттєво полегшує процес демонтажу опалубки.

Використання дрібнощитової опалубки дозволить нам точно сформувати вертикальні поверхні стін підвалу товщиною 770 мм а також забезпечить високу якість поверхні бетону.

Монтаж опалубки виконується в технологічній послідовності, а саме: спочатку встановлюється кутовий елемент та фіксуються по геодезичних осях, далі слід монтувати прямі щити по периметру. Після складання всієї конструкції проводиться перевірка вертикальності, діагоналей та відповідності проєктним розмірам. Відхилення від вертикалі не повинні перевищувати 2 мм на 1 м висоти. Особливу увагу слід приділити герметичності стиків. Всі щілини між щитами можуть бути проклеєні спеціальною стрічкою або герметиком, щоб виключити витікання цементного молока.

Після повного завершення монтажу опалубки слід виконати приймання конструкції з оформленням акту прихованих робіт. Виконується перевірка

міцності кріплення, щільність стиків, правильне встановлення закладних деталей.

Демонтаж опалубки здійснюється лише після досягнення бетоном міцності не менше 70% від проєктної. Це забезпечить високу точність геометричних параметрів фундаментної плити, якісну поверхню бетону та безпечне виконання робіт при великій глибині котловану.

3.4 Технологія та організація арматурних робіт

Арматурні роботи є одними з самих відповідальних, а також трудомістким етапом в зведенні плити, оскільки від вірного розташування стержнів залежить здатність на згин, продавлювання та зріз. Армування виконується безпосередньо на дні котловану.

Етапами та інженерними вимогами до армування плити є:

- Влаштування захисного шару бетону для нижньої сітки: на очищену гідроізоляцію основи розкладаються пластикові фіксатори, для гарантування товщини нижнього захисного шару. Фіксатори розкладаються у шаховому порядку з кроком 0,75 м. Використовувати замість інвентарних виробів шматки деревини, цегли чи металу суворо заборонено;

- Укладання та в'язання нижньої сітки: на пластикові фіксатори розкладаються поперечні та поздовжні робочі стержні арматури діаметром 16 мм класу А400С з відповідним кроком 250 м за розрахунковими даними. В місцях перетину стержні зв'язуються між собою за допомогою сталевого в'язального дроту діаметром 1,2 мм. Для того, щоб цей процес займав менше часу потрібно використовувати механізовані акумуляторні пістолети спеціально для в'язання арматури. Зв'язування потрібно виконувати для більше ніж 50% перетинів у шаховому порядку, а крайні два ряди по периметру плити зв'язувати на кожному перетині;

- Встановлення додаткового підсилення нижньої сітки: у місцях, які були визначені за допомогою розрахунку в програмному комплексі “SCAD Office”, між основними стержнями додатково укладають стержні 16 мм діаметру класу

A400С. Це зменшує фактичний крок арматури в зонах підсилення до 125 мм і забезпечує необхідну локальну міцність;

- Монтаж просторових фіксаторів каркаса: для того щоб розвести нижню та верхню арматурні сітки по висоті та для жорсткої фіксації їх положення, на нижню сітку встановлюється підтримуючі просторові елементи. Вони виготовлені з арматурної сталі 12 мм діаметром класу А240С на гнучкому станку. Їх крок встановлення становить 1,0 м в обох напрямках. Вони жорстко прив'язуються дротом до стержнів нижнього поясу;

- Укладання верхньої арматурної сітки: по верхніх полицях просторових фіксаторів каркаса розкладаються та зв'язуються стержні цієї сітки 16 мм діаметром класу А400С з кроком 250 мм у двох перпендикулярних напрямках. Верхній шар захисного бетону прийнятий 35 мм від проєктного верху фундаменту;

- Монтаж локального підсилення армування верхньої зони: на основі розрахунків відповідно до програмного комплексу “SCAD Office” потрібне локальне підсилення арматури. Для цього додатково укладаються стержні 16 мм діаметру класу А400С з кроком 125 мм. В такому випадку сумарна фактична площа арматура в цих зонах повністю задовольняє вимоги розрахунку;

- Встановлення поперечного армування: оскільки міцності чистого бетону товщиною 400 мм недостатньо, прийнято встановлення поперечного армування 10 діаметром класу А240С з кроком 500 мм з локальним зменшенням кроку до 150 мм для забезпечення повної міцності;

- Влаштування арматурних випусків: на завершальному етапі армування слід виконати точне винесення планового положення стін підвального поверху котеджу. В даних зонах монтуються вертикальні арматурні випуски, з відігнутими нижніми г-подібними гаками, які заглиблюються всередину плити до нижньої сітки та жорстко фіксуються.

Після завершення монтажу арматурного каркасу потрібно провести контроль: виміряти крок стержнів, товщину захисного шару, перевірити жорсткість каркаса та відсутність деформацій. Результати слід зафіксувати в акті

прихованих робіт. Всі відхилення потрібно усунути до того як почнеться процес заливання бетону.

3.5 Технологія бетонування фундаментної плити

Бетонування монолітної фундаментної плити є відповідальним етапом будівництва, так як від якості укладання, ущільнення та догляду за бетоном залежить його міцність, водонепроникність, морозостійкість та довговічність всієї підземної частини будівлі. Враховуючи значний обсяг бетону та просадні властивості ґрунтів основи, бетонування має бути виконаним суцільним блоком безперервно, щоб уникнути робочі шви, уникаючи появлення тріщин.

Відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016[23] та ДСТУ Б В.2.6-203:2015[34] , при бетонуванні великих плитних фундаментів необхідно забезпечити безперервність процесу, високу якість бетонної суміші та ефективне відбрушування.

3.5.1 Транспортування бетонної суміші

Загальний геометричний об'єм бетонної суміші для фундаментної плити товщиною 400 мм становить приблизно 79 м³. Весь процес укладання бетону повинен бути здійснений безперервно, а отже обсяг повинен бути доставлений та укладений у найкоротший технологічно можливий час.

Транспортування бетону Класу С20/25 на майданчик будівництва здійснюється з бетонного заводу, який розташований на відстані, що дозволяє забезпечити час доставки не більше 50 хвилин від моменту приготування суміші за допомогою автобетонозмішувачів з корисним об'ємом 9 м³.

Вимоги для транспортування бетонної суміші:

- Дана суміш повинна відповідати вимогам ДСТУ Б В.2.7-214:2009[32]. Під час транспортування категорично забороняється додавати воду в автозмішувач для відновлення рухливості;

- Час від поатку приготування до вивантаження не повинен перевищувати 60 хвилин;
- Автобетонозмішувачі повинні мати обладнання примусового перемішування під час транспортування для того, щоб запобігти розшаруванню суміші.

Для того, щоб забезпечити безперервний процес роботи було розраховано необхідну кількість рейсів. Враховуючи об'єм одного міксера потрібно виконати 9 рейсів. Графік доставки складений так, щоб інтервал між прибуттям автозмішувачів не перевищував 20 хвилин. Дане рішення дозволить автобетононасосу працювати без простоїв і може забезпечити рівномірне укладання бетону по всій площі плити.

3.5.2 Подача та укладання бетону

Подача бетонної суміші у дно котловану здійснюється за допомогою автобетононасосу типу Putzmeister з розподільчою довжиною стріли 31,6 м. Бетононасос повинен бути встановлений на спеціально сплановану ущільнену ділянку поза призмою обвалення укосів котловану.

Технологічний регламент укладання бетону:

- Укладання бетонної суміші ведеться безперервно паралельними горизонтальними смугами. Бетон подається через гнучкий кінцевий шланг стріли, який плавно переміщується робітниками в межах фундаментної плити котеджу;

- Для того, щоб щільність бетону була максимальною а повітряні пори були видалені застосовують важкі ручні глибинні електровібратори з довжиною гнучкого вала 4 м;

- Крок перестановки вібратора під час руху по смузі не повинен перевищувати 1,5 його радіуса. Вібронакінечник занурюється в бетонну суміш вертикально та утримується в одному положенні протягом 25 секунд, до моменту коли припиняється виділення великих бульбашок повітря та появи гладкого цементного молока;

- Категорично заборонено опирати вібратор який працює на стержні арматурного каркаса або на щити опалубки. Відстань від грані опалубки до вібратора під час праці має сягати понад 10 см;

- Після закінчення віброущільнення поверхня плити вирівнюється віброрейкою довжиною 3,0 м і остаточно загладжується ручними алюмінієвими рейками для того, щоб поверхня була рівною.

Укладання бетону слід виконувати за схемою “від себе”, починаючи від найвіддаленіших від виїзду зон котловану. Завдяки такому методу бетонна суміш буде вільно розтікатись та це забезпечить природне видалення повітря до краю плити. Товщина одноразового укладеного шару не повинна перевищувати 400 мм, так як це прийнята висота фундаментної плити.

Для того, щоб конструкція була монолітною особлива увага повинна бути приділена місцям стикування окремих смуг. Перерва між укладанням сусідніх смуг не повинна перевищувати 60 хвилин. У разі вимушеної технологічної перерви понад 2 години робочий шов може бути виконаним лише у вертикальному положенні з влаштуванням шпонки та ретельним очищенням поверхні попереднього шару від цементної плівки.

Додатково слід в місцях армування та арматурних випусків під стіни підвалу провести додаткове вібрування з метою повного заповнення бетоном просторів між стержнями та запобігання утворенню раковин. Контроль якості ущільнення в цих зонах повинен здійснити старший бетонник.

Протягом всього періоду заливання необхідно проводити контроль за рухливістю бетонної суміші. В випадку зниження осадки конуса нижче 140 мм подача суміші призупиняється до прибуття нової машини з нормативними показниками. Категорично заборонено відновлювати рухливість сіміші шляхом додавання води на будівельному майданчику, так як це призведе до зниження міцності та підвищить водоцементне відношення.

Після того, як укладання та віброущільнення всієї плити завершиться потрібно виконати фінішне вирівнювання поверхні з контролем проєктних

відміток за допомогою лазерного нівеліра. Допустимими відхиленнями від проєктної площини є ± 10 мм на всій площі плити.

3.5.3 Технологічний догляд за бетоном

Даний догляд за бетоном починається через 3 години після завершення укладання бетонної суміші. Має бути вже втрачена рухливість та початок схвачування цементу. Головною метою є створення оптимального температурно-вологого режиму для запобігання швидкому висиханню бетону, щоб не почався процес виникнення тріщин та недобір міцності.

Поверхня плити вкривається шаром вологомісткого матеріалу і закривається суцільною поліетиленовою захисною плівкою, для того щоб запобігти випаровуванню внутрішньої води бетону. В умовах, якщо температура вище $+20^{\circ}\text{C}$, здійснюється регулярне зволоження, а саме полив покриття водою за допомогою розпилювача. Контроль набору міцності слід виконувати шляхом випробування на пресі стандартних кубів бетону в лабораторії, які зберігались в аналогічних умовах на об'єкті.

Технологічний догляд за бетоном є важливим етапом, оскільки перші 7-14 діб після бетонування в конструкції відбуваються інтенсивні процеси гідратації цементу, усадки та набору міцності. Недотримання режиму догляду може спричинити поверхневі та внутрішні тріщини, знизити кінцеву міцність на 30% та погіршити водонепроникність фундаментної плити.

Враховуючи велику площу та значну товщину основними небезпечними факторами є швидке випаровування вологи з поверхні, пластична усадка та температурні перепади. Догляд повинен бути організований таким чином, зоб'являв в себе захист від висихання, механічних пошкоджень та різких коливань температури.

Після фінішного згладжування поверхні плити на неї наноситься шар вологомісткого матеріалу товщиною не менше 5 мм, який потсійно підтримується у вологому стані. Вся поверхня зверху накривається плівкою

герметично з напуском не менше 30 см. Краї плівки притискаються до опалубки або ґрунту щоб був створений замкнутий простір.

Технологічні рішення та організація будівництва враховують інформацію передбачену в підручниках Теличенко В. І. та ін. [18] та Штоль Т. М., Теліченко В. І. [19].

У разі прогнозованого зниження температури нижче $+5\text{ }^{\circ}\text{C}$ у перші три доби після самого бетонування передбачається додаткове утеплення поверхні плити мінеральними матами або спеціальними теплоізоляційними покриттями. Контроль набору міцності бетону виконується шляхом випробування на стиск стандартних кубів. Частина зразків витримується безпосередньо на самому об'єкті, в умовах, ідентичних умовам твердіння плити. Розпалубка вертикальних щитів допускається тільки після досягнення більше 70% проєктної міцності бетону.

Також ведеться інструментальний контроль температури бетону в масиві за допомогою закладних термодатчиків у найбільш масивних зонах плити.

Після досягнення бетоном міцності 70% плівкове покриття знімається, поверхня плити обробляється проникаючою гідроізоляцією для того, щоб підвищити водонепроникність конструкції.

3.6 Калькуляція виконання робіт та організація потоків

При складанні калькуляції враховувались конкретні умови будівельного майданчика, наприклад значна глибина котловану, просадні лесові ґрунти, необхідність безперервно бетонувати фундаментну плиту великого об'єму, також застосування сучасних механізмів.

Усі процеси розбиті на технологічно взаємопов'язані потоки, а це в свою чергу дозволяє забезпечити рівномірне завантаження бригад, мінімізувати простой техніки та скоротити загальну тривалість робіт. Основним потоком влаштування фундаментної плити є організація роботи як єдиного комплексного процесу, який включає в себе земляні роботи, влаштування підготовки, монтаж опалубки, армування та саме бетонування [18].

Калькуляцію виконання основних робіт наведемо в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Калькуляція робіт

Найменування робіт	Обгр. за ДСТУ	Од. вим.	Обсяг робіт	Норма часу		Трудо- і машиномітскість		Склад ланки	
				люд. год	маш. год	Норматив на		Проф. розряд	К-сть
						люд. змі н	маш. змі н		
Розроблення ґрунту з навантаженням на автомобілі-самоскиди екскаваторами одноковшовими дизельними на гусеничному ході з ковшом місткістю 1,25 [1,25-1,5] м ³ , група ґрунтів 2	КБ1-16-4	100 м ³	1.256		25.38		3.99		
Доробка вручну, зачистка дна і стінок вручну з викидом ґрунту в котлованах і траншеях, розроблених механізованим способом	КБ1-162-7 [#тех.ч .# п.1.3.1 80# к(труд)=1,2]	100 м ³	0.228	333.2		9.5		Землекоп-2.7 роз.	2

Продовження таблиці 3.1 – Калькуляція робіт

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ущільнення ґрунту основи щебнем	КБ1-136-1	100 м ²	2.278	2.4		1		Робітник - 2.5 роз.	1
Улаштування бетної основи під фундаменти	КБ8-2-3	1м ³	18.22 5	2.4	1.85	5	4.21	Бетонник-опалубник 2.5 роз.	2
Монтаж опалубки по периметру	КБ6-8-1	100 м ²	0.27	97.6	1.29	3.3	0.04	Бетонник-опалубник 3.3 роз.	2
Улаштування фундаментних плит залізобетонних плоских	КБ6-1-16	100 м ³	0.656	249.4	63.68	20.5	5.22	Бетонник-опалубник - 3.3роз. Арматурник -3.3 роз.	3

3.7 Контроль якості робіт

Контроль якості робіт при влаштуванні монолітної фундаментної плити здійснюється на всіх стадіях відповідно до вимог ДБН А.3.1-5:2016 [23], ДСТУ Б А.3.1-22:2013 [33] та ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015[35]. Основні заходи наведено в Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Контроль якості

№	Найменування процесів	Контрольовані параметри	Інструмент та способи	Граничні відхилення	Склад контролю
1	Підготовка основи котловану	-відмітка дна котловану	Нівелір, рейка	-відхилення позначок дна: ± 20 мм -Коефіцієнт ущільнення $K_y \geq 0,95$	Геодезист, майстер

Продовження таблиці 3.2 – Контроль якості

1	2	3	4	5	6
2	Влаштування підготовки та гідроізоляції	-товщина бетонної підготовки -ширина напуску гідроізоляції	Сталева рулетка, лінійка, візуально	Товщина підготовки: +20/-10мм Напуск не менше 100мм	Майстер
3	Монтаж щитової опалубки	-положення опалубки відносно осей -відхилення від вертикалі -щільність стиків	Теодоліт, рулетка	- Зсув осей: ± 10 мм - Відхилення від вертикалі: 2 мм/м (max 5 мм на всю висоту) - Щілини в стиках: ≤ 2 мм	Виконроб, майстер
4	Армування фундаментної плити	-крок стержнів -товщина захисного шару -довжина напусків арматури -положення випусків арматури	Рулетка, штангенциркуль	- Крок арматури: ± 15 мм - Крок шпильок: ± 20 мм - Довжина напуску: не менше проектної - Висота випусків: ± 20 мм	Виконроб, майстер

Продовження таблиці 3.2 – Контроль якості

1	2	3	4	5	6
5	Укладання та ущільнення бетону	-рухливість бетонної суміші -висота вільного скидання -режим вібрування	Конус, візуально	- Осадка конуса: 160–220 мм (± 20 мм) - Висота скидання: $\leq 2,0$ м - Крок перестановки вібратора: не більше 1,5 радіуса дії	Лаборант, майстер
6	Технологічний догляд за бетоном	- температурно-вологісний режим твердіння -відсутність тріщин та висихання	Термометр, візуально	- Постійне підтримання вологого стану - Температура повітря при догляді не нижче $+5^{\circ}\text{C}$	Майстер

3.8 Розрахунок потреби в матеріально-технічних ресурсах

3.8.1 Потреба в основних будівельних матеріалах

Потребу в основних будівельних матеріалах наведемо в Таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Будівельні матеріали

№	Найменування	Характеристика	Од. виміру	Кількість
1	Бетон	C20/25	м ³	79
2	Арматура	A400C, A240C	т	4,2
3	Гідроізоляція	Рулонно-бітумна полімерна	м ²	440

Продовження Таблиці 3.3 – Будівельні матеріали

1	2	3	4	5
4	В'язальний дріт	Сталевий відпалений, діаметр 1,2 мм	кг	54
5	Фіксатори	Типу стільчик, висота 40 мм	шт	430

3.8.2 Потреба в основних будівельних машинах та технологічному інвентарі

Потребу в основних будівельних машинах та інвентарі наведено в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Техніка та інвентар

Найменування	Тип	Кількість
Екскаватор одноковшевий	JCB JS 220LC зворотна лопата	1
Автобетононасос	Putzmeister BSF 36.4	1
Автобетонозмішувач	HONGYAN 10 м³	8
Ручний електровібратор	IB-116A	3
Віброрейка поверхнева	ENAR QZ	1
Акумуляторний пістолет	MAX RB398S	3
Лазерний далекомір	Leica DISTO D1	1
Лазерний нівелір	Bosch GRL 300 HV	1
Ручна рейка	Kraft&Dele	2

3.9 Техніко-економічні показники

Для загальної оцінки ефективності прийнятих рішень виконаємо розрахунок основних техніко-економічних показників проєкту виконання робіт.

1. Загальний об'єм залізобетонної фундаментної плити :

$$V_{\text{плити}} = 13,94 * 13,95 * 0,4 \approx 79 \text{ м}^3$$

2. Загальна трудомісткість виконання всього комплексу робіт за картою:

$$Q_{\text{заг}} = 245,41 \text{ люд. –год}$$

3. Трудомісткість на 1м^3 фундаментної плити:

$$T_{\text{од}} = \frac{239,17}{79} = 3,1 \text{ люд. –год/м}^3$$

4. Орієнтовна тривалість робіт при двозмінній роботі складає 4-5 робочих днів.

Прийняті технологічні рішення забезпечують раціональне використання ресурсів, високу якість а також дотримання термінів та вимог безпеки.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Забезпечення охорони праці на законодавчому рівні

Викладення, практична реалізація питань безпеки праці, виробничої санітарії та пожежної безпеки в межах даного проекту базується на фундаментальних засадах чинної законодавчої та нормативно-правової бази України. Охорона праці є системою правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, які насамперед спрямовані на збереження життя, здоров'я та працездатності людини під час будівництва.

Базовим правовим актом, який регулює ці відносини є Закон України “Про охорону праці”[15]. Даний закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права громадян на належні, безпечні та здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем та працівником з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні. Державна політика базується на принципі пріоритету життя та здоров'я працівників над результатами виробничої діяльності підприємства.

Під час розробки архітектурно-будівельних, технологічних та організаційних рішень було враховано вимоги та положення таких документів:

- ДБН А.3.2-2:2009 “Охорона праці та промислова безпека у будівництві. Основні положення”[4]
- ДСТУ 2293:2014 “Охорона праці. Терміни та визначення основних понять”[24];
- ДБН В.1.2-9:2021 “Основні вимоги до будівель та споруд. Безпека і доступність під час експлуатації”[25];
- НПАОП 45.2-7.03-17 “Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках”[26];
- ДБН Б.2.2-12:2019 “Планування та забудова територій”[2];
- Наказ МОЗ України від 08.04.2014 №248 “ Державні санітарні норми і правила. Гігієнічна класифікація праці[27]”.

Об'єктом планування в даному проєкті є двоповерховий індивідуальний житловий котедж з повноцінним підвальним поверхом. Згідно з ДСТУ 8855:2019 “Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків”, даний об'єкт за масштабами можливих руйнувань та загрози для життя людей належить до класу наслідків СС1(незначні наслідки) [13]. Ступінь вогнестійкості встановлено III.

Прийняті конструктивні рішення мають особливості, які впливають на характер будівельних робіт та безпеку персоналу:

- фундамента плита представлена монолітною залізобетонною товщиною 400 мм;

Зовнішні стіни підвального поверху виконані як монолітні і мають товщину 77 см;

Стіни надземної частини запроектовані з цегли.

Гуманітарний аспект полягає в тому, щоб не допустити травмування працівників. Економічний аспект відображає пряму залежність рентабельності будівництва від безпеки: упередження виробничого травмування усуває витрати на лікарняні та штрафні санкції, а також запобігає матеріальним збиткам від простою техніки та руйнування тимчасових конструкцій.

Основною метою даного розділу є комплексний аналіз умов праці на будівельному майданчику, ідентифікація всіх потенційних джерел небезпеки на всіх етапах будівництва та формування комплексу інженерних та організаційних рішень, щоб процес та середовище на будівництві було максимально безпечним для людей.

4.2 Аналіз умов праці та виявлення потенційних небезпек

Технологічний процес зведення даного котеджу характеризується високою щільністю виконання різнорідних будівельних операцій на обмеженій території. Наявність масивних елементів підвалу із залізобетону та товстих цегляних стін потребує залучення засобів малої механізації, вантажопідіймальних кранів та значних обсягів важкої ручної праці.

Ідентифікація небезпечних та шкідливих виробничих чинників виконується відповідно до ДСТУ 2293:2014[24] та санітарних норм і правил МОЗ України[27]. За своїм походженням та характером впливу на організм робітників виявлені чинники можна класифікувати на три основні групи.

1. Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- рухомі будівельні машини та механізми. Головним джерелом даної небезпеки є функціонування автомобільного крана, рух автобетонозмішувачів територією майданчика. Зонами підвищеної небезпеки є радіуси дії стрілового обладнання та шляхи маневрування транспорту;

- Надлишковий тиск у бетоноводах та динамічні удари. Ризик виникнення повітряних пробок у системі та різких неконтрольованих коливань кінцевого рукава стріли створює загрозу для бетонників, які приймають та розподіляють суміш;

- Ґрунти, що обрушуються та елементи опалубки, що руйнуються. Дана небезпека може бути в котловані при влаштуванні монолітної залізобетонної плити через потенційну нестабільність укосів, а також під час бетонування підвальних стін товщиною 77 см, так як свіжовикладений бетон чинить доволі значний тиск на щити опалубки;

- робота на висоті та ризик падіння. Виникає під час зведення цегляної кладки другого поверху, а також при монтажі покрівлі. При виконанні мурування на висоті понад 1,3 м від рівня землі або робочого настилу виникає пряма загроза падіння відповідно до вимог ДБН А.3.2-2:2009[4];

- гострі краї, задирки та шорсткість поверхонь. Даний чинник постійно діє на робочих місцях арматурників та мулярів при контакті з стержнями арматури, гранями цегли та елементами кріплення щитів опалубки;

- підвищення напруги в електричному ланцюзі. Використання ручного електроінструменту та експлуатація глибинних вібраторів є джерелом небезпеки.

2. Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- лужне середовище та хімічно активні домішки. Бетонна суміш та цементний розчин мають високу лужну реакцію. Прямий контакт незахищеної шкіри рук із даними матеріалами може призвести до хімічних подразнень, мікротріщин та дерматитів;

- токсичні випаровування та пил. Виникає під час виконання вертикальної гідроізоляції зовнішніх стін підвалу бітумними мастикам а також під час різання цегли сухим методом.

3. Психофізіологічні виробничі чинники:

- Фізичні перенавантаження. Мурування стін у 3 цегли вимагає від муляра переміщення значної маси матеріалів вручну протягом зміни, це може викликати перенапруження опорно-рухового апарату;

- Нервово-психічне перенапруження. Воно характерне для машиніста крану та стропальників через потребу в точній координації рухів вантажу в умовах обмеженого простору котеджної забудови.

При аналізі даних параметрів можна зробити висновок, що при відсутності засобів індивідуального захисту рівні віброакустичних навантажень від двигунів та вібраторів перевищуватимуть ліміти. При наявності даних факторів необхідно провести оцінювання ризиків.

4.3 Дослідження ризику реалізації потенційних небезпек на об'єкті

Для того, щоб якісно оцінити безпеку праці під час робіт застосовано матричний метод оцінки ризиків . Даний інструмент дозволяє встановити індекс ризику як інтегральну величину, яка поєднує два параметри: категорію серйозності наслідків потенційної аварії чи травми від I- катастрофічна до IV - незначна) та рівень ймовірності виникнення цієї події (від А -часта до Е - неймовірна).

Для більш детального аналізу умов праці обираємо три провідні професії, чия діяльність найбільше пов'язана з ризиками під час виконання робіт.

4.3.1 Оцінювання ризиків на робочому місці муляра

Муляр виконує зведення стін першого та другого поверхи. Основні небезпеки які виникають це робота на висоті з використанням переставних підмосток та переміщення великої кількості матеріалів. Складемо таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Ризики муляра

Вид потенційної небезпеки	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Падіння муляра з риштувань чи підмосток під час мурування стін	II (критична)	C (час від часу)	2C	Небажаний (гранично допустимий)
Руйнування або перекидання підмосток через перевищення навантаження	II (критична)	D (віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування шкіри рук гострими гранями цегли та цементним розчином	IV (незначна)	A (часта)	4A	Припустимий з перевіркою (прийнятний)

Отже індекси 2C та 2D можна класифікувати як небажані. В свою чергу це вимагає впровадження жорстких заходів, а саме: обов'язково влаштувати бортові огороження на підмостях, суворий контроль схеми розкладки піддонів та недопущення перевантаження робочих настилів понад нормативні ліміти відповідно до ДБН А.3.2-2:2009[4].

4.3.2 Оцінювання ризиків на робочому місці бетонника

Бетонник здійснює укладання бетонної суміші в опалубку. Основні джерела небезпеки тут це робота з механізмами під тиском ризик ураження струмом у вологих умовах та тривалий вібраційний вплив. Наведено в Таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Ризики бетонника

Вид потенційної небезпеки	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Ураження електричним струмом при пробіі ізоляції кабелю	II (критична)	D (віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування внаслідок динамічного удару кінцевим рукавом автобетононасоса	II (критична)	D (віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Руйнування щитів опалубки стін підвалу під тиском суміші	III (гранична)	C (час від часу)	3C	Небажаний (гранично допустимий)
Розвиток синдрому локальної вібрації	III (гранична)	B (вірогідна)	3B	Небажаний (гранично допустимий)

При появі індексу ризику 2D нам необхідно впровадити деякі рішень: суворо дотримуватись правил пуску та прокачування суміші, має діяти заборона на перегинання рукава, та необхідно здійснювати постійний візуальний контроль за зоною укладання бетону.

4.3.3 Оцінювання ризиків на робочому місці стропальника

Стропальник координує роботу крана, виконує зачеплення та стропування піддонів та бадей із розчином або елементів опалубки. Ризики наведемо в Таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Ризики стропальника

Вид потенційної небезпеки	Категорія серйозності	Рівень ймовірності	Індекс ризику	Класифікація та критерій ризику
Падіння піддону з цеглою	II (критична)	D (віддалена)	2D	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування через розгойдування вантажу	II (критична)	C (час від часу)	2C	Небажаний (гранично допустимий)
Травмування пальців та рук гаками чи дефектами канатів	IV (незначна)	B (вірогідна)	4B	Небажаний (гранично допустимий)

Наявні рівні ризику 2C, 2D, які є небажаними обумовлені необхідністю застосовування лише сертифікованих знімних вантажозахоплювальних пристроїв з деяким запасом міцності, також використовувати відтяжки для керування траєкторією вантажу та чітко розуміти небезпечні зони роботи крана.

4.4 Організаційно-технічні заходи щодо покращення умов праці

На основі отриманих індексів аналізу та вимог нормативного акта НПАОП 45.2-7.03-17[26] розроблено комплекс організаційних, технічних а також технологічних заходів, які інтегровані у будівельний процес.

4.4.1 Організаційні заходи з охорони праці

- Система навчання та інструктажу. Усі робітники можуть бути допущені на будівельний майданчик лише після повного проходження вступного інструктажу та первинного інструктажу на робочому місці відповідно до положень закону;
- Кваліфікаційні обмеження. До виконання стропувальних робіт можуть бути допущені лише ті особи, які пройшли курс навчання, склали іспити та мають відповідне посвідчення. Керувати автокраном та автобетононасосом повинен мати дозвіл лише машиніст із відповідною кваліфікацією;
- Режим праці та відпочинку. Для нейтралізації шкідливого впливу від локальної вібрації та значних навантажень встановлюється регламент: сумарний час роботи з віброінструментом та рукавом насоса не повинен перевищувати 50% часу від зміни, а також має містити обов'язкові перерви діапазоном 10-15 хвилин через кожну годину праці.

4.4.2 Технічні рішення при зведенні монолітного фундаменту та стін підвалу

- Безпека при роботі автобетононасосу. Під час влаштування фундаментної монолітної плити встановлення автобетононасосу дозволено на заздалегідь підготовлений, спланований майданчик поза межами призми обвалення укосів котловану. Виносні опори мають бути повністю висунуті та зафіксовані на міцних інвентарних дерев'яних чи залізобетонних підкладках;
- Правила приймання бетонної суміші. Запуск та прокачування розчину виконується лише після перевірки надійності замкових з'єднань усіх секцій

бетоноводів. Під час самого подавання бетону бетонникам заборонено перегинати кінцевий гнучкий рукав під гострий кут. Оператор здійснює переміщення стріли виключно за командами сигнальника, під час її руху перебування людей під стрілою заборонено;

- Безпека в котловані. Спуск робітників у котлован здійснюється за допомогою інвентарних сходів згідно вимог ДБН А.3.2-2:2009[4]. Опалубка стін повинна бути зафіксована високоміцними стяжними гвинтами.

4.4.3 Технічні заходи при виконанні цегляного мурування

- Організація робочого місця. Мурування стін першого та другого поверху виконується з шарнірно-панельних підмосток. Робоча зона муляра завширшки 60-70 см повинна бути повністю вільною. Піддони з цеглою та розчин повинен бути розміщений у зоні матеріалів, між ними повинні бути зазори для безпечного проходу;

- Обмеження висоти ярусу. Висота одного ярусу кладки не повинна перевищувати 1,2 м відповідно до нормативів. Мурування на кожному наступному ярусі виконується після перестановки підмостки та їх перевірки на міцність опирання. Викладання цегли стояти на самій стіні суворо заборонено;

- Захист від падіння предметів. Оскільки котедж запроєктовано двоповерховим, по периметру зовнішніх стін першого поверху повинні бути встановлені захисні козирки завширшки 1,5 м для вловлювання можливого падіння уламків цегли або інструменту.

4.4.4 Заходи щодо забезпечення електробезпеки та гігієни

Забезпечення електробезпеки. Робоче середовище в котловані та на підмостях має класифікацію вологого та небезпечного. Підключення вібратору та ручного інструменту до трифазної мережі здійснюється за допомогою пристроїв захисного відключення. Корпус трансформатора та рама автокрана підлягають захисному заземленню;

Засоби індивідуального захисту. Муляри та бетонники повинні бути забезпечені захисними касками, спецодягом та спецвзуттям із проти ковзною підошвою. Для того, щоб був захист від лужної дії цементу робітники мають використовувати гумові рукавиці. Під час мурування стін у зонах поблизу прорізів чи на межі підмостки муляри повинні використовувати лямкові страхувальні пояси, які будуть закріплені за надійні будівельні конструкції котеджу.

4.5 Інженерно-технічна регламентація безпечних зон та вантажопідйомних засобів

Для того, щоб повністю виключити критичні ризики, виявлені на минулих етапах аналізу, на будівельному майданчику слід впровадити суворе інженерне регулювання меж робочих зон і технічних параметрів знімного обладнання.

Інженерно-технічна регламентація небезпечних зон є однією з основних організаційно-технічних заходів. Вони дозволяють запобігти одночасному перебуванню людей в зоні дії вантажопідйомників та виключити можливість травмування працівників.

Визначення чіткого та правильного маркування даних зон є обов'язковою вимогою під час виконання всіх робіт на будівельному майданчику. Недотримання цих вимог призводить до значного підвищення ризику аварійної ситуації, травмуванню працівника, пошкодженню матеріалів та техніки або можлива повна зупинка будівництва та застосування штрафних санкцій.

4.5.1 Обґрунтування меж небезпечної зони автомобільного крана

З метою безпечного виконання цегляного мурування та монтажу опалубки котеджу, межа небезпечної зони крана визначається за допомогою його максимальних робочих параметрів а також висотних характеристик будівлі відповідно до ДБН А.3.2-2:2009[4].

Основні критерії для встановлення зон небезпеки:

- Максимальний технологічний виліт стріли крана, він забезпечує доступ до найвіддаленіших ділянок стін котеджу з фіксованої стоянки та становить 14,0 м;
- Габаритні характеристики вантажу, за основу взято максимальний розмір стандартного транспортного піддону з цеглою, який становить 1,2 м;
- Нормативна відстань відліту вантажу у разі його випадкового падіння. Так як максимальна висота підйому матеріалів становить приблизно 7,2 м від рівня стоянки техніки то величина відліту становить 4,0 м згідно нормативної таблиці додатка Г ДБН А.3.2-2:2009[4].

Половина розміру піддону та нормативної величини відліту при сумуванні загальний граничний радіус небезпечної зони становить 18,6 м.

Вся територія будівельного майданчика, що потрапляє в цей радіус від крана виділяється як зона підвищеної небезпеки. Вона маркується за допомогою сигнальних стрічок та стаціонарних попереджувальних знаків. Перебування людей, виконання супутніх робіт або складування додаткових матеріалів у межах цього радіуса під час роботи крану повністю блокується.

4.5.2 Технічні вимоги та підбір знімних вантажозахоплювальних пристроїв

Для того щоб підйом та переміщення піддонів із цеглою були безпечні автомобільним краном передбачається використання чотири гілкового канатного стропа. Вибір та оцінка надійності стропа базується на вимогах Правил охорони праці при експлуатації кранів щодо розподілу зусиль.

Під час підйому вантажу стропом кут нахилу кожної гілки суворо обмежується і приймається в районі 45 градусів. Враховуючи цей кут та рівномірно розподільчу масу на чотири точки, розрахункове натяжне зусилля що виникає в кожній гілці окремо під час підйому становить приблизно 5,3 кН.

За державними стандартами безпеки, мінімальний коефіцієнт запасу міцності сталевих стропів повинен дорівнювати шести. Враховуючи все це, мінімально припустиме розривне зусилля канату має становити не менше 31,8 кН.

Враховуючи дані технічного сортаменту сталевих канатів подвійної звивки типу ЛК-Р для роботи на об'єкті визначено та затверджено такі параметри:

- Номінальний діаметр сталевих канатів становить 8,3 мм;
- Паспортне розривне зусилля такого каната становить 34,5 кН, а отже повністю перебиває мінімальну нормативну вимогу і гарантує безвідмовну роботу при завантаженні піддонів.

Таким чином підібрані стропи типу 4СК на основі каната з діаметром 8,3 мм забезпечують необхідний рівень безпеки при зведенні стін та перебиванні котеджу.

4.6 Висновки

Після повного виконання даного розділу було повністю реалізовано поставлену інженерну мету щодо аналізу параметрів виробничого середовища та розробки заходів захисту персоналу під час спорудження двоповерхового котеджу з підвальним поверхом. Правовою основою для формування проєктних рішень був прийнятий закон України “Про охорону праці” та положення галузевого стандарту ДБН А.3.2-2:2009[4].

Завдяки тому що є монолітна фундаментна плита, масивні стіни підвалу та надземної частини котеджу спостерігається достатня присутність концентрації небезпечних факторів. Особливо значними є ризики, які стосуються роботи в котловані, монтаж опалубки, арматурні роботи, роботи на висоті та експлуатація транспорту. Оскільки при будівництві буде використаний автобетононасос то це добавить додаткові ризики. Виявлені індекси ризиків підтверджують, що є небажаний характер умов праці при відсутності захисних систем.

Проаналізувавши ризики за матричним методом для ключових професій було ідентифіковано основні небезпеки та проведена оцінка їх рівня. Отримавши результат було розроблено комплекс заходів спрямованих на усунення або суттєве зниження ризиків.

За цими даними та нормативними вимогами будівельних стандартів було чітко регламентовано граничний радіус небезпечної зони для крана. Також були зафіксовані точні дані для стропа.

Даний комплекс технічних та організаційних рішень повністю забезпечує усунення критичних загроз та ризиків на будівельному майданчику. Впровадивши перераховані вище рішення гарантують переведення всіх ідентифікованих ризиків у категорію контрольованих та припустимих, створюючи простір на будівельному майданчику повністю безпечним відповідно до вимог з охорони праці.

Отже реалізовані заходи не лише відповідають нормативним вимогам, але й сприяють підвищенню безпеки виробництва, збереженню здоров'я та

працездатності працівників, а також мають позитивний вплив на ефективність самого будівельного процесу.

Оформлення кваліфікаційної роботи та списку літератури виконано відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015 [5], ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 [6] та Методичних рекомендацій з оформлення кваліфікаційних робіт [10].

Бібліографічний опис використаних джерел виконано відповідно до рекомендацій Статкус В. О., Давидова Н. Б. [20].

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2006. -45с.
2. ДБН Б.2.2-12:2019. Планування та забудова територій. -Київ: Мінрегіон, 2019. -112 с.
3. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція будівель - Київ: Мінрегіон, 2021. -68 с.
4. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці та промислова безпека у будівництві. - Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. -58 с.
5. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання... -Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2016. -17 с.
6. ДСТУ ГОСТ 7.1:2006. Бібліографічний запис... - Київ: Держспоживстандарт України, 2007. -47 с.
7. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва - Київ: Мінрегіон, 2016.
8. ДБН В.2.1-10:2018. Основи та фундаменти споруд. - Київ: Мінрегіон, 2018. -92 с.
9. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Конструкції будинків і споруд. Стіни з цегли. - Київ, 2010.
10. Методичні рекомендації з оформлення кваліфікаційних робіт. - Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023.
11. Білецький В.С., Кривенко П.В. Будівельне матеріалознавство. - Київ: Ліра-К, 2021. -536 с.
12. Рекомендації щодо влаштування фундаментних плит на просадних ґрунтах - Київ: НДІБК, 2018.
13. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків. – Київ, 2019.
14. EN 1992-1-1:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures. – Brussels : CEN, 2004.

15. Закон України «Про охорону праці» від 14.10.1992 № 2694-XII (зі змінами).
16. Байков В. М., Сигалов Е. Е. Железобетонные конструкции. – М. : Стройиздат, 2020. – 768 с.
17. Сахновський К. В. Железобетонные конструкции. – К. : Вища школа, 2017. – 624 с.
18. Теличенко В. І., Ройтман А. Г., Слесарев М. Ю. Технологія будівельного виробництва. – К. : Вища школа, 2019. – 512 с.
19. Штоль Т. М., Теліченко В. І. Технологія монолітного бетону та залізобетону. – К. : Вища школа, 2018. – 296 с.
20. Статкус В. О., Давидова Н. Б. Бібліографічний опис документів... – 5-те вид. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 28 с.
21. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Залізобетонні конструкції. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009.
22. ДСТУ EN 14351-1:2020. Вікна і двері. Продукція, що не є захисною для евакуаційних виходів. – Київ, 2020.
23. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Мінрегіон, 2016.
24. ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 28 с.
25. ДБН В.1.2-9:2021. Основні вимоги до будівель та споруд. Безпека і доступність під час експлуатації. – Київ: Мінрегіон, 2021. – 45 с.
26. НПАОП 45.2-7.03-17. Мінімальні вимоги з охорони праці на тимчасових або мобільних будівельних майданчиках. – Київ, 2017.
27. Наказ МОЗ України від 08.04.2014 № 248 «Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». – Київ, 2014.
28. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон, 2013. – 128 с.

- 29.ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. – Київ: Мінрегіон, 2013. – 105 с.
- 30.ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. – 87 с.
- 31.ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. – Київ: Міненерговугілля України, 2017 (зі змінами).
- 32.ДСТУ Б В.2.7-214:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. дана с
- 33.ДСТУ Б А.3.1-22:2013. Система забезпечення якості в будівництві. Контроль і оцінювання якості будівельних робіт. – Київ: Мінрегіон, 2013.
- 34.ДСТУ Б В.2.6-203:2015. Бетонні та залізобетонні конструкції. – Київ: Мінрегіон, 2015.
- 35.ДСТУ-Н Б В.2.6-203:2015. Настанова з проектування, виготовлення та монтажу збірних залізобетонних конструкцій. – Київ: Мінрегіон, 201524.
- ДСТУ 2293:2014. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014. – 28 с.