

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**
Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну
Кафедра будівництва

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
рішенням кафедри будівництва
(протокол № __, від __.06.2026р.)
завідувач кафедри будівництва,
д.т.н., професор
_____ Ігор ЯКОВЕНКО
."__"_____ 2026 р.

БАКАЛАВРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**на тему: «Проектування житлового комплексу з раціональним
розташуванням діафрагм жорсткості у місті Миргород»**

Спеціальність 192 – будівництво та цивільна інженерія
(код і назва)

Гарант освітньої програми

_____ Євген ДМИТРЕНКО
кандидат технічних наук, доцент (научний ступінь та вчене звання) _____ (підпис) _____ (ПІБ)

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи:

_____ Євген ДМИТРЕНКО
д.т.н., проф. _____ (підпис) _____ (ПІБ)
(научний ступінь та вчене звання)

«допускається до захисту/не допускається до захисту»

Виконала: студентка

_____ Вікторія КОЗАРУК
«підпис» _____ (ПІБ студента)

Рецензент:

_____ _____ _____
(научний ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

_____ _____
«підпис» «оцінка»

м. Київ 2026 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Факультет (ННІ) Конструювання та дизайну

ЗАТВЕРДЖУЮ

завідувач кафедри будівництва,

Д.Т.Н., професор Ігор ЯКОВЕНКО
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ІПБ)

«25» березня 2026р.

З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ БАКАЛАВРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТЦІ

Козарук Вікторії Анатоліївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(код і назва) (назва)

Програма підготовки освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Тема дипломного проєкту затверджена наказом проректора з науково-педагогічної роботи та цифрової трансформації НУБіП України від «24» березня 2026 р. № 839 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру 2026, червень, 01
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: геологічні умови майданчика будівництва, природно-кліматичні умови відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010, навантаження та вплив згідно ДБН В.1.2-2:2006.

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки, 10 листів формату А1 та використаних джерел літератури 25 найменувань.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

Розділ 1. Архітектурна частина

Розділ 2. Розрахунково-конструктивний розділ

Розділ 3. Основи і фундаменти

Розділ 4. Технологія будівельного виробництва

Розділ 5. Організація будівництва

Перелік використаної літератури

Перелік графічного матеріалу (обов'язкові креслення):

Аркуш 1, 2.	<i>Архітектурна частина: фасад, експлікація будівель і споруд, генплан, план першого поверху.</i>
Аркуш 3, 4.	<i>Архітектурна частина: план типового поверху, експлікація приміщень, розріз, вузол.</i>
Аркуш 5.	<i>Розрахунково-конструктивна частина: схема розташування вертикальних конструкцій, розріз, вузол розміщення пілону під балку, специфікація арматури.</i>
Аркуш 6.	<i>Розрахунково-конструктивна частина: схема стін в осях, схема армування, розріз, специфікація арматури, відомості витрат.</i>
Аркуш 7.	<i>Розрахунково-конструктивна частина: схема армування ФП, геологічний розріз, схема каркасу.</i>
Аркуш 8.	<i>Технологічно-будівельна частина: технологічна карта, календарний графік виконання робіт.</i>
Аркуш 9.	<i>Технологічно-будівельна частина: будгенплан, розріз, експлікація тимчасових будівель і споруд.</i>
Аркуш 10.	<i>Організаційно-будівельна частина: календарний графік будівельних робіт, графік руху трудових ресурсів.</i>

Строки виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи

Найменування етапу дипломного проєкту	Строк виконання етапу	Відмітка про виконання
<i>Збір, аналіз та обґрунтування вихідних матеріалів для проєкту</i>	<i>25.03.26 – 06.04.26</i>	
<i>Написання та наповнення частин пояснювальної записки</i>	<i>06.04.26 – 04.05.26</i>	
<i>Виконання графічної частини дипломного проєкту</i>	<i>04.05.26 – 29.05.26</i>	

Дата видачі завдання «25» березня 2026 р.

Керівник бакалаврської кваліфікаційної роботи

Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Євген ДМИТРЕНКО
(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Вікторія КОЗАРУК
(ПІБ студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота на тему: «Проетування житлового комплексу з раціональним розташуванням діафрагм жорсткості у місті Миргород».

Пояснювальна записка містить 82 сторінок, 31 рисунок, 18 таблиць, 25 використаних джерел та 10 аркушів креслень формату А1.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано проектування багатоповерхової житлової будівлі. Розроблено архітектурно-планувальні та технологічно-організаційні рішення згідно діючих будівельних норм України.

В архітектурному розділі наведено характеристику району будівництва, природно-кліматичні та інженерно-геологічні умови майданчика, виконано об'ємно-планувальні рішення будівлі, теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій та розроблено основні архітектурні креслення.

У розрахунково-конструктивному розділі виконано збір навантажень, розрахунок та конструювання монолітної залізобетонної плити перекриття, підбір арматури в плиті.

Розрахунки виконані відповідно до чинних нормативних документів із використанням програмного комплексу «LIRA-FEM».

У розділі «Основи та фундаменти» виконано аналіз інженерно-геологічних умов та запроєктовано монолітну фундаментну плиту.

У розділах організації будівництва та технології будівельного виробництва розроблено будівельний генеральний план, календарний графік виконання робіт та технологічну карту на влаштування монолітного перекриття.

Графічна частина роботи містить архітектурні креслення, конструктивні схеми, креслення армування, будівельний генеральний план, технологічні карти та календарний графік виконання робіт.

Ключові слова: *будівництво, цивільна інженерія, залізобетонні конструкції, фундамент, проектування будівель, організація будівництва, монолітне перекриття, LIRA-FEM.*

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1. Район будівництва.....	8
1.2. Загальна характеристика будівлі.....	10
1.3. Об'ємно-планувальне рішення.....	10
1.4. Техніко-економічні показники будівлі.....	11
1.5. Конструктивна система.....	11
1.6. Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій...14	
2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА.....	18
2.1. Загальна характеристика будівлі.....	18
2.2. Збір навантажень.....	18
2.3. Розрахунок елементів.....	22
2.3.1. Розрахунок плити перекриття.....	22
2.4. Аналіз результатів розрахунків в ПК «ЛІРА-САПР».....	26
2.5. Конструювання елементів.....	28
2.5.1. Плита перекриття.....	28
2.6. Перевірка достатності армування в плиті перекриття.....	31
2.6.1. Підбір арматури в плиті.....	31
2.7. Розкриття тріщин.....	32
2.8. Розрахунок повздовжнього армування плити перекриття.....	33
2.9. Розрахунок колон та пілонів.....	34
3. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ.....	38
3.1. Вихідні дані для будівлі.....	38
3.2. Інженерно-геологічна будова майданчика.....	39
3.3. Розрахунок фізико-механічних характеристик ґрунта.....	39
3.4. Розрахунок фундаментної плити.....	50
3.4.1. Глибина закладання фундаменту.....	50
3.4.2. Розрахунок навантаження на фундаментну плиту.....	50
3.4.3. Несуча здатність плити по ґрунту.....	52

3.4.4. Розрахунок фундаментної плити на продавлювання.....	52
3.4.5. Розрахунок товщин плити.....	54
3.4.6. Розрахунок осідання для монолітного фундаменту.....	54
4. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	57
4.1. Рельєф будівельного майданчика.....	57
4.2. Встановлення умов здійснення будівництва.....	57
4.3. Організація робіт нульового циклу.....	58
4.4. Вибір потрібних механізмів, визначення потреб будівництва в основних ресурсах, робочої сили, енергії, транспортних заходів.....	58
4.5. Технологія влаштування монолітної залізобетонної плити....	60
4.6. Визначення об'ємів будівельних робіт.....	61
4.7. Визначення потреб в головних матеріально-технічних ресурсах.....	62
4.8. Калькуляція трудових витрат.....	63
4.9. Технологічний розрахунок.....	64
4.10. Організація і технологія виконання робіт.....	66
4.11. Устаткування для розподілу та подачі бетонної суміші.....	67
4.12. Укладання та ущільнення бетонної суміші.....	67
4.13. Контроль якості і приймання робіт.....	67
4.14. Техніка безпеки при виробництві робіт.....	67
5. ОГРОНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА.....	69
5.1. Характеристика об'ємно-планувальних рішень об'єкта.....	69
5.2. Калькуляція трудових витрат.....	70
5.3. Техніко-економічні показники.....	73
5.4. Заходи з техніки безпеки та охорони праці.....	73
5.5. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.....	74
5.6. Пожежна безпека об'єкта будівництва.....	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	78

ВСТУП

Будівельна галузь в Україні потребує стрімкого збільшення будівництва житлових багатоповерхових будинків. Будівлі з монолітного залізобетону відіграють роль в архітектурно-конструктивних рішеннях, які зумовлені високою просторовою жорсткістю, зручним плануванням квартир та високою теплоефективністю будинку. У м. Миргород присутня проблема з житловими районами, тому актуальним інженерним рішенням, було розпочати будівництво 16-поверхової будівлі для комфортного та безпечного проживання мешканців.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є простування монолітної залізобетонної житлової будівлі, розробивши оптимальну технологію зведення, конструкційну міцність та економічні доцільність будівельних робіт.

Житловий будинок запроектований інженерним рішенням, де всі методи аргументовані розрахунками за двома групами граничних станів, що гарантують раціональні економічні витрати матеріалів.

Щоб реалізувати будівництво в роботі визначено такі завдання:

1. Відповідно до потреб регіону, у якому відбувається будівництво, потрібно обґрунтувати архітектурно-планувальну структуру об'єкту.
2. Щоб вимоги щодо енергоефективності були забезпечені, слід провести теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій.
3. Провести розрахунок монолітного каркасу на дію навантажень.
4. Дослідити ґрунти на об'єкті будівництва та визначити продавлювання плити.
5. Визначити трудові витрати та матеріально-технічні ресурси.
6. Для того щоб термін будівництва був меншим, слід розробити будівельний генеральний план будівництва з календарним графіком виконання робіт.
7. Провести заходи техніки безпеки, пожежної безпеки та охорони праці.

РОЗДІЛ 1. АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Район будівництва

Будівництво багатоповерхової житлової будівлі знаходиться у м. Миргород Полтавської області. Територія, де проводиться будівництво входить до п'ятого снігового району та першого вітрового району, відповідно до ДБН В.1.2-2:2006 [1] «Навантаження і впливи».

5-й сніговий район – 1600 Па – снігове навантаження.

1-й вітровий район – 400 Па – вітрове навантаження.

Клас наслідків будівлі СС2.

Для будівництва житлового комплексу обрано саме м. Миргород, так як регіон має містобудівний потенціал адміністративного центру і курортно-оздоровчого, тому багатоповерхівка буде цілком відповідати та підвищувати статус міста. Завдяки тому, що поблизу міста не має підприємств, які могли б забруднювати екологію, тому можна вважати що він екологічно корисний для проживання. Тому на Генплані запроєтовано озеленення двору.

М. Миргород розвинене у інженерних мережах, це допомагає кращій організації водопостачання та водовідведення. Також вагомою причиною вибору цієї локації є стабільність ґрунтів, для зведення багатоповерхівки дуже важливо, аби була достатня несуча здатність, яка представлена у проекті напластуванням пісків та суглинків. Висока сейсмічність не присутня у регіоні, тому проектуючи монолітні фундаменти плити можна обмежитись непомірним підвищенням вартості.

Г-подібна форма будівлі дозволяє жителям якомога більше часу використовувати природне освітлення, завдяки зоні у якій розташоване місто.

Застосування мінераловатного утеплення товщина якого – 0,150 м та 0,180 м є правильним рішенням, так як м. Миргород розташований у першій кліматичній зоні України.

Завдяки запроектованим офісним приміщенням на першому поверсі, жителі житлового комплексу можуть з легкістю отримувати базові послуги не виходячи за межі ЖК. Приміщення призначенні для офісів, магазинів, аптек. Перший поверх має вищу висоту ніж всі інші поверхи будівлі, що дозволяє якісно вбудовувати вентиляцію та створювати просторі приміщення.

У першій та другій секції починаючи з другого поверху до дванадцятого та у третій секції з другого поверху до шістнадцятого – основний об'єм будівлі займає житлова частина. Планувальні рішення квартир дозволяють мешканцям розділяти свою оселю на денну та нічні зони. У період теплої пори року роль зеленого інфраструктурного захисту виконує скляні балкони.

Підвал на відмітці -4,350 для 16-поверхівки дуже важливий з огляду на інженерну інфраструктуру, де розташовані пункти, які забезпечують теплом, та технічні вузли.

Підвальне приміщення цілком функціонує, як укриття для мешканців, завдяки запроектованій монолітній плиті, що забезпечує високу міцність.

Для будівель, які вище 9-ти поверхів запроектовано ліфти для вантажопасажирських перевезень.

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 [2] «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» запроектовано коридорну систему, яка є маршрутом евакуації та забезпечує доступ до квартир.

Завдяки Г-подібній формі будівлі можна організовувати транспортування товарів, не заважаючи мешканцям у зоні внутрішнього двору.

Об'ємно-просторовим рішенням є запроектований Г-подібний план, задля захисту від шуму міста та вітру, та забезпечення проживання жителів у комфорті. Згідно ДСТУ-Н В.2.2-27:2010 [3] «Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення»

розроблено 16-поверхівку з урахуванням містобудівного оточення, містобудівного регламенту та санітарно-гігієнічних норм.

Змінна поверховість будівлі моделює активну лінію та зменшує візуальний шум міста.

Через скляні панорамні вікна на першому поверсі, візуально можна чітко відокремити громадську зону від зони, де проживають люди.

Поверхи для проживання мешканців характеризуються віконними блоками та фасадними конструкціями.

1.2 Загальна характеристика будівлі

У бакалаврській кваліфікаційній роботі будівництво житлової багатоповерхівки має змінну поверховість, де основна частина будівлі складається з 16-ти поверхів, а прибудована частина з 12-ти в м. Миргород.

В житловому комплексі перший поверх у всіх 3-ох секціях будівлі запроектований під офісні приміщення, в основній частині 15 поверхів, а в прибудованій 11 поверхів, які розраховані для проживання у квартирах.

Згідно з розрахунками на дію сейсмічних навантажень, для забезпечення надійності конструкції потрібно влаштувати ядра жорсткості у зоні сходової клітини та по стінах.

1.3 Об'ємно-планувальне рішення

Будівлі, яка має Г-подібну конфігурацію у плані та має різну поверховість відповідно до трьох секцій проектування, відповідає таким розмірам - 50700 x 13800 x 27300 x 13800 мм. Частина будівлі, яка розташована у 3-ій секції має висоту 54,550 м., а у 1,2-ій секції – 44,320 м.

У кожній з секції житлового комплексу передбачено – один під'їзд, технічний поверх, підвальне приміщення та дві ліфтові шахти.

У 1-ій та 2-ій секції будівлі на 2-12 поверх запроектовано 165 квартири. У 3-ій секції на 2-16 поверх – 285 квартир. На першому поверсі – 10 приміщень під офіси.

У житловому комплексі на типовому поверсі запроектовано:

Однокімнатних квартир – 9 (площа – 25,5 м²)

Двокімнатних квартир – 13 (площа – 39,0 м²)

Трьохкімнатних квартир – 11 (площа – 54,9 м²)

Чотирьохкімнатних квартир – 3 (площа – 63,4 м²)

Загальна площа офісних приміщень на першому поверсі:

1) 105,22 м²; 2) 41,96 м²; 3) 45,21 м²; 4) 73,82 м²; 5) 73,69 м²; 6) 67,74 м²; 7) 216,57 м²; 8) 123,40 м²; 9) 45,80 м²; 10) 1026,00 м².

На позначці +0,150 розташовані плити перекриття для першого поверху.

1.4 Техніко-економічні показники будівлі.

Площа проектуємої будівлі становить 1333 м².

Загальна площа будівельного майданчика 4148 м².

Площа загальної житлової зони 3891,77 м².

Площа приміщень типового поверху 861,5 м².

Висота першого поверху – 5,7 м.

Висота поверхів – 3,15 м.

1.5 Конструктивна система

Несучою конструкцією будівлі є монолітний залізобетонний каркас з діафрагмами жорсткості.

Підтримує конструкцію будівлі пілон. Пілони та колони КМ1 та КМ2 є несучими елементами. Бетон класу С20/25 використовується для вертикальних конструкцій.

Фундаментною конструкцією є монолітна залізобетонна фундаментна плита. Утеплення фундаменту забезпечує мінераловатний утеплювач у якого теплопровідність $0,039 \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \times \text{К})}$ та товщина 180 мм. Бітумний праймер та гідроізоляційний шар, товщина якого 2,5 мм працюють на захист фундаменту від атмосферних зовнішніх впливів.

По периметру запроектовано відмостку з бортовим каменем-бетоном, внутрішня ширина виступу конструкції – 200 мм, а зовнішня – 400 мм, задля

відводу води від фундаменту. Згідно умовам ДСТУ 3760:2019 [4] було підібрано робочу арматуру.

Монолітний залізобетон відповідає за міжповерхові перекриття будівельної конструкції. Його товщина – 240 мм. Жорсткий вузол відбувається завдяки випуску арматури з пілонів у плиту перекриття, та має довжину 1360 мм, що відповідно забезпечує безперервність каркасу.

Дивлячись на підлогу технічних поверхів на відмітці -4,350, піріг складається з таких компонентів: фінішне покриття, наливна підлога товщиною 2,5 мм, основа товщиною 55 мм, шар гідроізоляції товщиною 2,5 мм.

Товщина монолітних залізобетонних плит якими запроектована будівля покривається становить 240 мм.

Покрівля у будівлі плоска, з внутрішнім водостоком і включає у себе такі складові: стяжка з перлітобетону, яка забезпечує ухил та має товщину 60 мм, стяжка цементно-піщана – 20 мм, та 140 мм шару щебеню та піску.

Міжкімнатні внутрішні перегородки – газобетонні блоки. Товщина перегородок – 100 мм. Сюди входить три шари : 1) шпаклівка; 2) ґрунтовка; 3) фінішне оздоблення.

З газобетонних блоків також запроектовані внутрішні стіни, для необхідної нормативної звукоізоляції товщиною – 200 мм. Зовнішні стіни – 250 мм.

З монолітного залізобетону зроблені сходові клітини та стіни ліфтових шахт, вони виконують роль ядер жорсткості, які товщиною 200 мм.

У житловому комплексі передбачені двомаршеві міжповерхові сходи. Сходові марші виконані з монолітного залізобетонну.

Сходові площадки защемлені в монолітних стінах та опираються на ядро жорсткості. Щоб забезпечити конструкцію цілісністю, закладні деталі сходових маршів приварюють сходових площадок.

Ширина сходових маршів – 1200 мм, висота ступеня – 150 мм, ширина – 300 мм.

Для безпеки мешканців сходи запроектовані з вертикальними металевими огороженнями, висота якого дорівнює – 950 мм, також обладнані поручнями.

Двері у житловому комплексі :

Металеві протипожежні двері для входних дверей на сходи та в службове приміщення.

Металеві протипожежні двері з ущільненням використовуються для входних дверей в квартири.

Дерев'яні щитові двері товщиною 100 мм призначені для внутрішньоквартирних дверей.

Металопластикові віконно-дверні блоки використовуються на балконі.

Для входу до житлової будівлі використовують засклені дверні блоки в алюмінієвому профілі.

Протипожежний люк дозволяє здійснити вихід на покрівлю.

Вікна в запроектованій будівлі:

Двокамерні металопластикові вікна висотою 1800 мм та шириною 900 мм. Стики між віконними блоками заповнюються монтажною піною та матеріалом з герметизації та теплоізоляції.

Товщина зовнішнього утеплення 150 мм – мінераловатна плита, яку потрібно кріпити до газобетонного блоку, використовуючи сітку та ґрунтовку.

Фасад житлового комплексу виконується за допомогою декоративної або лицьової цегли червоного кольору та декоративної штукатурки з нанесенням фасадної фарби. Офісні приміщення з панорамним склінням оздоблені керамічним гранітом.

Металева решітка використовується для обладнання балконів.

Повне функціонування житлового будинку забезпечено такими внутрішньо-квартирними мережами:

- Водопостачання
- Теплопостачання
- Водостік
- Сигналізація охорони та пожежі
- Електропостачання
- Дренаж
- Вентиляція

1.6 Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій

Згідно ДБН В.2.6-31:2021 [5] «Теплова ізоляція будівель» і ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [6].

М. Миргород входить до I температурної зони.

Табл. 1.1 Показники клімату району будівництва.

Температура зовнішнього повітря,°С				Зона вологості	Темп. зона
Найбільш холодної доби, із забезпеченням		Найбільш холодних п'яти діб, із забезпеченням			
0,98	0,92	0,98	0,92		
-21	-25	-22	-26	Відносна вологість	1

Табл. 1.2 Теплотехнічні показники матеріалів стіни

№ шару	Найменування матеріалу	Щільність ρ_0 кг/м ³	Товщина δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності, λ_i , Вт/(м К)
1	Облицювальна цегла	1600	0,120	0,81
2	Декоративна	1600	0,010	0,70

	штукатурка			
3	Мінераловатний утеплювач	150	0,150	0,039
4	Газобетонний блок	500	0,300	0,12
5	Внутрішня штукатурка	1600	0,020	0,70

Табл. 1.3 Параметри мікроклімату приміщення

Температура внутрішнього повітря t_v , °C	Вологість внутрішнього повітря φ_v , %
20	50

Розрахунок опору теплосприймання внутрішньої поверхні огорожуючих конструкцій:

$$R_{\text{вн}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}} \quad (1.1)$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні.

Розрахунок опору теплопередачі зовнішньої поверхні огорожуючих конструкцій:

$$R_3 = \frac{1}{\alpha_3} = \frac{1}{23} = 0,043 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}; \quad (1.2)$$

де $\alpha_3 = 23 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})}$ – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні.

Розрахунок опору теплопередачі стіни:

Утеплювач: $R_2 = \frac{0,150}{0,039} = 3,85 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}}; \quad (1.3)$

Газоблок: $R_1 = \frac{0,300}{0,12} = 2,50 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}}; \quad (1.4)$

Загальний термічний опір конструкції:

$$R_{\Sigma \text{ пр}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{\text{ip}}} + \frac{1}{\alpha_3} = 0,115 + 2,50 + 3,85 + 0,043 = 6,508 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}} > 3,3 \frac{\text{м}^2}{\text{Вт}} \quad (1.5)$$

Для першої кліматичної зони міста Миргород, де проходить будівництво умова виконується.

Згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2021 [5] «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» можна визначити опір теплопередачі вікон.

Енергозберігаючі склопакети з $R_{\omega} \approx 0,75 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}}$;

Умова виконується $R_{\omega} \geq R_{q, \text{min}} = 0,75$.

Табл. 1.4 Теплоізоляційна здатність матеріалів покрівлі

№ ша ру	Найменування матеріалу	Щільність, $\rho_0 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$	Товщина, $\delta_i, \text{м}$	Коефіцієнт теплопровідності, $\lambda_i, \frac{\text{Вт}}{(\text{м} \times \text{К})}$
1	Залізобетонна плита	2500	0,240	2,04
2	Пароізоляція	1200	0,002	0,17
3	Утеплювач	150	0,250	0,045
4	Цементно-піщана стяжка	1800	0,020	0,93
5	Гідроізоляційний килим	1200	0,008	0,17

Табл. 1.5 Параметри мікроклімату приміщення

Температура внутрішнього повітря $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Вологість внутрішнього повітря $\varphi_{\text{в}}, \%$
20	50

Опір теплопередачі на внутрішній поверхні:

$$R_{\text{вн}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} = \frac{1}{8,7} = 0,115 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}}; \quad (1.6)$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})}$ – коефіцієнт теплопередачі на внутрішній поверхні.

Опір теплопередачі на зовнішній поверхні:

$$R_{\text{з}} = \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = \frac{1}{23} = 0,043 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}}; \quad (1.7)$$

де $\alpha_{\text{з}} = 23 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^2 \times \text{К})}$ – коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні.

Розрахунок опору теплопередачі покрівлі:

Плита: $R_{pl} = \frac{0,24}{2,04} = 0,117$

Утеплювач: $R_{ins} = \frac{0,25}{0,045} = 5,55$

$$R_{\Sigma np} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} = 0,115 + 0,117 + 5,55 + \frac{0,02}{0,93} +$$

$$0,043 \approx 6,12 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}} > 6,0 \frac{(\text{м}^2 \times \text{К})}{\text{Вт}} - \text{умова виконується.}$$

РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

2.1 Загальна характеристика будівлі

В бакалаврській кваліфікаційній роботі проектується багатоповерховий житловий будинок у м. Миргород. Будівля запроектована з одним технічним поверхом, офісними приміщеннями та має змінну поверховість, де у 1-ій та 2-ій секції 11 поверхів під квартири та у 3-ій секції 15 поверхів під квартири.

Конструктивною системою проектуємої будівлі є монолітний залізобетонний каркас з діафрагмами жорсткості. Стіни з монолітного залізобетону мають товщину 200 мм. Переріз колон 250x900 мм. та 250x1200 мм. Діафрагми жорсткості товщиною 250 мм.

Внутрішні перегородки виконані з газобетонних блоків, товщина яких – 100 мм. Також з газобетонних блоків зроблені внутрішні стіни, товщиною 200 мм та зовнішні стіни, товщиною 250 мм.

Покриття житлового комплексу складається з залізобетонної плити перекриття, товщина – 160 мм, мінераловатного утеплювача, товщина якого – 180 мм, цементно-піщана стяжка, товщиною 20 мм, перлітобетонна стяжка.

Фундамент виконаний з монолітних залізобетонних плит, у яких бетон класу C25/30, W4, F150, та розміри – 13,8м x 20,4 м.

2.2 Збір навантажень

1. Для 5-го снігового району у м. Миргород – 1600 Па.
2. Для 1-го вітрового району у м. Миргород – 400 Па.

Снігове навантаження

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [1] «Навантаження і впливи» для м. Миргород, де 5-ий сніговий район, розрахувати снігове навантаження можна за формулою:

$$S = \gamma_{fm} \times S_0 \times C; \quad (2.1)$$

де:

S_0 – граничне розрахункове значення у місті Миргород.

C – коефіцієнт від ваги покриву на ґрунті до навантаження на покрівлю.

γ_{fm} – коефіцієнт надійності.

де $S_0 = 1600$ Па

$$C = \mu \times C_e \times C_{alt}; \quad (2.2)$$

де:

$\mu = 0,8$ – коефіцієнт форми;

$C_e = 1,0$ – коефіцієнт експлуатації;

$C_{alt} = 1,0$ – коефіцієнт висоти;

$C = 0,8$

Розрахункове рівномірно розподілене снігове навантаження на покрівлю дорівнює:

$$S = 1,0 \times 1,6 \times 0,8 = 1,28 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$$

Житловий комплекс має Г-подібну форму та зміну висоту, тому утворення снігових мішків можливе при змінній висоті.

Навантаження у частині будівлі де є кут, буде $2,56 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$ і більше.

Вітрове навантаження

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження можна визначити згідно ДБН В.1.2-2-2006 [1] за формулою :

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C; \quad (2.3)$$

де:

$\gamma_{fm} = 1,14$ – коефіцієнт надійності за граничним значенням вітрового навантаження;

$W_0 = 0,4 \frac{kH}{m^2}$ - характеристичне значення вітрового тиску, згідно додатку Е для І-ої вітрової зони;

Згідно ДБН [1] визначається k – коефіцієнт зміни вітрового тиску.

C – аеродинамічний коефіцієнт, розраховується згідно формулі:

$$C = C_{aer} \times C_h \times C_{alt} \times C_{rel} \times C_{dir} \times C_d; \quad (2.4)$$

де:

C_{aer} – аеродинамічний коефіцієнт, що обчислюється 9.8 додатком І;

C_h - коефіцієнт висоти, що обчислюється за 9.9;

$C_{alt} = 1$ ($H < 0,5$ км) - коефіцієнт географічної висоти, що обчислюється за 9.10;

$C_{rel} = 1$, ухил 0,05 – коефіцієнт рельєфу, що обчислюється за 9.11;

$C_{dir} = 1$ – коефіцієнт напрямку, що обчислюється за 9.12;

$C_d = 0,95$ – коефіцієнт динамічності, що обчислюється за 9.13.

Розрахунок вітрового навантаження згідно різних висот будівлі:

$$1. W_{m(5)} = 1,14 \times 0,4 \times 0,50 \times 1,3 = 0,296 \frac{kH}{m^2} - \text{висота до 5 м}; \quad (2.5)$$

$$2. W_{m(10)} = 1,14 \times 0,4 \times 0,65 \times 1,3 = 0,385 \frac{kH}{m^2} - \text{висота до 10 м};$$

$$3. W_{m(20)} = 1,14 \times 0,4 \times 0,85 \times 1,3 = 0,504 \frac{kH}{m^2} - \text{висота до 20 м};$$

$$4. W_{m(30)} = 1,14 \times 0,4 \times 1,05 \times 1,3 = 0,622 \frac{kH}{m^2} - \text{висота до 30 м};$$

$$5. W_{m(40)} = 1,14 \times 0,4 \times 1,16 \times 1,3 = 0,688 \frac{kH}{m^2} - \text{висота до 40 м};$$

$$6. W_{m(54,660)} = 1,14 \times 0,4 \times 1,18 \times 1,3 = 0,700 \frac{kH}{m^2} - \text{максимальна}$$

висота на відмітці +54,660 м.

Вітрове навантаження ЖК варіюється $0,30 \frac{kH}{m^2} - 0,70 \frac{kH}{m^2}$.

Табл. 2.1 Збір навантажень на 1 м² монолітного перекриття

№	Тип навантаження	Конструктивна схема, товщина δ , питома вага ρ	Характеристичне навантаження, $\frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$
I Постійні навантаження			
1	Керамогранітна плитка	$\delta = 0,02 \text{ м}$ $\rho = 22 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$	0,44
2	Цементно-піщана стяжка підлоги	$\delta = 0,02 \text{ м}$ $\rho = 18 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$	0,36
3	Мінвата	$\delta = 0,04 \text{ м}$ $\rho = 1,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$	0,06
4	Монолітна залізобетонна плита перекриття	$\delta = 0,20 \text{ м}$ $\rho = 25 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$	5,00
5	Штукатурка стелі	Цементно-піщаний розчин $\delta = 0,015 \text{ м}$	0,25
6	Навантаження від перегородок	Рівномірно розподілене еквівалентно	0,50
Усього	6,61		
II Тимчасові навантаження			
7	Корисне навантаження на житлові приміщення	Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 (Табл. 4.1)	1,50
Усього	1,50		
Постійне та тимчасове = 8,11			

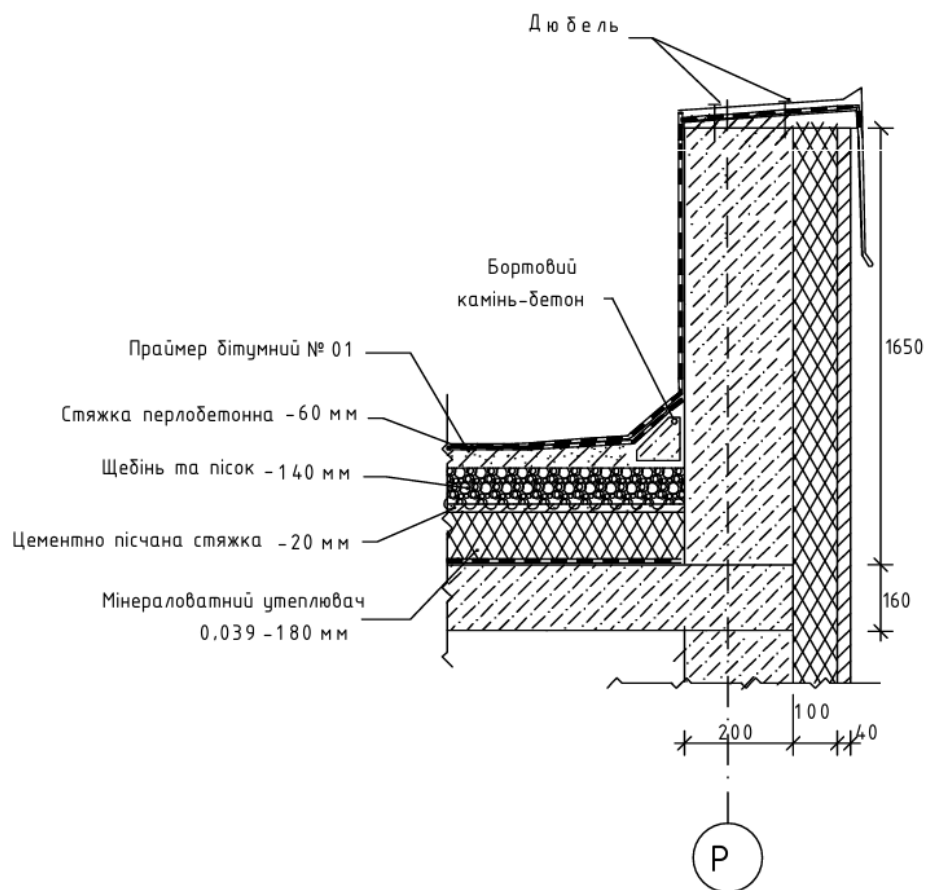


Рис. 2.1 Вузол 1

Згідно з архітектурними рішеннями типового поверху прийняті матеріали та розміри підлоги.

2.3 Розрахунок елементів

2.3.1 Розрахунок плити перекриття

У бакалаврській кваліфікаційній роботі перекриттям є монолітні плити, товщина яких 200 мм.

Для монолітного каркасу застосовується важкий бетон класу C20/25, W4 – водонепроникність, F150 – морозостійкість.

Повздовжня арматура згідно ДСТУ 3760:2019 [4] – A500С. Поперечна арматура класу A240С – гладка та A500С – для каркасів. Застосовано шарнірне обпирання монолітної плити.

Згідно з ДБН В.2.6-98:2009 [8] «Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення» розрахунок плити перекриття виконуємо за I (за

несучою здатністю) та II (за придатність до нормальної експлуатації) групами граничних станів.

Модель будинку в ПК «ЛІРА САПР».

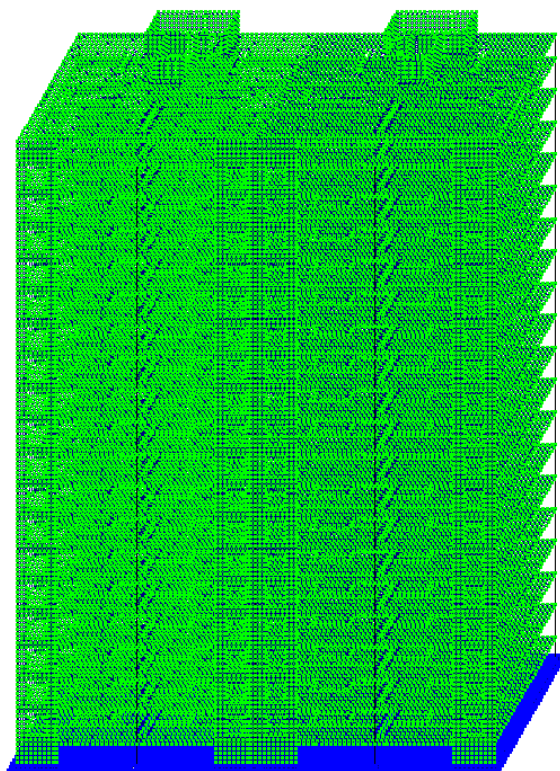


Рис.2.2 Просторова модель

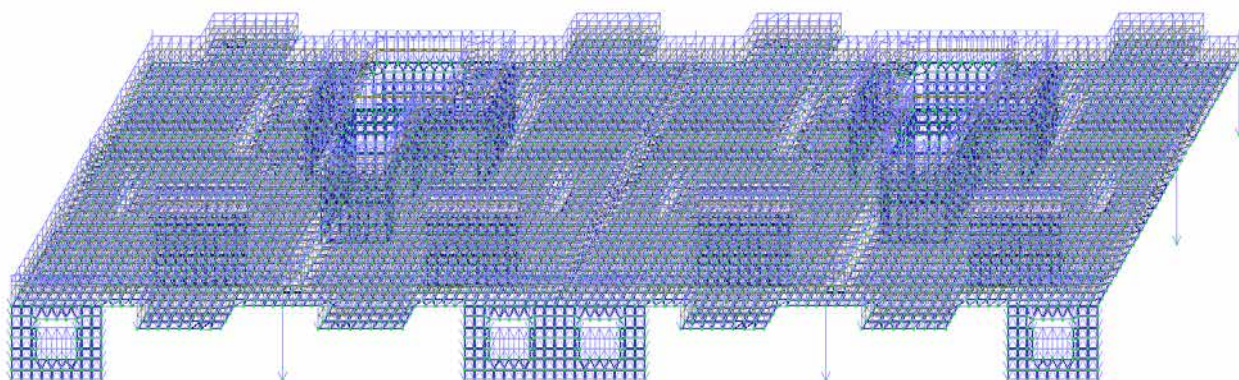


Рис. 2.3 Схема завантаження власною вагою

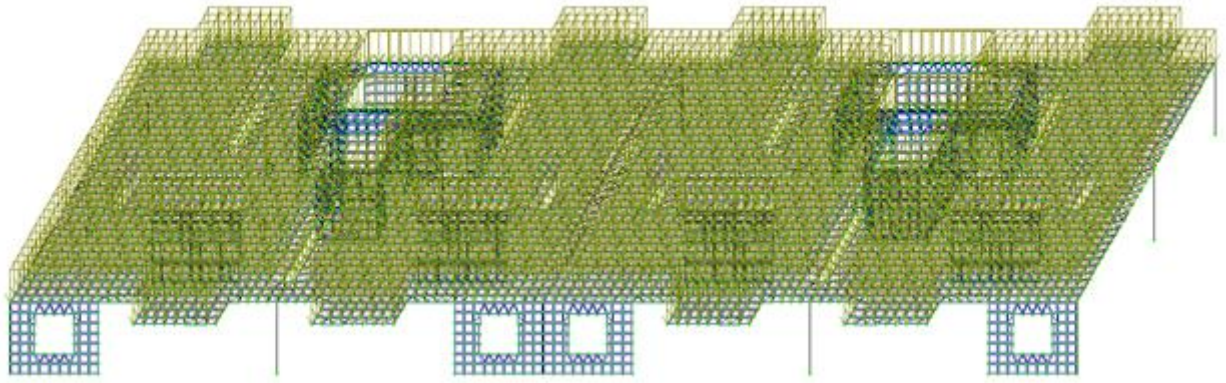


Рис. 2.4 Схема корисного навантаження

Розрахункові сполучення навантажень

Номер таблиці РСН: 1

Ім'я таблиці РСН: ДБН В.1.2-2:2006_1

☐ Визначальні РСН

ДБН В.1.2-2:2006

	N завантаж.	Найменування	Вид	Знакомін.	Взаємовкл.	Відношення коеф.	P q / P ch	РСН1	РСН2
1	1	Собственный вес	Постійне(П)	+		1.1	1.0	1.	0.975
2	2	Нагрузки на плиты	Тривале(T)	+		1.2	1.0	1.	0.975
3	3	Временные нагрузки на	Короткочасне(K)	+		1.2	.35	1.	0.975

1 основне
2 основне
Аварійне (С)
Аварійне (Б/С)

Σ П + Д + К + (К_р + Т) + М

Коефіцієнти

Рис. 2.5 Таблица навантажень розрахункового сполучення (згідно ДБН В.1.2-2:2006 [1])

Жорсткості та матеріали

Призначити елементам схеми

☒ Жорсткість:

4. Пластина Н 25

☒ Матеріали: ДБН В.2.6-98:2006 Варіант 1

Тип: 2. Оболонка.Мат... Бетон: 1. С25/30.Матер... Арматура: 1. А400С.А400С....

Жорсткості 3/Б Сталь

Список типів жорсткостей

- ☒ 1. Брус 40 X 40
- ☒ 3. Пластина Н 20
- ☐ 4. Пластина Н 25
- ☐ 5. Пластина Н 80

Рис. 2.6 Схеми жорсткості елементів

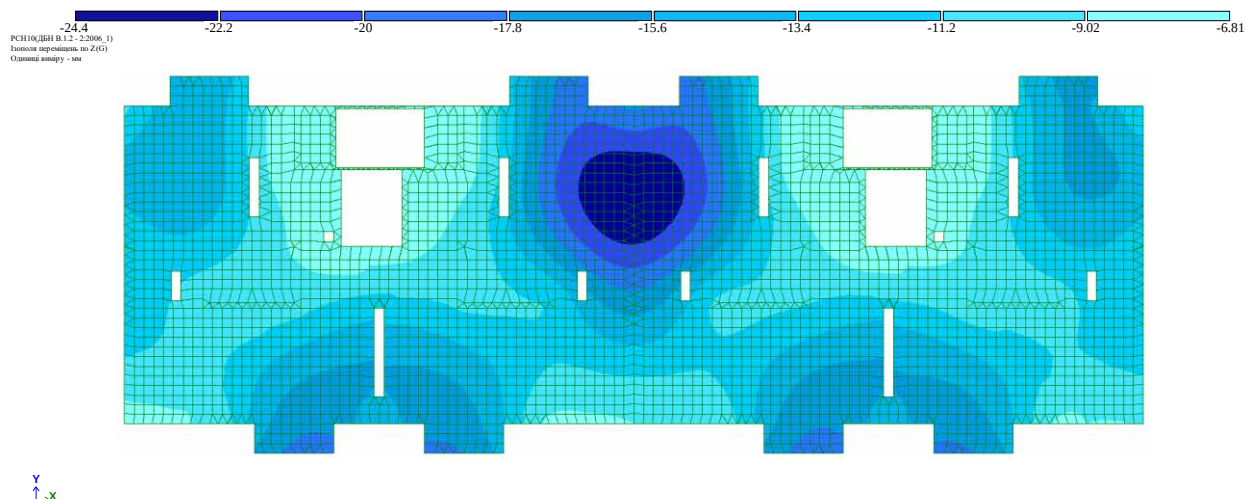


Рис. 2.7 По осі Z мозаїка переміщень

Згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:2006 [9], гранично допустиме значення прогину розраховується за формулою :

$$f_u = \frac{L}{250}$$

$$f_u = \frac{6000}{250} = 24 \text{ мм};$$

Розрахункове значення прогину:

$$f = 16,8 \text{ мм};$$

Перевірка умови:

$$f \leq f_u = 16,8 \text{ мм} \leq 24 \text{ мм}.$$

Умова виконується, тому збільшувати переріз або класу бетону не треба.

2.4 Аналіз результатів розрахунків в ПК «ЛІРА-САПР»

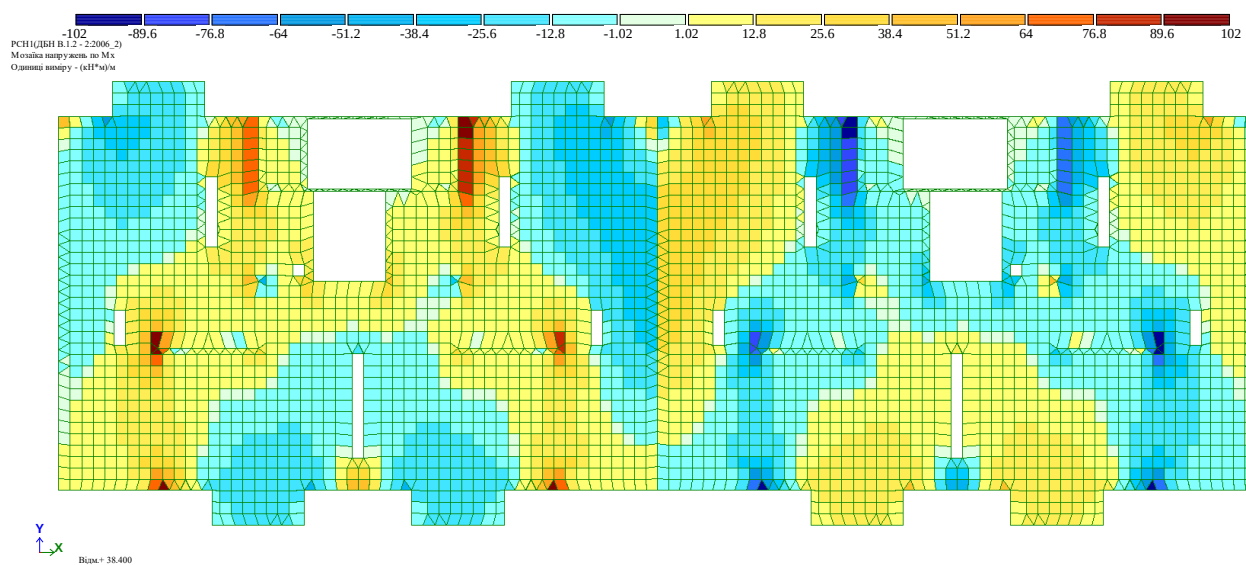


Рис. 2.8 Мозаїка напружень по M_x

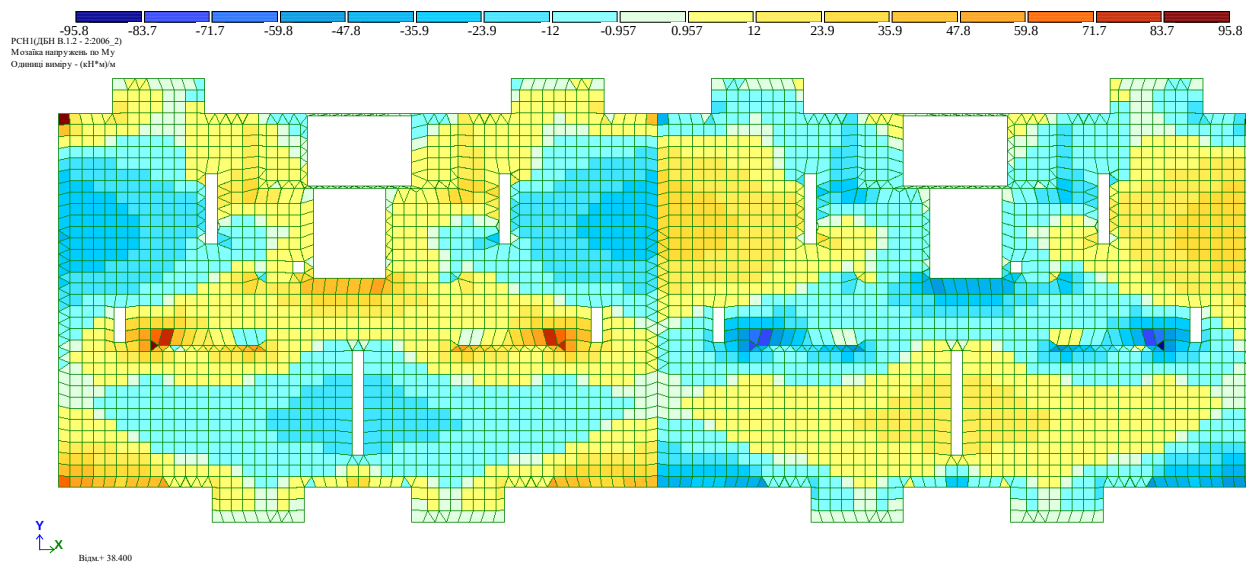


Рис. 2.9 Мозаїка напружень по M_y

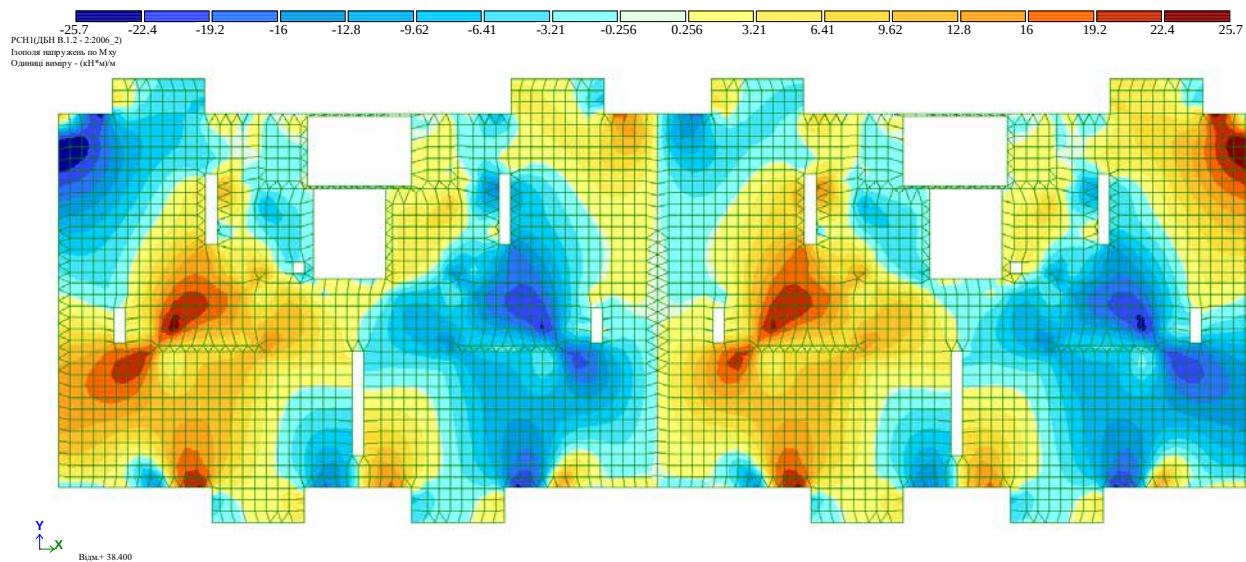
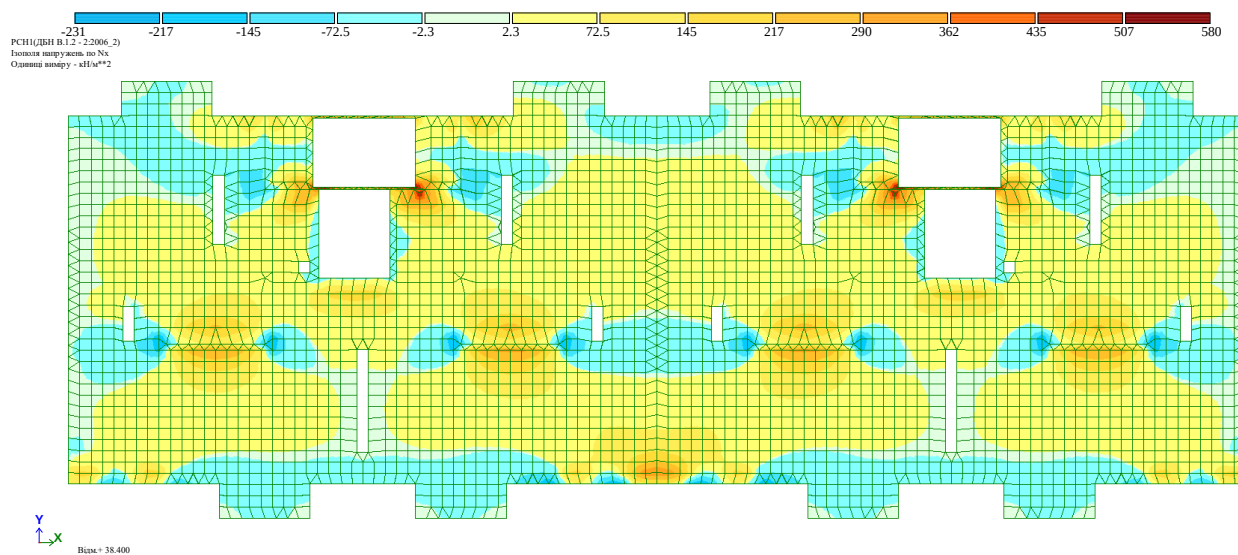
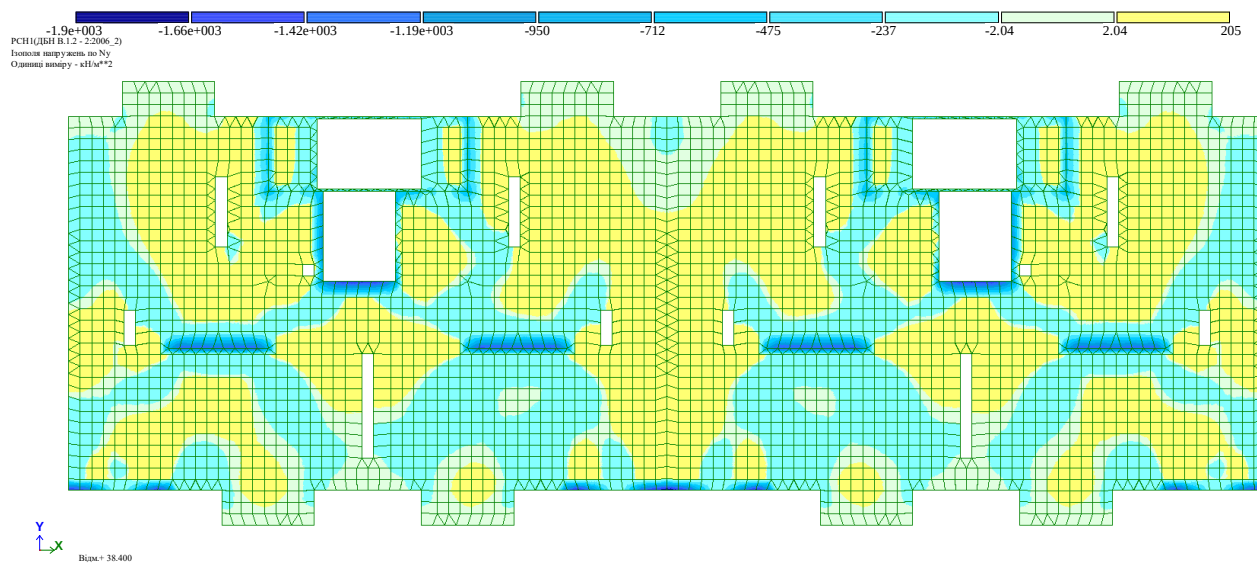
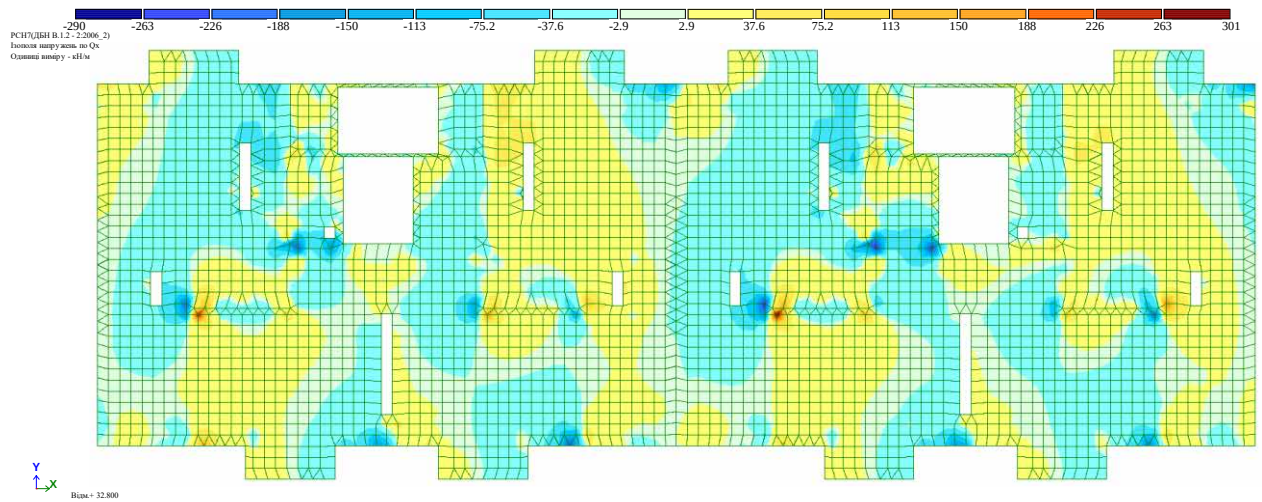
Рис. 2.10 Мозаїка напружень по M_x Рис. 2.11 Мозаїка напружень по N_x 

Рис.2.12 Мозаїка напружень по N_y Рис. 2.13 Мозаїка напружень по Q_x

2.5 Конструювання елементів

2.5.1 Плита перекриття

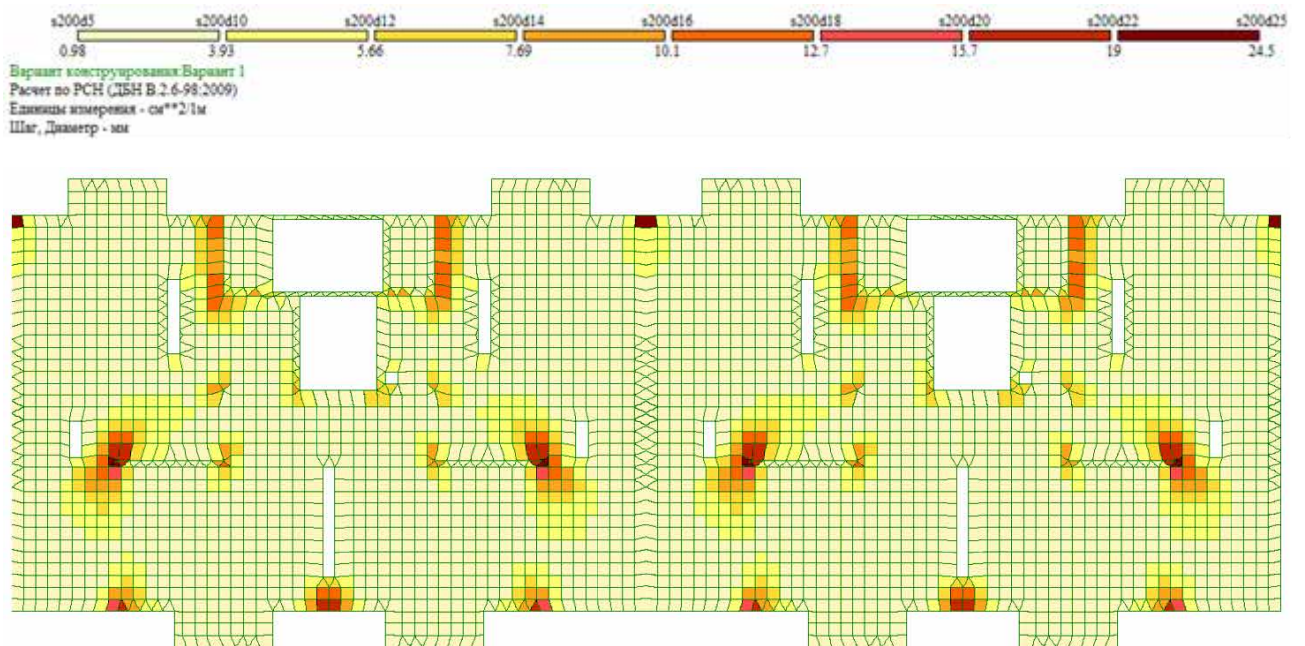
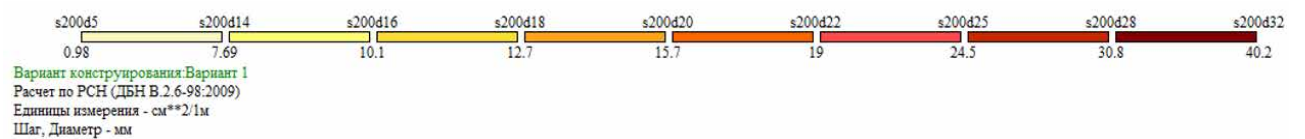


Рис. 2.14 Армування плити по верхній грані по осі X



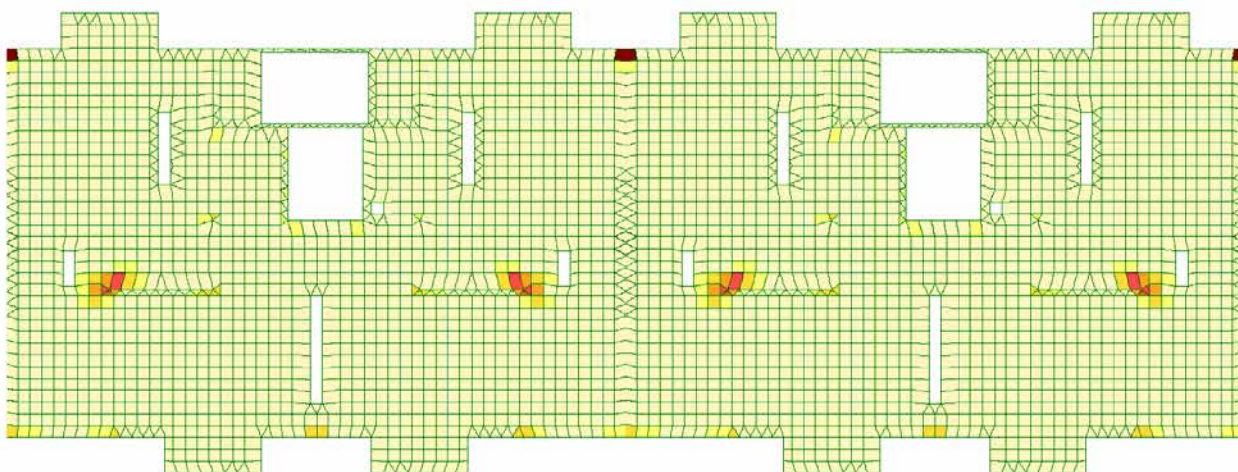


Рис. 2.15 Армування плити по верхній грані по осі Y

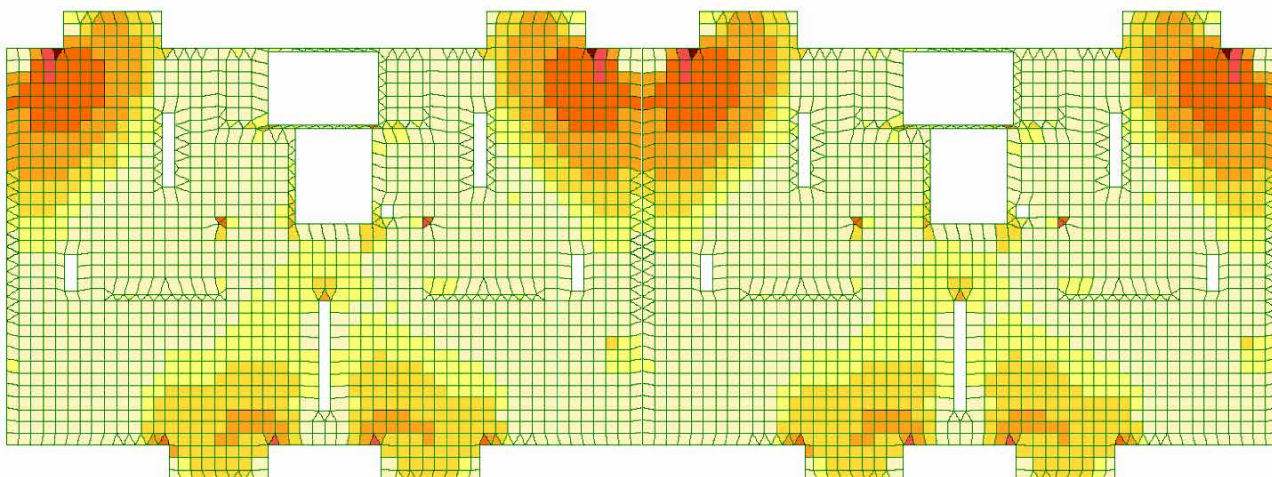
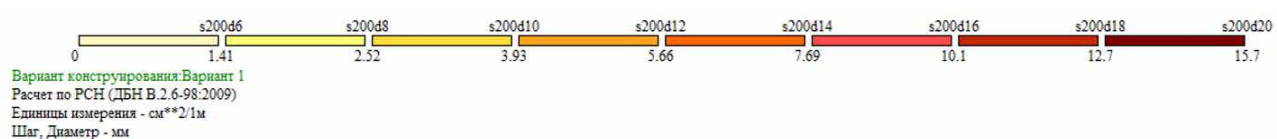
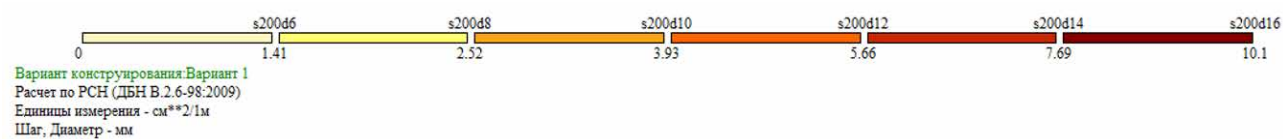


Рис. 2.16 Армування плити по нижній грані по осі X



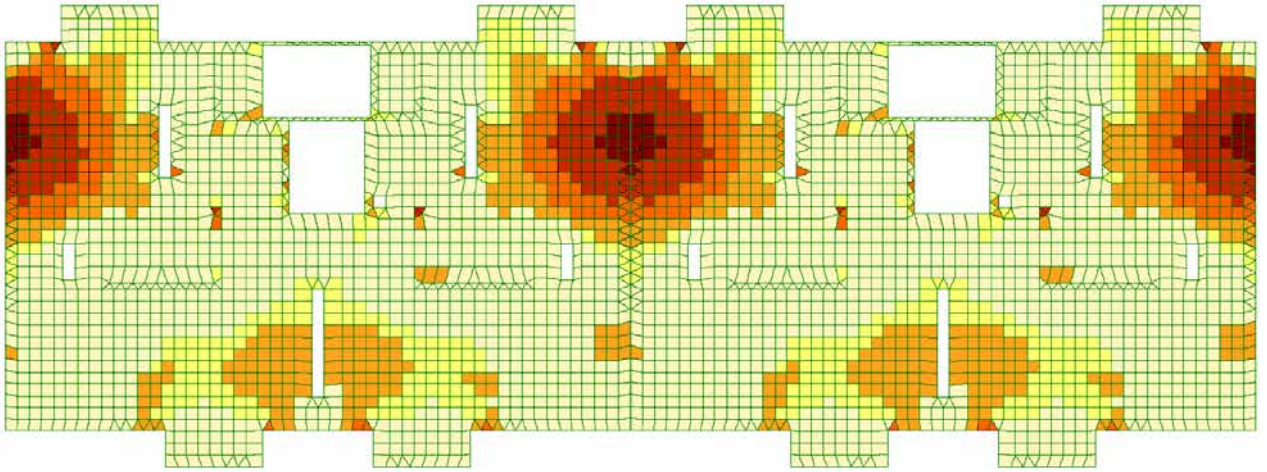


Рис. 2.17 Армування плити по нижній грані по осі Y

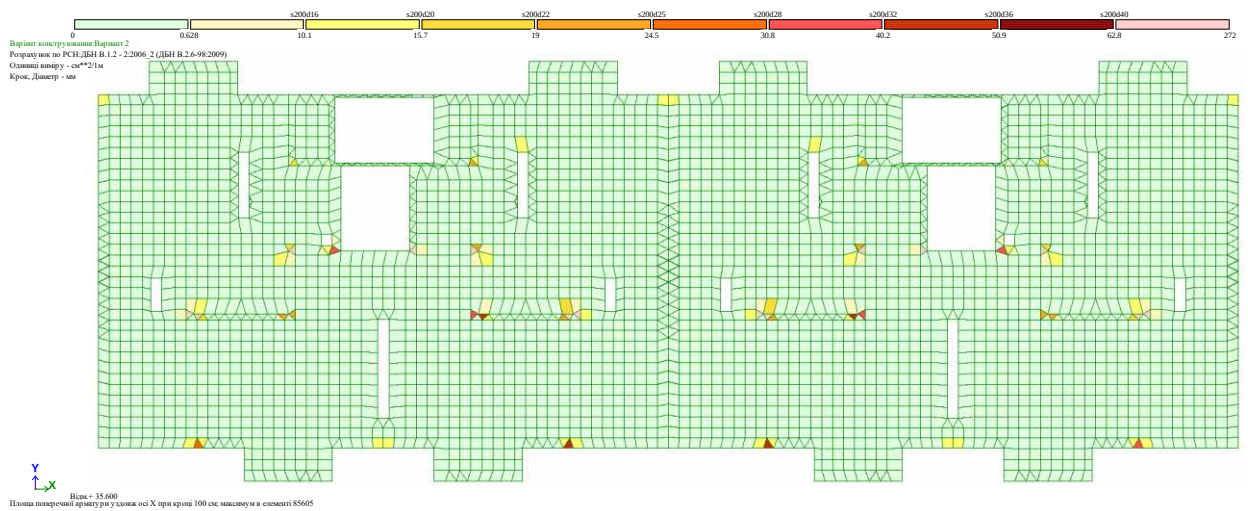


Рис. 2.18 Поперечна арматура вздовж X

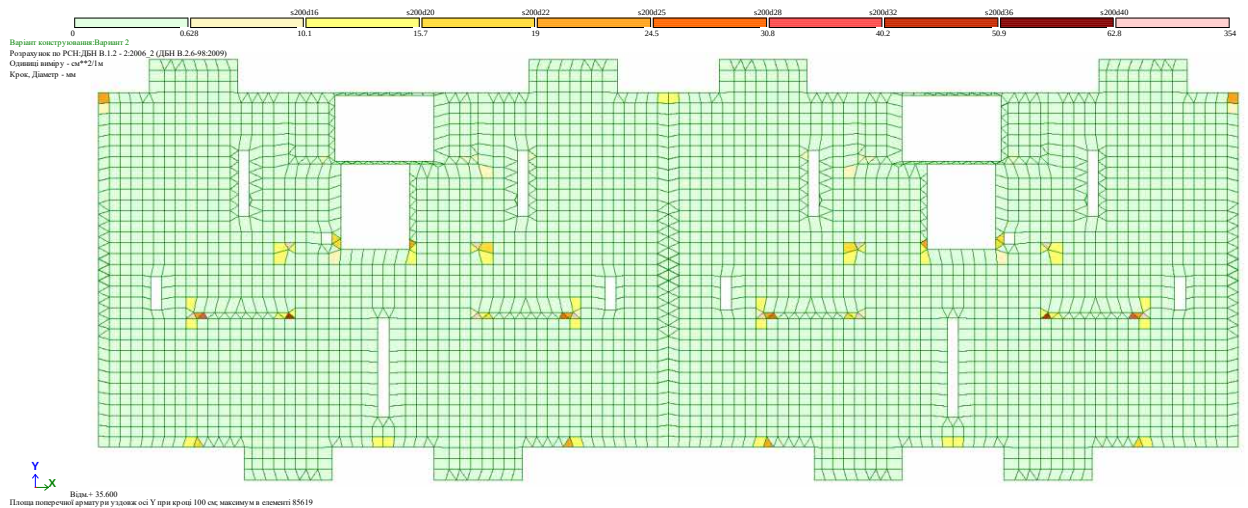


Рис. 2.19 Поперечна арматура вздовж Y

2.6 Перевірка достатності армування в плиті перекриття

2.6.1 Підбір арматури в плиті

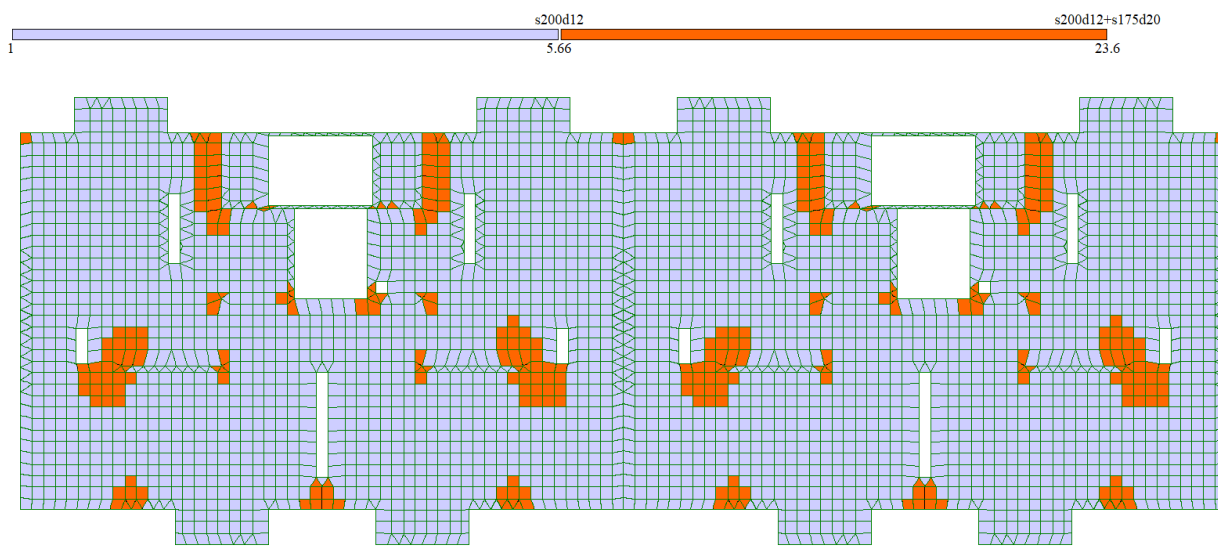


Рис. 2.20 Підбір верхньої арматури по осі X

Крок фонові арматури плити – 200 мм, Ø8 A500C.

$$A_{S,\text{факт}} = 2,51 \text{ см}^2;$$

$$A_{S,\text{факт}} = 2,51 \text{ см}^2 > A_{S,\text{необх}} = 1,90 \text{ см}^2$$

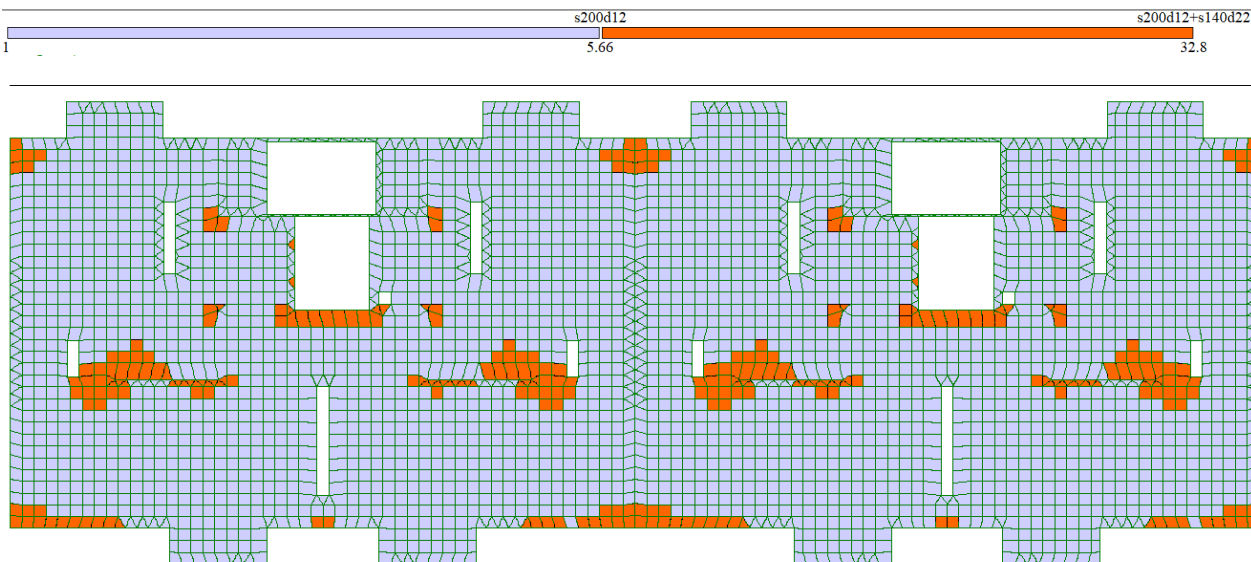


Рис. 2.21 Підбір верхньої арматури по осі Y

Площа додаткових стержнів потрібна – 3,15 см².

Додаткові стержні Ø10 A500C з кроком 200 мм – 3,93 см².

$$2,51 + 3,93 = 6,44 \text{ см}^2 > 5,66 \text{ см}^2$$

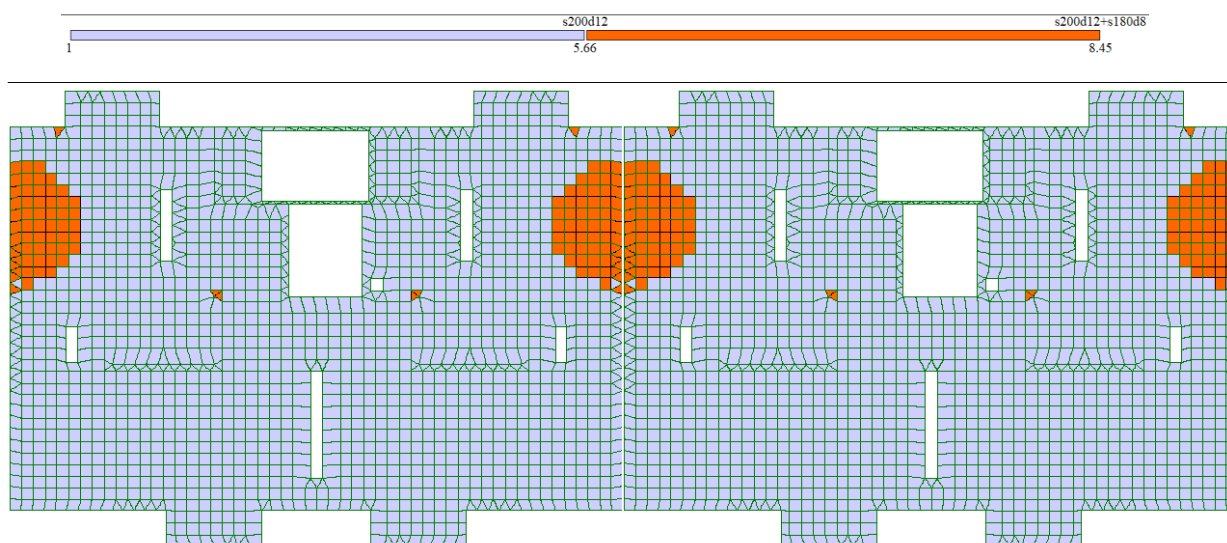


Рис. 2.22 Підбір нижньої арматури по осі Y

2.7 Розкриття тріщин

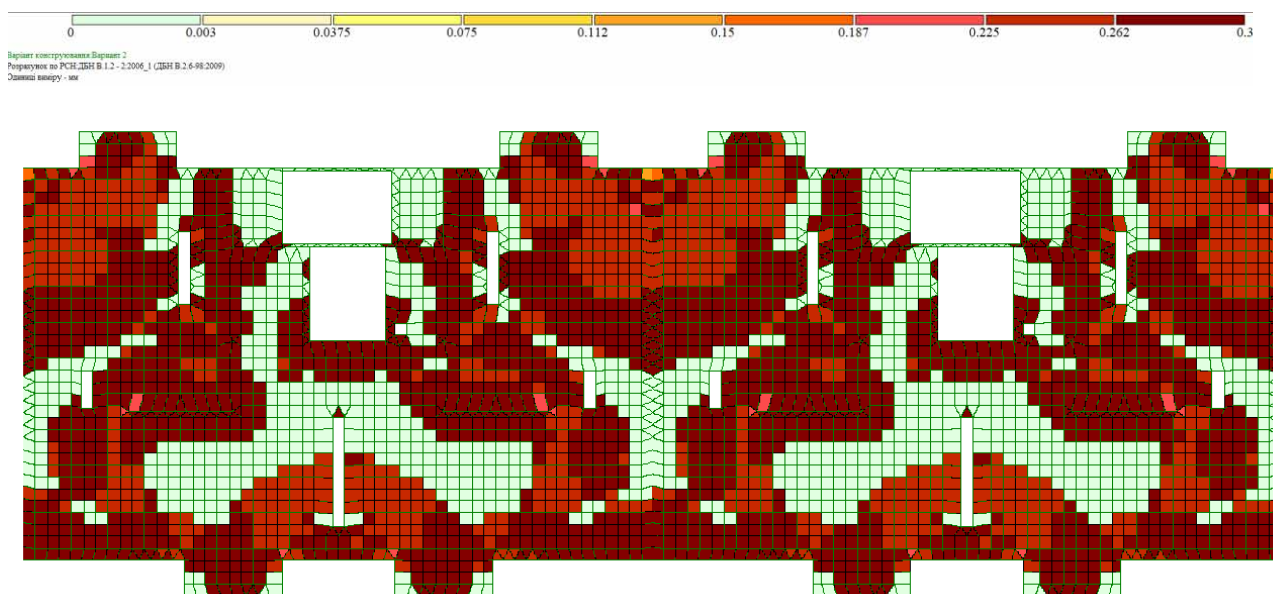


Рис. 2.23 Тривале розкриття тріщин

Максимальне значення ширини розкриття тріщин згідно розрахунків в «LIRA-FEM» 0,3 мм.

Проведемо перевірку:

$$w_k \leq w_{k,lim} = 0,3 \leq 0,3 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

2.8 Розрахунок повздовжнього армування плити перекриття

Товщина плити $h = 20$ см;

Захисний шар $a = 2$ см;

Робочою висотою перерізу плити :

$$h_0 = h - a = 18 \text{ см} \quad (2.6)$$

Визначити згинальний момент в прольоті, де максимальний прольот плити

$L = 3,52$ м та навантаження на плиту $q = 9,45 \frac{\text{кН}}{\text{м}^2}$, можна за формулою:

$$M_{\max} = \frac{q \times L^2}{8} = \frac{9,45 \times 3,52^2}{8} = 14,64 \text{ кНм} \quad (2.7)$$

$$\alpha_m = \frac{M_{\max}}{\gamma_{b1} \times R_b \times b \times h_0^2} = \frac{1464}{0,9 \times 1,45 \times 100 \times 18^2} \approx 0,0346 \quad (2.8)$$

Згідно класу бетону та арматури запроектованого житлового комплексу $\alpha_R \approx 0,39$.

$\alpha_m \leq \alpha_R, 0,0346 \leq 0,39$ – умова виконується.

Коефіцієнт відносної висоти стиснутої зони бетону, можна визначити за формулою:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2\alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0346} \approx 0,0352 \quad (2.9)$$

Розрахувати необхідну площу арматури на 1 м ширини плити можна:

$$A_s = \frac{M_{\max}}{R_s \times h_0 \times (1 - 0,5\xi)} = \frac{1464}{43,5 \times 18 \times (1 - 0,5 \times 0,0352)} = \frac{1464}{769} \approx 1,90 \text{ см}^2 \quad (2.10)$$

$$A_{s,\min} = 0,001 \times 100 \times 18 = 1,8 \text{ см}^2 \quad (2.11)$$

Крок фонові арматури плити – 200 мм, Ø8 А500С.

Фактична площа арматури: $A_{s,\text{факт}} = 2,51 \text{ см}^2$; (2.12)

Проведемо перевірку: $A_{s,\text{факт}} = 2,51 \text{ см}^2 > A_{s,\text{необх}} = 1,90 \text{ см}^2$ – умову міцності виконано.

Розрахунок площі верхньої арматури:

$$\alpha_m = \frac{4200}{0,9 \times 1,45 \times 100 \times 18^2} = \frac{4200}{42282} \approx 0,0993 \quad (2.13)$$

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0993} \approx 0,105$$

$$A_{s, \text{опора}} = \frac{4200}{43,5 \times 18 \times (1 - 0,5 \times 0,105)} = \frac{4200}{742,4} \approx 5,66 \text{ см}^2 \quad (2.14)$$

Верхня фоновна арматура $\varnothing 8$ A500C, крок якої 200 і підсилення встановлюється для сприйняття опорного моменту.

Площа додаткових стержнів потрібна – $3,15 \text{ см}^2$.

Додаткові стержні $\varnothing 10$ A500C з кроком 200 мм – $3,93 \text{ см}^2$.

$2,51 + 3,93 = 6,44 \text{ см}^2 > 5,66 \text{ см}^2$ – фактична площа, міцність якої забезпечена.

Марка	Армування виробу							
	Клас арматури							Всього
	A240			A500C				
	ДСТУ 3760:2019			ДСТУ 3760:2019				
	Ø6	Ø8	Всього	Ø10	Ø12	Ø16	Всього	
СТм1.5	62,8	10,4	73,2	818,2	1966,4	578,9	3346,8	3420,1

Рис. 2.24 Відомість витрат сталі на елемент, кг

2.9 Розрахунок колон та пілонів

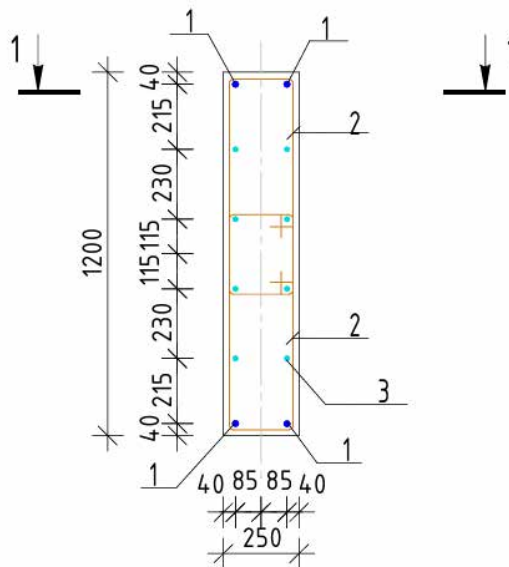


Рис 2.25 Колона КМ2

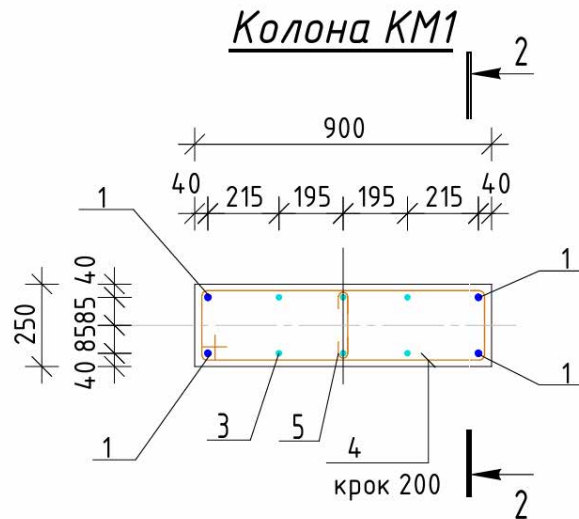


Рис. 2.26 Колона KM1

Колона KM1 перерізом 200х900 мм є найбільш навантаженою.

Колона KM2 перерізом 200х600 мм є типовою.

Пілон KM1 має переріз $b = 20$ см, $h = 90$ см.

Бетон класу C20/25 та арматуру A500C.

$$f_{cd} = 1,45 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; f_{yd} = 43,5 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}. \quad (2.15)$$

Повздовжня сила $N = 3200$ кН, згинальний момент $M = 96$ кНсм.

Визначити ексцентриситет сили можна за формулою:

$$e_0 = \frac{M}{N} = \frac{9600}{3200} = 3 \text{ см} \quad (2.16)$$

Випадковий ексцентриситет 3 см.

$$e = e_0 + e_a = 3 + 3 = 6 \text{ см} \quad (2.17)$$

Висота перерізу:

$$h_0 = h - a = 90 - 3,5 = 86,5 \text{ см} \quad (2.18)$$

Розрахунок граничного зусилля:

$$\alpha_m \frac{N \times e}{f_{cd} \times b \times h_0^2} = \frac{3200 \times 6}{1,45 \times 20 \times 86,5^2} = \frac{19200}{216988} \approx 0,088 \quad (2.19)$$

Розрахунок необхідної площі арматури, можна виконати за формулою:

$$A_s = A'_s = \frac{N \times e - R_b \times b \times x \times (h_0 - 0,5x)}{R_s \times (h_0 - a')} \quad (2.20)$$

У КМ1 є 12 стержнів Ø16 A500C, звідки можна дізнатись фактичну площу арматури, за формулою:

$$A_{s,\text{факт}} = 12 \times 2,01 \text{ см}^2 = 24,12 \text{ см}^2;$$

Нормативні межі відсотка армування – 0,25% до 4%.

Відсоток армування колони – 1,34%, міцність забезпечена.

Розрахунок пілона КМ2, де переріз $b = 20 \text{ см}$, $h = 60 \text{ см}$, $N = 4500 \text{ кНсм}$.

$$e_0 = \frac{4500}{2100} = 2,14 \text{ см};$$

$$e_a = \frac{60}{30} = 2 \text{ см};$$

$$e = 4,14 \text{ см};$$

$$h_0 = 60 - 3,5 = 56,5 \text{ см}.$$

У колоні КМ2 є 8 стержнів Ø16 A500C, $A_{s,\text{факт}} = 16,08 \text{ см}^2$.

Перевіримо несучу здатність для стиснутих елементів:

$$N_{\text{роб}} = f_{cd} \times A_b + f_{yd} \times A_{s,\text{tot}} = 1,45 \times (20 \times 60) + 43,5 \times 16,08 = 1740 + 699,5 = 2439,5 \text{ кН}. \quad (2.21)$$

Поз.	Найменування	Позиція	Кіль.	Маса кг.	Примітка
		<u>Колона монолітна КМ1</u>			
		<u>Деталі</u>			
3	16 A500C	ДСТУ 3760:2019 L= 5835	8	9,21	
1	20 A500C	ДСТУ 3760:2019 L= 6155	4	15,18	
2	8 A240	ДСТУ 3760:2019 L= 2400	42	0,44	
		<u>Матеріали</u>			
КМ1	Бетон класу В25, W4, F150		1,3		м ³
		<u>Колона монолітна КМ2</u>			
		<u>Деталі</u>			
3	16 A500C	ДСТУ 3760:2019 L= 5835	8	9,21	
1	20 A500C	ДСТУ 3760:2019 L= 6155	4	15,18	
4	8 A240	ДСТУ 3760:2019 L= 2400	21	0,95	
5	8 A240	ДСТУ 3760:2019 L= 300	10	0,12	
		<u>Матеріали</u>			
КМ2	Бетон класу В25, W4, F150		1,0		м ³

Рис. 2.27 Специфікація арматури

Клас бетону у монолітних колонах запроектованої будівлі відповідає С20/25.

Згідно з ДБН [8] опір бетону $f_{cd} = 1,45 \frac{kH}{cm^2}$;

Згідно з ДСТУ 3760:2019 [4], арматура класу А500С.

Опір арматури $f_{yd} = 43,5 \frac{kH}{cm^2}$.

РОЗДІЛ 3. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ

3.1 Вихідні дані для будівлі

1. Вид будівлі: житловий багатоповерховий будинок.
2. Місто будівництва: Миргород.
3. Абсолютна позначка рельєфу (Св.): 199,85 м.
4. Абсолютна позначка верхнього обрізу фундаменту: 197,290.
5. Глибина залягання ґрунтових вод – 5,30 м від поверхні.
6. Інженерно-геологічну будову майданчика забудови див. рис. 3.1.

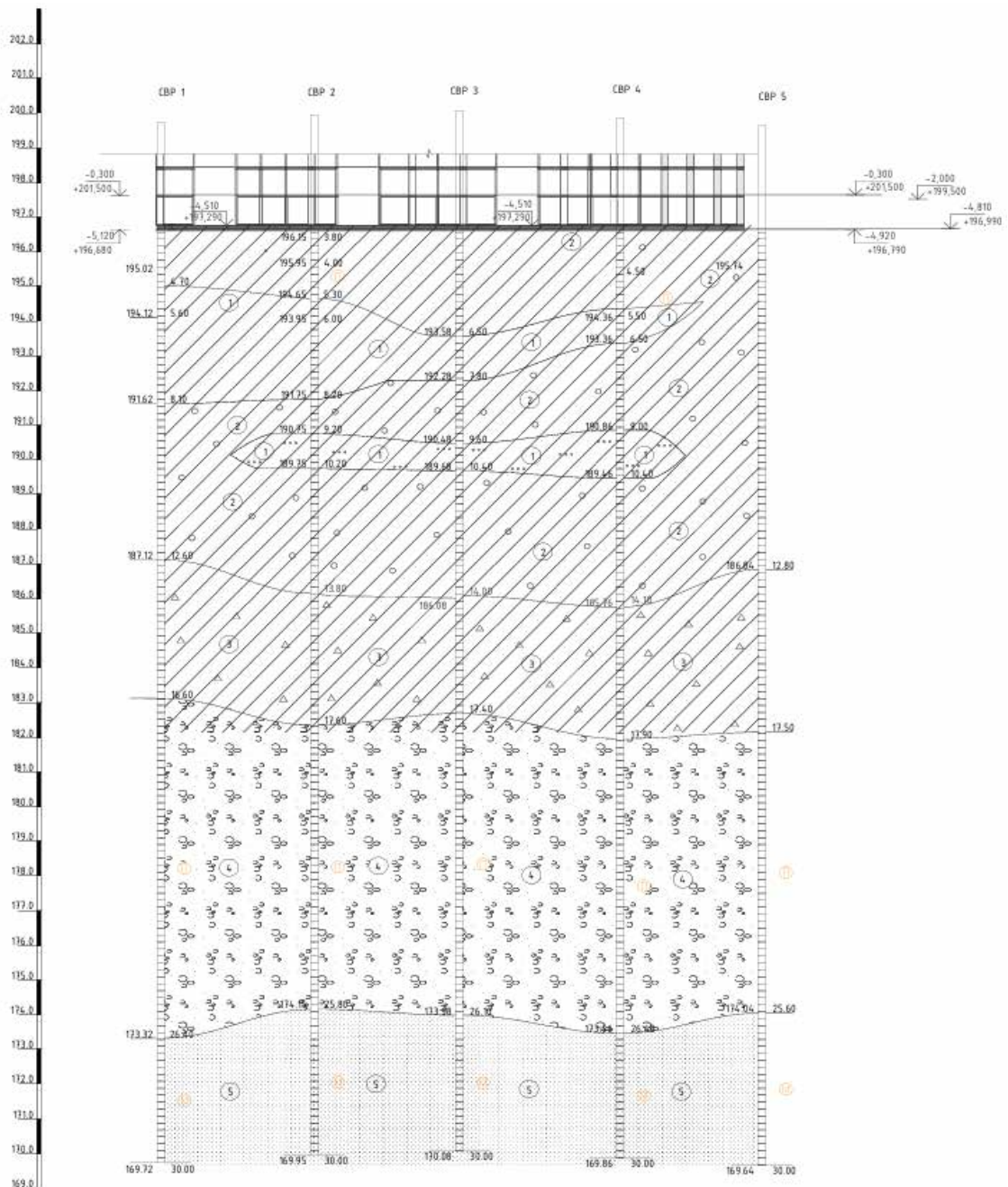


Рис. 3.1 Геологічний розріз

3.2 Інженерно-геологічна будова майданчика

Згідно інженерно-геологічних досліджень, проведених на ділянці багатоповерхового житлового будинку, по всій проектуєчій зоні, ґрунти розміщені передбачувано та рівномірно і чергуються 5-ма інженерно-геологічними елементами (ІГЕ) і належать до молодих геологічних порід по осі свердловин СКВ 290 ($h = 5,60$ м), СКВ 291 ($h = 3,80$ м), СКВ 292, СКВ 293 ($h = 5,50$ м), СКВ 294 ($h = 4,50$ м та виклинювання).

Поверхня майданчика відносно рівна, де присутній невеликий ухил. Межі висотних відміток устною свердловин варіюються від СКВ 294 (199,64 м) до СКВ 292 (200,08 м).

У геологічному розрізі простежуються 5 шарів ґрунтів:

1. Пісок крупний, сірий, сухий – товщина (3,8 м – 5,6 м). Початок – з поверхні природного рельєфу. У нижній частині утворюються лінзоподібні вкраплення або звуження піску. Піски у сухому стані.
2. Напівтвердий суглинок – товщина (2,6 м – 4,4 м). Суглинок залягає на глибину 3,8 м – 5,6 м.
3. Суглинок твердий, рудого кольору – товщина (3,5 м – 4,5 м). Глибина залягання (12,6 м – 14 м).
4. Глина з малою пористістю – товщина (8,5 м – 9 м). Залягання верхньої межі (16,6 м – 17,9 м). Інженерно-геологічний елемент майже не пропускає воду.
5. Пісок пилуватий, водонасичений – залягання на глибині (25,6 м – 26,8 м). Глибина за геологічними дослідженнями сягає 30 м.

3.3 Розрахунок фізико-механічних характеристик ґрунта

1. ІГЕ-1 Пісок крупний, сірий, сухий

$$h = 4,85 \text{ м}, \rho = 1,68 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \rho_s = 2,66 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}.$$

- Згідно ДСТУ [15] визначимо гранулометричний склад:

Сума фракцій у %, що мають розмір $>$ за 2 мм – 12,5 %.

Сума фракцій у %, що мають розмір 2 – 0,5 мм – 53,3 %.

Необхідні обчислення доводять, що це пісок крупний, див. табл. 3.1

Табл. 3.1 Оцінка гранулометричного складу піску ПГЕ-1

№ з/п	Показники	Діаметр отворів сит, мм					Піддон ≈0
		2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	
1	Маса фракції, г	0,2	8,4	17,3	23,6	37,8	10,3
2	Вміст фракції по масі, %	2,6	8,4	17,3	23,6	37,8	10,3
3	Сума фракцій у %, що мають розмір $>$ за граничний діаметр	2,6	11,0	28,3	51,9	89,7	100,0
4	Сума фракцій у %, що мають розмір $<$ за граничний діаметр	97,4	89,0	71,7	48,1	37,8	0

- Ступінь неоднорідності піску можна визначити за формулою:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,85}{0,18} = 4,72 \quad (3.1)$$

Так як $4,72 > 3$, тому згідно додатку Б (Таблиця Б.6) ДСТУ Б В.2.1-2:2009 [13], ґрунт є неоднорідним.

- Щільність скелету сухого ґрунту можна визначити за формулою:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w}; \quad (3.2)$$

$$\rho_d = \frac{1,68}{1+0,06} = 1,585 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

- Питома вага ґрунту визначається згідно формули:

$$\gamma = \rho \times g \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}, g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}; \quad (3.3)$$

$$\gamma = 1,68 \times 9,81 = 16,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Питома вага часток ґрунту визначається за формулою:

$$\gamma_s = \rho_s \times g; \quad (3.4)$$

$$\gamma_s = 2,66 \times 9,81 = 26,1 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Коефіцієнт пористості можна визначити за формулою:

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{\rho_s(1+w)}{\rho} - 1; \quad (3.5)$$

$$e = \frac{2,66 - 1,585}{1,585} = 0,678;$$

- Коефіцієнт водонасичення:

$$S_r = \frac{w \times \rho_s}{e \times \rho_w}, \text{ щільність } \rho_w = 1,0 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}; \quad (3.6)$$

$$S_r = \frac{0,06 \times 2,66}{0,678 \times 1,0} = 0,235;$$

- Визначаємо, що пісок є сухим, так як $S_r = 0,235 < 0,5$.

Згідно вимог ДСТУ Б В.2.1-21:2009 [13] можна визначити величини φ та c , що характеризують міцність крупного піску залежно від коефіцієнта пористості $e = 0,678$.

- Визначення інтерполяції міцності:

$$\varphi_n = 38 + \frac{43-38}{0,70-0,55} \times (0,70 - 0,678) = 38 + 7,33 \times 0,022 = 38,16^\circ \approx 38^\circ; \quad (3.7)$$

$$C_n = 1 + \frac{2-1}{0,15} \times 0,022 = 1,15 \text{ кПа} \approx 1 \text{ кПа}. \quad (3.8)$$

- Модуль деформації визначається згідно табл.А.5 ДБН В.2.1-10:2018 [14] «Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення» :

$$E = 30 + \frac{40-30}{0,70-0,55} \times (0,70 - 0,678) = 32 \text{ МПа}.$$

- Розрахунковий опір R_0 , визначається за табл.В.1 ДБН 14]:

$$R_0 = 400 - \frac{500-400}{0,65-0,55} \times (0,678 - 0,65) = 450 \text{ кПа}. \quad (3.9)$$

Отже, повна назва ґрунту: Пісок крупний, неоднорідний, сухий, середньої щільності.

2. ІГЕ-2 Суглинок напівтвердий, водонасичений

$$h = 3,73 \text{ м}, \rho = 1,96 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \rho_s = 2,70 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, W = 0,19, W_L = 0,31, W_p = 0,16.$$

- За формулою числа пластичності, визначимо назву ґрунту:

$$I_p = w_L - w_p = 0,31 - 0,16 = 0,15; \quad (3.10)$$

Згідно табл. Б 11 додатку ДСТУ [13] – $0,07 < I_p = 0,15 < 0,17$ – даний ґрунт є суглинком.

- Формула показника текучості допомагає визначити стан ґрунту:

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} = \frac{0,19 - 0,16}{0,15} = 0,20; \quad (3.11)$$

За табл. Б 14 додатку ДСТУ [13] стан суглинка – напівтвердий, так як $0 < I_L = 0,20 \leq 0,25$.

- Щільність ґрунту у сухому стані визначається за формулою (3.2):

$$\rho_d = \frac{1,96}{1 + 0,19} = 1,647 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

- Визначення питомої ваги ґрунту (3.3):

$$\gamma = 1,96 \times 9,81 = 19,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Визначення питомої ваги частинок ґрунту згідно формули (3.4):

$$\gamma_s = 2,70 \times 9,81 = 26,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Визначення коефіцієнта пористості (3.5):

$$e = \frac{2,70 - 1,647}{1,647} = 0,639;$$

- Визначення коефіцієнта водонасичення (3.6):

$$S_r = \frac{0,19 \times 2,70}{0,639 \times 1,0} = 0,803;$$

Оскільки $0,8 < S_r = 0,803 \leq 1,0$, тоді суглинок водонасичений.

- Міцність (3.7), (3.8):

$$I_L = 0,20, e = 0,639 \rightarrow \varphi_n = 21^\circ, C_n = 23 \text{ кПа.}$$

- Згідно з ДБН [14] «Основи та фундаменти» визначаємо Е:

$$E = 18 \text{ МПа.}$$

- Згідно з ДБН [14] «Основи та фундаменти», визначимо R_0 (3.9):

$$R_0 = 224 \text{ кПа.}$$

Отже, повною назва ґрунту: Суглинок, напівтвердий, водонасичений та має низьку пористість.

3. ІГЕ-3 Суглинок твердий, рудий

$$h = 4,73 \text{ м}, \rho = 2,02 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \rho_s = 2,71 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, W = 0,14, W_L = 0,32, W_p = 0,17.$$

- Пластичність:

$$I_p = w_L - w_p = 0,32 - 0,17 = 0,15;$$

Згідно з ДСТУ [13] – $0,07 < I_p = 0,15 < 0,17$ – даний ґрунт є суглинком.

- Показник текучості (3.11):

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} = \frac{0,14 - 0,17}{0,15} = -0,20 \text{ – твердий, так як } I_L < 0.$$

- Щільність (3.2):

$$\rho_d = \frac{2,02}{1 + 0,14} = 1,772 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

- Питома вага (3.3):

$$\gamma = 2,02 \times 9,81 = 19,8 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Питома вага часток ґрунту (3.4):

$$\gamma_s = 2,71 \times 9,81 = 26,6 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Коефіцієнт пористості (3.5):

$$e = \frac{2,71 - 1,772}{1,772} = 0,529;$$

- Коефіцієнт водонасичення (3.6):

$$S_r = \frac{0,14 \times 2,71}{0,529 \times 1,0} = 0,717;$$

Так як $0,5 < S_r = 0,717 \leq 0,8$, тоді суглинок вологий.

- Міцність приймається за максимальною шкалою (3.7), (3.8):

$$\varphi_n = 24^\circ, C_n = 32 \text{ кПа}.$$

- Визначаємо Е враховуючи рудий колір, згідно табл. А.2 ДБН [14]:

$$E = 24 + \frac{28 - 24}{0,6 - 0,5} \times (0,6 - 0,529) \approx 24 \text{ МПа}.$$

- Визначимо R_0 , згідно табл. В.3 ДБН [14] (3.9):

$$R_0 = 300 \text{ кПа}.$$

Проведені розрахунки довели, що ІГЕ-3 це суглинок рудий, твердий, вологий та має низьку пористість.

4. ІГЕ-4 Глина

$$h = 12,68 \text{ м}, \rho = 2,06 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \rho_s = 2,73 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, W = 0,26, W_L = 0,48, W_p = 0,23.$$

- Назва ґрунту залежить від числа пластичності (3.10):

$$I_p = w_L - w_p = 0,48 - 0,23 = 0,25;$$

Оскільки, $0,07 < I_p = 0,25 < 0,17$, Згідно табл. Б 11 додатку ДСТУ [13] це глина.

- Стан ґрунту визначається за показником текучості згідно формулі (3.11):

$$I_L = \frac{w - w_p}{I_p} = \frac{0,26 - 0,23}{0,25} = 0,12;$$

Відповідно до ДСТУ [13] – напівтвердий, оскільки $0 < I_L = 0,12 \leq 0,25$.

- Визначаємо щільність скелету глини (3.2):

$$\rho_d = \frac{2,06}{1 + 0,26} = 1,635 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

- Визначаємо питому вагу глини (3.3):

$$\gamma = 2,06 \times 9,81 = 20,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Визначаємо питому вагу часток глини (3.4):

$$\gamma_s = 2,73 \times 9,81 = 26,8 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Визначаємо коефіцієнт пористості (3.5):

$$e = \frac{2,73 - 1,635}{1,635} = 0,670;$$

- Визначаємо коефіцієнт водонасичення (3.6):

$$S_r = \frac{0,26 \times 2,73}{0,670 \times 1,0} = 1,0;$$

Оскільки $S_r = 1,0$, а отже глина повністю водонасичена.

- Через велике зчеплення частинок, міцність глини висока:

Згідно з ДБН [14] (3.7), (3.8):

$$\varphi_n = 16^\circ, C_n = 45 \text{ кПа}.$$

- Метрична інтерполяція модуля деформації за табл. А.1 ДБН [14] для глин:

$$E = 19 \text{ МПа.}$$

- Для шару глини інтерполяція R_0 відповідно до ДБН для глин (3.9):

$$R_0 = 245 \text{ кПа.}$$

Результат розрахунків – глина щільна, напівтверда, водоупор.

5. ІГЕ-5 Пісок пилюватий.

$$h = 4,00 \text{ м.}$$

- Неоднорідність та назва піщаних ґрунтів визначається згідно гранулометричного складу, розрахунок проведений у табл. 3.2, де згідно обчислень класифікація ґрунту – пісок пилюватий.

Табл. 3.2 Оцінка гранулометричного складу піску ІГЕ-5

№ з/п	Показники	Діаметр отворів сит, мм					Піддон ≈0
		2,0	1,0	0,5	0,25	0,1	
1	Маса фракції, г	0,2	0,8	3,1	11,4	42,5	42,0
2	Вміст фракції по масі, %	0,2	0,8	3,1	11,4	42,5	42,0
3	Сума фракцій у %, що мають розмір > за граничний діаметр	0,2	1,0	4,1	15,5	58,0	100,0
4	Сума фракцій у %, що мають розмір < за граничний діаметр	99,8	99,0	95,9	94,5	42,8	0

- Ступінь неоднорідності піску визначається за формулою (3.1):

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{0,08}{0,007} = 11,4$$

$11,4 > 3$, тому за ДСТУ [13] ґрунт є дуже неоднорідний.

$$\rho = 1,99 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, \rho_s = 2,67 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}, W = 0,26.$$

- Щільність скелету піску (3.2):

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+w};$$

$$\rho_d = \frac{1,99}{1+0,26} = 1,579 \frac{\text{г}}{\text{см}^3};$$

- Питома вага піску (3.3):

$$\gamma = \rho \times g \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}, g = 9,81 \frac{\text{м}}{\text{с}^2};$$

$$\gamma = 1,99 \times 9,81 = 19,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Питома вага часток (3.4):

$$\gamma_s = \rho_s \times g;$$

$$\gamma_s = 2,67 \times 9,81 = 26,2 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

- Обчислення коефіцієнта пористості (3.5):

$$e = \frac{\rho_s - \rho_d}{\rho_d} = \frac{\rho_s(1+w)}{\rho} - 1;$$

$$e = \frac{2,67 - 1,579}{1,579} = 0,691;$$

Пісок є середньої щільності.

- Обчислення коефіцієнта водонасичення (3.6):

$$S_r = \frac{w \times \rho_s}{e \times \rho_w};$$

$$S_r = \frac{0,26 \times 2,67}{0,691 \times 1,0} = 1,00;$$

Пісок насичений водою.

- Обчислення інтерполяції міцності (3.7), (3.8):

Спираючись на пилюватий склад та повне водонасичення, зчеплення відсутнє і знижений кут тертя.

$$\varphi_n = 26^\circ;$$

$$C_n = 2 \text{ кПа.}$$

- Інтерполяція модуля деформації обчислюється за ДБН [14]:

$$E = 14 + \frac{18-14}{0,70-0,60} \times (0,70 - 0,691) = 14 \text{ МПа.}$$

- Інтерполяція розрахункового опору обчислюється за ДБН [14] (3.9):

$$R_0 = 140 \text{ кПа.}$$

ПЕ-5 – це пісок пилюватий, дуже неоднорідний, має щільність середньої форми та водонасичений.

Номер шару, № шару	Повне найменування ґрунту	Товщина шару, м	Щільність ґрунту, т/м ³ (г/см ³)		Вологість ґрунту		Питома вага ґрунту, кН/м ³			Коефіцієнт пористості, e	Коефіцієнт водонасичення, S_r	Показники пластичності			Показник текучості, I_L	Питоме зчеплення, c_n , кПа	Кут внутрішнього тертя, φ_n , град	Модуль деформації, E , МПа	Розрахунковий опір R_0 , кПа
			природна, ρ	частинок, ρ_s	природна, w	при водонасиченні, w_{sat}	природна, γ	Частинок γ_s	у виваженному стані, γ_{sb}			текучості, W_L	пластичності, W_P	Число пластичності, I_P					
1	Пісок крупний, неоднорідний, маловлажний, середньої щільності	4,85	1,68	2,66			16,5	26,1		0,678	0,235		-			1,15	38	32,0	450
2	Суглинок напівтвердий, водонасичений, низькопористий	3,73	1,96	2,70	0,19		19,2	26,5		0,639	0,803	0,31	0,16	0,15	0,20	23	21	18,0	224
3	Суглинок рудий, твердий, вологий, низькопористий	4,73	2,02	2,71	0,14		19,8	26,6	9,77	0,529	0,717	0,32	0,17	0,15	-0,20	32,0	24	24	300
4	Глина щільна, напівтверда, водоупор	12,68	2,06	2,73	0,26		20,2	26,8		0,670	1,0	0,48	0,23	0,25	0,12	45,0	16	19	245

4	Пісок пилюватий, сильнонеоднорідний, середньої щільності, насичений водою	12,68	2,06	2,73	0,26		20,2	26,8		0,670	1,0	0,48	0,23	0,25	0.12	45	16	19	245
---	---	-------	------	------	------	--	------	------	--	-------	-----	------	------	------	------	----	----	----	-----

Табл. 3.3 Розрахункові значення фізико-механічних показників

3.4 Розрахунок фундаментної плити

3.4.1 Глибина закладання фундаменту

Аналізуючи кліматичні умови Полтавської області, для суглинків і піщаних ґрунтів, згідно з ДБН В.2.1-10:2018 [14], нормативна глибина промерзання ґрунту $d_f = 1,10$ м.

Формула глибини сезонного промерзання ґрунту:

$$d_f = k_h \times d_{f0}; \quad (3.12)$$

де:

$k_h = 0,5$; коефіцієнт теплового впливу будівлі.

$$d_f = 0,5 \times 1,10 = 0,55 \text{ м.}$$

Абсолютна відмітка 201,800 м – позначка підлоги 1-ого поверху $\pm 0,000$.

Абсолютна відмітка 197,290 м – позначка підвальної підлоги -4,510 м.

Абсолютна відмітка 196,690 м – позначка підшви плити.

Фундаментна плита товщиною 0,60 м.

Згідно осей запроектованої будівлі, середня абсолютна позначка природної поверхні землі – 199,850 м, відповідно відносна позначка - -1,950 м.

Глибина закладання плити:

$$d_1 = 199,850 - 196,690 = 3,16 \text{ м.} \quad (3.13)$$

В перший інженерно-геологічний елемент глибиною 3,16 м, залягає підшва. Умова виконується : $d_1 > d_f$; $3,16 \text{ м} > 0,55 \text{ м}$.

3.4.2 Розрахунок навантаження на фундаментну плиту

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [1] конструкції фундаменту розраховуються за 2-ма групами граничних станів:

1. Граничні стани першої групи.
2. Граничні стани другої групи.

Вагу фундаментної плити можна обчислити за формулою:

$$N_{\text{плити}} = V_{\text{бет}} \times \gamma_f \times \gamma_{\text{бетону}}; \quad (3.14)$$

де:

$V_{\text{бет}} = 1185\text{м}^3$ – об’єм бетону; $A_{\text{пл}} = 1975\text{м}^2$ – загальна площа плити.

$$N_{\text{плити}} = 1185 \times 25 \times 1,1 = 32587,5 \text{ кН}$$

$$N_{\text{надз}} = 286400 \text{ кН}$$

Вертикальне навантаження:

$$N_{\text{sun}} = N_{\text{надз}} + N_{\text{плити}} = 286400 + 32587,5 = 318987,5 \text{ кН} \quad (3.15)$$

На споруду діє момент вітрового навантаження, який дорівнює:

$$M_w = 42500 \text{ кН} \times \text{м}. \quad (3.16)$$

Обчислення середнього тиску підшви плити проводиться за формулою:

$$p_{\text{сер}} = \frac{N_{\text{sun}}}{A_{\text{пл}}} = \frac{318987,5}{1975} = 161,51 \text{ кПа} \quad (3.17)$$

Найважливіше для фундаментної плити при найбільшому вітровому навантаженні є відсутність відриву підшви.

Враховуючи момент вітрового навантаження, визначити мінімальний та максимальний тиски по краях проєтованої будівлі плити можна розрахувати за формулою:

$$p_{\text{max,min}} = \frac{N_{\text{sun}}}{A_{\text{пл}}} \pm \frac{M_w}{W_{\text{пл}}}; \text{ де } W_{\text{пл}} = 6400\text{м}^3. \quad (3.18)$$

Максимальний тиск по краях плити:

$$p_{\text{max}} = 161,51 + \frac{42500}{6400} = 168,15 \text{ кПа} \quad (3.19)$$

Максимальний тиск по краях плити:

$$p_{\text{min}} = 161,51 - 6,64 = 154,87 \text{ кПа} \quad (3.20)$$

У результаті розрахунків чітко видно, що утворення відриву підшви не відбувається, та стійкість будівлі забезпечена, так як $154,87 \text{ кПа} > 0$.

Розрахуємо чи фундамент рівномірно передає навантаження на ґрунт:

$$168,15 \text{ кПа} \leq 1,2 \times 1576,9 = 1892,28 \text{ кПа} - \text{умова виконується.}$$

3.4.3 Несуча здатність плити по ґрунту

Розрахунковий опір ґрунту основи під її підшвою суцільної плити визначають за формулою:

$$R = \frac{\gamma_{c1} \times \gamma_{c2}}{k} \times [M_k \times b \times \gamma_{II} + M_d \times d_1 \times \gamma_{II} + (M_d - 1) \times d_b \times \gamma_{II} + M_c \times C_{II}] ; \quad (3.30)$$

де, для крупного піску такі показники:

$\gamma_{c1} = 1,4$ – коефіцієнт умов роботи;

$\gamma_{c2} = 1,2$;

$k = 1,1$ – коефіцієнт надійності;

$M_k = 2,11$; $M_d = 7,67$; $M_d = 9,72$;

$b = 16,0$ м – ширина фундаменту;

$d_b = 0,60$ м – глибина закладання від підлоги підвалу;

$\gamma_{II} = 16,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$.

$$R = \frac{1,4 \times 1,2}{1,1} \times [2,11 \times 16,0 \times 16,5 + 7,67 \times 3,16 \times 16,5 + (7,67 - 1) \times 0,6 \times 16,5 + 9,72 \times 1,0] = 1576,9 \text{ кПа}. \quad (3.31)$$

Перевіримо умову міцності:

$p_{\text{сер}} \leq R \rightarrow 161,51 \text{ кПа} \leq 1576,9 \text{ кПа}$ – умова виконується.

Табл. 3.4 Розрахунковий опір по бічній поверхні плити

№ шару	h_i , м	f_i , кПа	γ_{Cfi}	$\gamma_{Cfi} h_i f_i$ □
1	0,60	41,2	1,0	41,2

3.4.4 Розрахунок фундаментної плити на продавлювання

Товщина плити розміром – Н – 600 мм.

Фундамент виконаний з бетону класу С25/30, де $R_{bt} = 1150 \text{ кН}$.

Колона з залізобетону – 600 мм х 600 мм.

$F = 4200 \text{ кН}$, захисний шар арматури – 50 мм.

Розрахуємо згідно даних проектування будівлі висоту перерізу плити за формулою:

$$h_0 = H - a = 600 - 50 = 0,55 \text{ м.} \quad (3.32)$$

Обчислимо довжину замкненого контуру колони:

$$u_m = 2 \times (b_{\text{кол}} + h_0) + 2 \times (h_{\text{кол}} + h_0) = 4 \times (0,60 + 0,55) = 4,60 \text{ м} \quad (3.33)$$

Розрахуємо несучу здатність бетону за формулою:

$$F_{b,max} = R_{bt} \times u_m \times h_0 = 1150 \times 4,60 \times 0,55 = 2909,5 \text{ кН} \quad (3.34)$$

$$F > F_{b,max} \rightarrow 4200 \text{ кН} > 2909,5 \text{ кН} - \text{умова не виконується.}$$

Згідно проведеної перевірки приймається інженерне рішення встановити поперечну арматуру у зонах обпирання.

Розрахуємо зусилля встановленої поперечної арматури:

$$F_{sw} = F - F_{b,max} = 4200 - 2909,5 = 1290,5 \text{ кН} \quad (3.35)$$

Максимальний згинальний момент:

$$M = 380 \frac{\text{кН} \times \text{м}}{\text{п.м.}} \quad (3.36)$$

Розрахункова смуга плити:

$$B = 1,0 \text{ м}$$

Розрахунковий опір стиску для бетону класу C25/30 – 1700 кПа.

Розрахуємо коефіцієнт згинального моменту за формулою:

$$\alpha_m \frac{M}{R_b \times b \times h_0^2}; \quad (3.37)$$

$$\alpha_m = \frac{380}{1700 \times 1,0 \times 0,55^2} = \frac{380}{1700 \times 0,3025} = 0,074$$

$\zeta = 0,961$ – коефіцієнт плеча внутрішньої пари сил.

Для підібраної арматури A500С, визначимо опір розтягу $R_s = 435000$ кПа.

Обчислення площі арматури можна провести згідно наведеної формули:

$$A_s \frac{M}{R_s \times \zeta \times h_0}; \quad (3.38)$$

$$A_s = \frac{380}{435000 \times 0,961 \times 0,55} = 16,52 \text{ см}^2$$

Отже, площа підібраної арматури на 1 м - 16,52 см².

Основна робоча сітка – 200 мм, фактична площа армування –
 $A_{s, \text{факт}} = 15,71 \text{ см}^2$, Ø20A500C – діаметр стержнів, також підібране
 додаткове підсилення діаметром Ø16.

Виходячи з розрахунків, фундаментну плиту запроєктовано надійно та економічно правильно.

3.4.5 Розрахунок товщини плити

Розрахуємо чи товщина плити 600 мм є достатньою і чи не буде зруйнована стиснута зона бетону за наступними формулами:

Захисним шаром бетону є $a = 50$ мм.

Висота перерізу фундаментної плити є $H = 0,6$ м.

Формула корисної висоти перерізу:

$$h_0 = H - a = 600 - 50 = 0,55 \text{ м} \quad (3.40)$$

Для арматури A500C та бетону класу C25/30 - $f_{cd} = 17,0$ МПа, $f_{yd} = 435$ МПа, $\xi_R = 0,493$.

$M_{\text{max}} = 0,38 \text{ МН} \times \text{м}$.

Визначення висоту стиснутої зони бетону:

$$\xi = 1 - \sqrt{1 - 2 \times \alpha_m} = 1 - \sqrt{1 - 2 \times 0,0739} = 0,0769 \quad (3.41)$$

Перевіримо умову руйнування бетону:

$$\xi \leq \xi_R; \quad (3.42)$$

$0,0769 \leq 0,493$ – умова виконується, збільшення товщини фундаменту не потрібне.

3.4.6 Розрахунок осідання для монолітного фундаменту

Щоб розрахувати осідання фундаменту, обчислимо вертикальне напруження за формулою:

де

$$d_1 = 3,16 \text{ м};$$

$$\gamma_{II} = 16,5 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3};$$

$$\sigma_{zg0} = \gamma_{II} \times d_1 = 16,5 \times 3,16 = 52,14 \text{ кПа} \quad (3.43)$$

$p_0 = p_{\text{сер}} - \sigma_{zg0} = 141,10 - 52,14 = 88,96 \text{ кПа}$ – додатковий вертикальний тиск.

Розбиваємо товщу ґрунтів починаючи від підосів фундаменту товщиною $h_i = 0,4 \times b$:

$$h_i = 0,4 \times b = 0,4 \times 16,0 = 6,4 \text{ м} \quad (3.44)$$

Додаткове напруження розраховується за формулою:

$$\sigma_{zp} = \alpha \times p_0 \quad (3.45)$$

$$\sigma_{zp} \leq 0,05 \times \sigma_{zp}$$

Проведемо розрахунки напруження на межах інженерно-геологічних елементів.

На підосві плити:

$$\sigma_{zp} = 1,0 \times 88,96 = 88,96 \text{ кПа}; \quad (3.46)$$

$$\sigma_{zg} = 52,14 \text{ кПа}$$

На межі перших двох ІГЕ:

$$\sigma_{zg} = 52,14 + (1,69 \times 16,8) = 80,53 \text{ кПа}$$

На межі другого та третього ІГЕ:

$$\sigma_{zg} = 80,53 + (3,73 \times 18,4) = 149,16 \text{ кПа}$$

На межі третього та четвертого ІГЕ:

$$\sigma_{zg} = 149,16 + (14,73 \times 19,2) = 239,97 \text{ кПа}$$

Глибоко в товщі глини:

$$\sigma_{zg} = 239,97 + (11,85 \times 17,8) = 450,90 \text{ кПа}$$

Перевірка умови:

$$45,37 \text{ кПа} \leq 0,05 \times 450,90 = 22,54 \text{ кПа} \text{ – умова виконується.}$$

Розрахуємо осадку основи згідно формули:

$$s = \beta \times \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} \times h_i}{E_i} \quad (3.47)$$

- ІГЕ-1:

$$s_1 = 0,8 \times \frac{88,07 \times 1,69}{32000} = 3,7 \text{ мм}$$

- ІГЕ-2:

$$s_2 = 0,8 \times \frac{84,51 \times 3,73}{18000} = 14,0 \text{ мм}$$

- ІГЕ-3:

$$s_3 = 0,8 \times \frac{76,94 \times 4,73}{24000} = 12,1 \text{ мм}$$

- ІГЕ-4:

$$s_4 = 0,8 \times \frac{58,70 \times 12,68}{19000} = 31,3 \text{ мм}$$

Загальне осідання фундаменту:

$$s_{sun} = s_1 + s_2 + s_3 + s_4 = 3,7 + 14,0 + 12,1 + 31,3 = 61,1 \text{ см} \quad (3.48)$$

Відповідно до ДБН В.2.1-10:2018 [14] (Таблиця Г.1) «Основи та фундаменти» для багатоповерхових житлових будівель з монолітно каркасною конструктивною системою та з монолітною фундаментною плитою прийняті граничні допустимі деформації.

Проведемо перевірку:

$$s_{sun} \leq s_u \rightarrow 61,1 \text{ мм} \leq 150 \text{ мм} - \text{умова виконується.}$$

РОЗДІЛ 4. ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

Технологічна карта на влаштування монолітних фундаментів

4.1 Рельєф будівельного майданчика

Згідно з генеральним планом, рельєф будівельного майданчика є відносно спокійним. Через те що абсолютні відмітки не мають великих перепадів поверхні, це забезпечує менший обсяг зрізання чи насипання ґрунту.

4.2 Встановлення умов здійснення будівництва

Будівництво в м. Миргород, де вітрове навантаження – 400 Па проводиться в межах наявної міської інфраструктури. Біля будівельної забудови є діючі багатоповерхові житлові будинки та інженерні споруди такі як: водопровід, електромережа, тепломережа. На будівельному плані розташована ґрунтова дорога товщиною 4 м та передбачена для одностороннього руху шириною 3 м. Транспортні перевезення можна здійснити через міську магістральну вулицю. Враховуючи все, що розташоване на майданчику, роботу баштового крану запроектовано з чітким обмеженням повороту стріли, щоб вантажі не виносились у зону де переміщуються пішоходи, у зону де знаходяться інші споруди і в загальному за межі будівельного майданчику.

Вимощення виконується з залізобетону шириною 1,5 м з ухилом 3%. У склад шарів під вимощенням входить: ущільнений шар піску, товщина якого – 150 мм, 100 мм шару щебеню з бітумним просоченням та 100 мм монолітного бетону класу C12/15, армований металевою сіткою. Від потрапляння вологи захищає ґрунт під вимощенням гідроізоляційна мембрана. Благоустрій об'єкту виконується укладанням рослинного шару ґрунту, насаджуванням декоративної трави, дерев та кущів. Дороги призначенні для проїзду всередині майданчику та пішохідні доріжки мають покриття тротуарної плитки.

4.3 Організація робіт нульового циклу

Комплекс земляних робіт запроектовано виконувати із застосуванням комплексної механізації, у яку входять основні та допоміжні процеси використовуючи комплект машин та механізмів для забезпечення технологічного призначення і своєчасного виконання робіт.

Для розробки котловану прийнято повноповоротний гідравлічний гусеничний екскаватор ЕО-4125, який обладнаний ковшем типу «зворотна лопата» з ємкістю – $1,0 \text{ м}^3$.

4.4 Вибір потрібних механізмів, визначення потреб будівництва в основних ресурсах, робочої сили, енергії, транспортних заходів

Обраними транспортними засобами для земляних робіт є автосамоскид КаМАЗ-55111, у якого 4 одиниці роботи екскаватора без зупинок та підймання вантажу – 13 т.

Для планування майданчика використовується бульдозер ДЗ-42 у якого 100 к.с.

Згідно технологічної карти, запроектовано такі механізми для монтажних та бетонних робіт:

- Автобетонозмішувач марки АБС-4 БО, завдяки якому постійно виробляється бетонна суміш класу С25/30, барабан ємністю 4 м^3 .

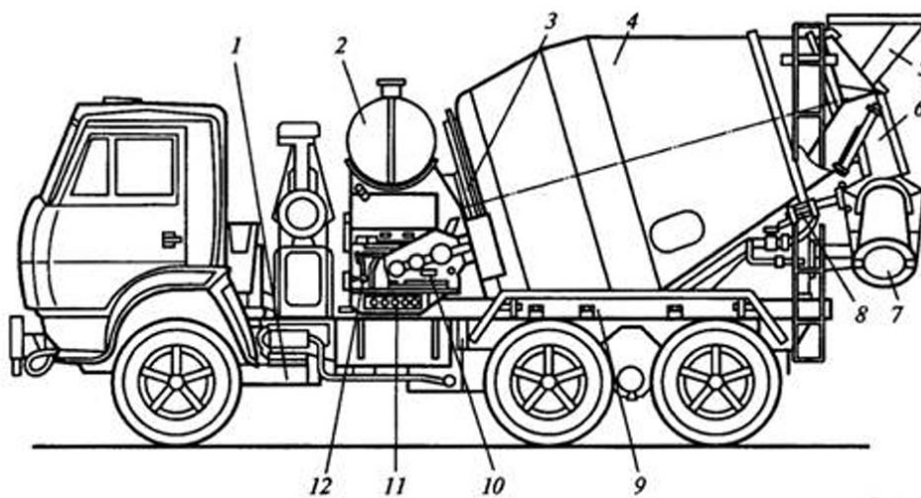


Рис. 4.1 Автобетонозмішувач АБС-4 БО

- Баштовий кран, який працює у радіусі 38 м.
- Автобетононасос марки БН 80-20.

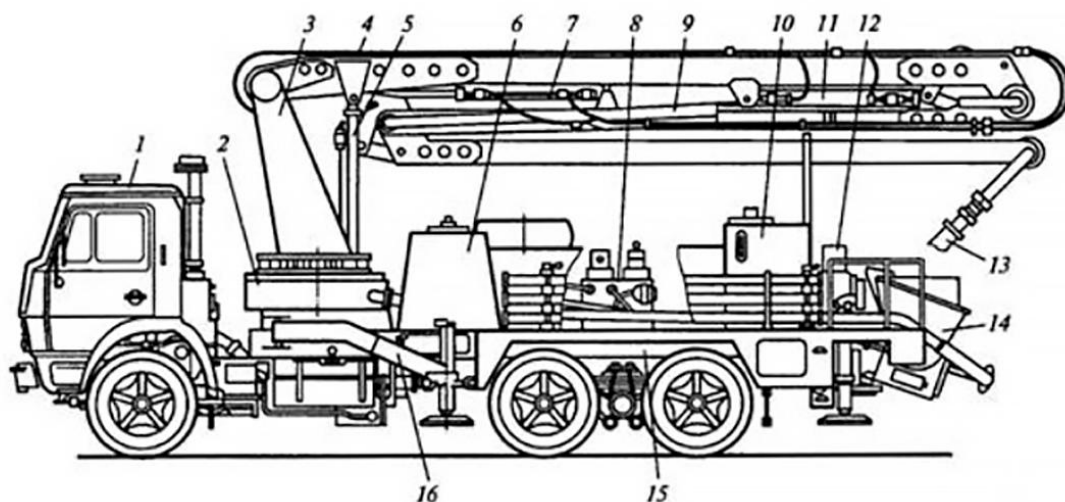


Рис. 4.2 Автобетононасос БН 80-20

Відповідно до графіку руху трудових ресурсів, 50 чол. – максимальне число робітників, коли середнє число складає 37 чоловік.

На території будівельного майданчику розташована комплектна трансформаторна підстанція, яка забезпечує електроенергією будівельні механізми та становить потужність – 65 кВт. М. Миргород забезпечує майданчик водою.

Табл. 4.1 Калькуляція витрат праці та заробітної плати на земляні роботи

Обґрунтування ДСТУ	Найменування робіт і процесів	Од. вим. об'єму робіт	Об'єм робіт, м ³	Норма часу маш.-зміна	Склад ланки по ЕНіР
1	2	3	4	5	9
Е2-1-1	Механізоване планування ділянки	1000 м ³	6,161	0,68	Машиніст 5 р-1
Е2-1-5	Зрізання рослинного шару бульдозером	100м ³	9,30	0,35	Машиніст 5 р-1

E2-1-34	Розробка ґрунту екскаватором	100м ³	120,47	0,28	Машиніст 6р-1
E2-1-60	Зворотня засипка	100м ³	50,30	0,42	Машиніст 5р-1
E2-1-47	Розробка ґрунту вручну	100м ³	2,09	-	Землекоп 3р-1

4.5 Технологія влаштування монолітної залізобетонної плити

Згідно з вимогами ДБН А.3.1-5:2016 [18], щоб розпочати влаштування плити потрібно розробити ґрунт котловану екскаватором ЕО-4125. Також важливим пунктом є те, що потрібно створити під фундамент основу з піску та гравію. Щоб отримати перед монтажем арматури рівну поверхню, потрібно товщиною 100 мм зробити заливку підбетонки. Та останнім штрихом є геодезичне визначення точного положення будівлі яке задокументовується актом.

Баштовий кран установлює опалубки, для створення бічних граней плити.

Армування монолітної плити складається з просторового каркасу, до якого входить арматурна сітка (верхня та нижня). Щоб забезпечити відстань між арматурою та бетоном запроектовано встановлення пластикових фіксаторів – 40-50 мм. Між арматурними сітками встановлено підтримуючі каркаси. Також передбачено монтаж верхньої сітки. Завдяки геодезичним вимірюванням, вертикальні стержні міцно закріплюють, щоб не відбулось зміщення.

Фундаментна залізобетонна монолітна плита виконана з бетону класу С25/30. Бетонування відбувається шарами, які мають одну товщину – 30-40 мм. Глибинні вібратори використовуються для ущільнення, але недопустимо, аби вони доторкались до стержнів виготовлених з арматури. Бетон після укладання потрібно зволожувати водою 7 днів, щоб не утворились тріщини.

4.6 Визначення об'ємів будівельних робіт

Табл. 4.2 Визначення об'ємів будівельних робіт

№	Найменування виконуваних робіт	Одиниця виміру	Об'єм
1	Механізоване планування майданчика	1000 м ²	6,161
2	Зрізання рослинного шару бульдозером	100 м ³	9,30
3	Розробка ґрунту екскаватором	100 м ³	120,47
4	Розробка ґрунту вручну	100 м ³	2,09
5	Влаштування піщано-гравійної підготовки	100 м ³	4,20
6	Влаштування бетонної підготовки	100 м ³	3,80
7	Влаштування монолітної залізобетонної фундаментної плити	м ³	1140,0
8	Зворотна засипка в пазухи котловану	100 м ³	50,30
9	Влаштування монолітної залізобетонної плити перекриття	м ³	145,2
10	Влаштування монолітних залізобетонних колон та пілонів	м ³	54,8
11	Влаштування монолітних стін, ліфтових шахт та ядер жорсткості	м ³	42,1
12	Монтаж та демонтаж опалубки	100 м ²	8,45

	перекриттів і колон		
13	Мурування внутрішніх перегородок та зовнішніх стін	м ³	215,0
14	Улаштування гідроізоляції підземної частини будинку	100 м ²	4.12

4.7 Визначення потреб в головних матеріально-технічних ресурсах

Табл. 4.3 Визначення потреб в головних матеріально-технічних ресурсах

№	Найменування машин та механізмів	Тип і марка	Кількість, шт.
1	Баштовий кран	Стационарний приставний	1
2	Екскаватор одноковшевий	ЕО-4125	1
3	Автобетононасос	БН 80-20	1
4	Автобетонозмішувач	АБС-4 БО	4
5	Бульдозер	ДЗ-42	1
6	Автосамоскид	КаМАЗ-55111	4
7	Віброплита	ДУ-84	2
8	Глибинні вібратори для бетону	ІВ-116А	4
9	Зварювальні трансформатори	ВД-306	3
10	Комплект інвентарної опалубки	Великощитова модульного типу	1 комплект

4.8 Калькуляція трудових витрат

Табл. 4.4 Калькуляція трудових витрат повного нульового циклу

Обґрунтування	Найменування робіт і процесів	Один. вим.	Об'єм робіт	Норма часу роб.	Витрати праці на весь об'єм,	Розцінка	Зарплата на весь об'єм	Склад ланки за розрядами
1	2	3	4	5	6	7	8	9
E2-1-1	Механізоване планування майданчика бульдозером	1000 м ²	6,161	-	4,19	98,60	607,55	Машиніст бульдозера 5р-1
E2-1-5	Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером	100 м ³	9,30	-	30,32	427,73	4396,40	Машиніст бульдозера 5р-1
E2-1-34	Розробка ґрунту екскаватором ЕО-4125 у котловані у відвал	100 м ³	120,47	-	4021,29	5340,80	643406,40	Машиніст екскаватора 6р-1
E2-1-60	Розробка ґрунту вручну	100 м ³	2,09	725,90	1517,13	83,478,47	174470	Землекоп 3р-2, 2р-1
E4-1-1	Влаштування проектної піщано-гравійної підготовки під плиту	100 м ³	4,20	18,50	77,70	2350,00	9870	Дорожні робітники 4р-1, 3р-1
E4-1-8	Влаштування бетонної підготовки	100 м ³	3,80	24,20	91,96	3100,00	11780	Бетонувальники 3р-2, 2р-1

	під фундамент							
E4-1-24	Влаштування інвентарної опалубки бічних граней плити краном	100 м ²	1,85	42,50	78,63	5800,00	10730	Теслярі 4р-1, 3р-1
E4-1-42	Армування плити	т	48,50	14,80	717,80	2100,00	101850	Армувальники 4р-2, 3р-2
E4-1-50	Укладання бетонної суміші автобетононасосом	м ³	1140,00	0,65	741,00	115,00	131100	Бетонувальники 4р-1, 3р-3
E2-1-47	Зворотна засипка ґрунту в пазухи котловану бульдозером	100 м ³	50,30	-	591,03	1527,51	76833,90	Машиніст бульдозера 5р-1
	Усього:	-	-	-	7871,05	-	1165044,25	Комплексна робота

4.9 Технологічний розрахунок

Табл. 4.5 Технологічний розрахунок

№ п/п	Найменування процесу (операції)	Обсяг робіт		Трудові ресурси на весь об'єм робіт, люд-год	Склад бригади		К-ть зм.	К-ть роб. змін
		Од. вим.	Кільк.		Ланка	К-ть		
1	Механізоване планування майданчика бульдозером	м ²	6,161	4,19	Машиніст бульдозера 5р	1	1	1
2	Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером ДЗ-42	м ³	9,30	30,32	Машиніст	1	2	4

					бульдозера 5р			
3	Розробка ґрунту екскаватором ЕО-4125	м ³	120,47	4021,29	Машиніст екскаватора 6р	1	2	34
4	Розробка ґрунту вручну	м ³	2,09	1517,13	Землекоп 3р-2 Землекоп 2р-1	3	1	63
5	Влаштування проектно-піщано-гравійної підготовки	м ³	4,20	77,70	Дорожні робітники 4р-1 Дорожні робітники 3р-1	2	1	5
6	Влаштування бетонної підготовки під плиту	м ³	3,80	91,96	Бетонярі 3р-2 Бетонярі 2р-1	3	1	4
7	Влаштування інвентарної опалубки бічних граней плити	м ²	1,85	78,63	Теслярі 4р-1 Теслярі 3р-1	2	1	5
8	Армування плити	т	48,50	717,80	Арматурники 4р-2 Арматурники 3р-2	4	2	11
9	Укладання бетонної суміші С25/30 автобетононасосом БН 80-20	м ³	1140	741,00	Бетонярі 4р-1 Бетонярі 3р-3	4	3	6
10	Зворотна засипка ґрунту в пазухи котловану бульдозером	м ³	50,30	591,03	Машиніст бульдозера 5р	1	2	5

4.10 Організація і технологія виконання робіт

Укладання бетонної суміші в колони, перекриття та у фундаментну плиту виконує комплексна бригада, яка складається з окремих ланок. У ланку бетонярів входить:

1. Бетонувальник Б1 – головний у бригаді. У його обов'язки входить: керувати процесом бетонування, слідкувати за роботою інших бетонярів, спрямовувати потік суміші в опалубку та відповідає за товщину бетонного шару.
2. Бетонувальники Б2, Б3 – їхня робота зосереджена на роботі з глибинними вібраторами та спостереженням, щоб вібратор не торкався стержнів каркасу.
3. Бетонувальник Б4 – розрівнює поверхню бетону, очищає бетононасос, а також забезпечує пересування працівників по арматурних сітках.

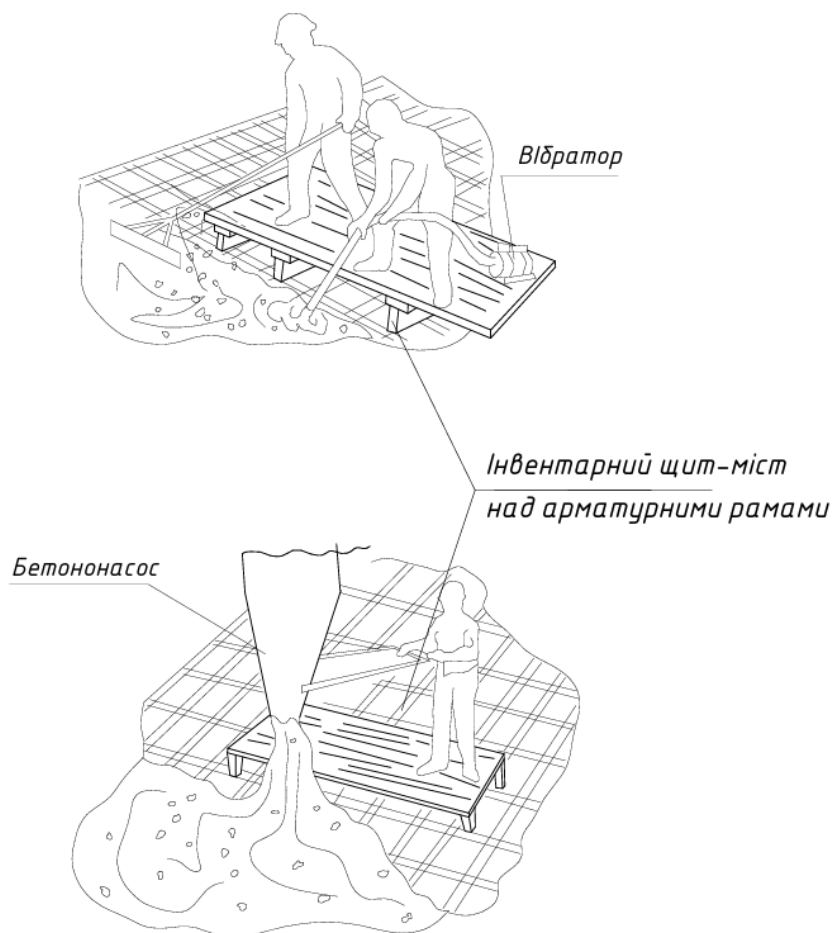


Рис. 4.3 Організація робочого місця при бетонуванні горизонтальних конструкцій

4.11 Устаткування для розподілу та подачі бетонної суміші

Для інтенсифікації укладання бетону, запроєктовано на будівельному майданчику механізм транспортування та подачі.

Чотири автобетонозмішувача здійснюють доставку бетону. Автобетононасос здійснює подачу та підйом суміші. Розподіляє бетон – шланг, але куди кінцевий рукав не дістає, застосовується поворотне баддя.

Без згоди керуючого відкривати баддя заборонено. Від бетонованої поверхні рівень низу бадді не повинен знаходитись вище 1 м. Під час руху бадді, заборонено знаходитись під нею.

4.12 Укладання та ущільнення бетонної суміші

Існують підготовчі, допоміжні та основні операції бетонування.

Основні операції – це сам процес укладання суміші.

Допоміжні операції – це процес очищення.

Підготовчі операції – процес підготовки об'єкту до будівельних процесів.

Укладання бетону проводиться горизонтальними шарами, де проводяться допоміжні операції. Для забезпечення щільності бетону використовують метод вібрування, де наконечник занурюють у суміш з незначним нахилом та тримають його 15 – 30 секунд. Правила поводження з вібратором зазначають, що не можна спирати вібратор на стержні або опалубки.

4.13 Контроль якості і приймання робіт

Згідно з ДБН А.3.1-5:2016 [18] існують такі етапи контролю:

1. Вхідний контроль – на кожну партію бетону С25/30 проходить перевірка сертифікатів та паспортів та однорідність суміші.
2. Операційний контроль – головним бетонувальником ведеться контроль: тривалість вібрування, фіксацію захисного шару.
3. Приймання робіт – виконується оцінка готової конструкції.

4.14 Техніка безпеки при виробництві робіт

Згідно з ДБН А.3.2-2:2009 [19] всі працівники будівельного об'єкту, повинні дотримуватись правил техніки безпеки.

Перед початком роботи, працівники обов'язково повинні перевірити справність всіх механізмів.

При виконанні будівельних робіт, всі працівники зобов'язані бути в спеціальному одязі, взутті, у касках. Також захисні окуляри, рукавиці та гумові чоботи повинні одягати бетонувальники які виконують роботу з вібраторами. Бетононасос переміщувати та очищати можна лише у непрацюючому стані.

Будівельна площадка повинна має освітлення для безпеки на кращої якості роботи працівників. Людям, які не беруть участь у будівельному процесі заборонено знаходитись на території. Забороняється спуск людей в свердловини. Якщо робоче місце зварника не захищене від опадів, йому заборонено працювати.

На території повинен бути відповідальний працівник з наявністю посвідчення.

РОЗДІЛ 5. ОРГАНІЗАЦІЯ БУДІВНИЦТВА

5.1 Характеристика об'ємно-планувальних і конструктивних рішень об'єкта

Запроектована будівля в місті Миргород має 16 поверхів, з Г-подібним планом відповідає таким розмірам 50700 x 13800 x 27300 x 13800 мм.

Присутній підвальний поверх, де розміщені інженерні вузли. Позначка підлоги підвалу – 4,350 м, де $\pm 0,00$ – чиста підлога першого поверху.

Глибина закладання монолітної фундаментної плити – 4,510 м.

Стіни виконані з газоблоків, товщина яких – 250 мм. Міжквартирні та міжкімнатні перегородки запроектовані з цегли, товщиною 100 мм.

Зовнішнє утеплення будівлі – мінеральна вата, товщина якої – 150 мм.

Фасад виконаний з декоративної цегли та штукатурки з фарбуванням фарбою.

По периметру запроектовано відмостку, зовнішня ширина виступу – 400 мм.

Електроенергією забезпечує проектована комплектна трансформаторна підстанція, яка розташована на території будівництва.

Водопостачання здійснюється з міської централізованої мережі водопроводу міста. Для технологічних потреб виведений тимчасовий водопровід на майданчик від колодязя.

Каналізація та водовідведення виконується у міську центральну каналізаційну мережу.

Доставка конструкцій і матеріалів здійснюється автобетонозмішувачами. Дрібні матеріали доставляються бортовими напівпричепами та вантажними автомобілями. На майданчику транспортування здійснюється баштовим краном.

Згідно з календарним планом, потрібно своєчасно транспортувати конструкції і матеріали, забезпечувати робітників необхідними обладнаннями, щоб робота виконана була в поставлені терміни.

5.2 Калькуляція трудових витрат

Табл. 5.1 Калькуляція трудових витрат

№ процесу	Найменування процесу	Параграф за ЕниР	Одиниця виміру	Об'єми робіт	На одиницю виміру		На весь об'єм		Склад ланки	
					Норма часу, люд.год	Норма часу, маш.год	Норма часу, люд.год	Норма часу, маш.год	Професія, розряд	Кількість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Механізоване планування майданчика бульдозером	E2-1-1	1000 м ²	6,161	-	0,68	4,19	4,19	Машиніст 5р	1
2	Зрізання рослинного шару ґрунту бульдозером ДЗ-42	E2-1-5	100 м ³	9,30	-	3,26	30,32	30,32	Машиніст 5р	1
3	Розробка ґрунту екскаватором ЕО-4125 у котловані	E2-1-34	100 м ³	120,47	-	33,38	4021,29	401,29	Машиніст 6р	1
4	Розробка ґрунту вручну	E2-1-60	100 м ³	2,09	725,90	-	1517,13	-	Землекоп 3р 2р	21
5	Влаштування піщано-гравійної підготовки під плити	E4-1-1	100 м ³	4,20	18,50	2,40	77,70	10,08	Дорожні робітн. 4р 3р	11
6	Влаштування бетонної підготовки	E4-1-8	100 м ³	3,80	24,20	1,80	91,96	6,84	Бетонувальник 3р 2р	21
7	Монтаж інвентарної опалубки бічних граней плити	E4-1-24	100 м ²	1,85	42,50	0,80	78,63	1,48	Теслярі 4р 3р	11

8	Армування плити на відм. -4,510	E4-1-42	т	48,50	14,80	-	717,80	-	Арматурніки 4р 3р	22
9	Укладання бетону С25/30 автобетононасосом БН 80-20	E4-1-50	м ³	1140,00	0,65	0,12	741,00	136,80	Бетоннувальник 4р 3р	13
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Монтаж опалубки колон та пілонів типового поверху	H4-1-25	100 м ²	4,15	56,40	1,10	234,06	4,57	Теслярі 4р 3р	12
11	Армування колон та пілонів вертикальними каркасами	E4-1-43	т	18,40	19,20	0,40	353,28	7,36	Арматурніки 5р 4р	12
12	Укладання бетону у колони та пілони	E4-1-52	м ³	54,80	1,85	0,22	101,38	12,06	Бетоннувальник 4р 3р	12
13	Монтаж опалубки стін ліфтових шахт	E4-1-26	100 м ²	3,20	62,10	1,40	198,72	4,48	Теслярі 4р 3р	21
14	Армування монолітних стін ліфтових шахт	E4-1-44	т	9,60	17,50	-	168,00	-	Арматурніки 4р 3р	21
15	Укладання бетону в стіни ліфтових шахт	E4-1-53	м ³	42,10	1,42	0,18	59,78	7,58	Бетонувальники 4р 3р	12
16	Монтаж об'ємно-переставної опалубки плит перекриття	E4-1-28	100 м ²	8,45	48,20	0,95	407,29	8,03	Теслярі 4р 3р	22
17	Армування плити перекриття	E4-1-46	т	14,20	12,60	0,35	178,92	4,97	Арматурніки 4р 3р	22

	типового поверху									
1 8	Укладання бетону в плиту перекриття	E4-1- 54	м ³	145, 20	0,68	0,14	98,7 4	20,3 3	Бетонува льники 4р 3р	1 3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1 9	Мурування зовнішніх самонесучих стін з газоблоків	E3-11	м ³	215, 00	1,65	-	354, 75	-	Мулярі 4р 3р	1 1
2 0	Мурування внутрішніх перегородок	E3-15	100 м ²	4,12	68,4 0	-	281, 81	-	Мулярі 4р 3р	1 1
2 1	Монтаж фасадного утеплення	E22- 18	100 м ²	12,4 0	44,1 0	-	546, 84	-	Фасадник и 4р 2р	2 1
2 2	Влаштування пароізоляції та теплоізоляції покрівлі	E20-1-2	100 м ²	6,50	18,2 0	-	118, 30	-	Покрівел ьники 3р	2
2 3	Влаштування багатошаровог о рулонного килима даху	E20-1-7	100 м ²	6,50	34,6 0	0,50	224, 90	3,25	Покрівел ьники 4р 3 р	1 2
Разом							42058, 93	5946,4 8	Комплексна бригада	

Визначимо нормативну тривалість будівництва об'єкта. Для багатоповерхової каркасно-монолітної житлової будівлі, враховуючи загальну площу, тривалість будівництва – 14,7 місяців.

$$T = 14,7 \text{ місяців} = 448 \text{ днів.}$$

$$T = 30,41 \times 14,7 = 447 \text{ люд. –місяців} \quad (5.1)$$

Середня кількість людей необхідних для будівництва, розрахуємо за формулою:

$$P_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{T} = \frac{13622}{448} = 30,41 \text{ чол.} \quad (5.2)$$

Приймаємо 30 чоловік.

5.3 Техніко-економічні показники

Табл.5.2 Техніко-економічні показники

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Нормативні	Прийняті
1	Тривалість будівництва	місяців	15	14,7
2	Загальна трудоемкість робіт	Люд.-год	51200	42058,93
3	Питома трудоемкість	Люд.-год/м ³	15,2	12,1
4	Загальні витрати машинного часу	Маш.-год	6800	5946,48
5	Середня чисельність робітників	Чол.	-	30
6	Максимальна чисельність робітників	Чол.	-	32
7	Коефіцієнт нерівномірності руху робочої сили	-	1,5-1,8	1,45
8	Рівень механізації будівельно-монтажних робіт	%	85	92,5
9	Питома вартість	грн./м ²	11500	9820

5.4 Заходи з техніки безпеки та охорони праці

1. Згідно з ДБН А.3.2-2009 [19] «Охорона праці і промислова безпека в будівництві» виконання робіт повинно відповідати вимогам і правилам у зазначеному документі.
2. Швидкість повороту стріли крану в бік межі робочої зони повинна бути обмежена до мінімальної.

3. Застосування запобіжних заходів або страхування пристроїв потрібне для переміщення вантажів на ділянках, які розташовані на відстані > 5 м.
4. Відповідно до об'ємно планувальних рішень, потрібно використовувати захисні пристрої, щоб не відбулось падіння працюючих з висоти.
5. Всі робітники, які беруть участь в будівельному процесі, мають бути оснащені засобами індивідуального захисту.
6. Обов'язково потрібно встановлювати попереджувачі знаки перед зонами, де небезпечно пересуватись.
7. Стріла крану не повинна виходити за межі будівельного майданчику та ні в якому разі не може заходити у зону побутових приміщень.
8. Електромережі та інженерні системи, у зоні де ведуться монтажні роботи, повинні бути відключеними.
9. Згідно з ДБН В.1.1-7:2016 [22], потрібно дотримуватись правил пожежної безпеки.
10. Підняті обладнання та конструкції заборонено залишати під час перерв у роботі.
11. Стороннім особам категорично забороняється перебування на будівельному майданчику, де ведуться активні роботи.
12. Згідно з ДБН А.3.2.2-2009 [19], треба чітко отримуватись правил техніки безпеки бетонних робіт.

5.5 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

За збереження здоров'я та життя людей під час виконання робіт на об'єкті відповідає охорона праці.

На окремих об'єктах існують окремі методи оцінок рівня ризику та безпеки, це має бути науково обгрунтовано.

Метою охорони праці є мінімальний рівень захворюваності працівників, де буде максимальний рівень продуктивності та комфортне перебування та території.

Табл. 5.3 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

№ п/п	Небезпечні і шкідливі виробничі фактори	Джерело (види робіт)	Кількісна оцінка	Норматив
1	2	3	4	5
1	Розміщення робочих місць на значній висоті відносно поверхні землі	Монтаж та демонтаж опалубки, в'язання арматурних сіток ярусів	Висота робочої зони: від 5.15 м до 52.0 м	ДБН А.3.2- 2:2009
2	Падіння матеріалів, інструментів, конструкцій та щитів опалубки	Переміщення довгомірної арматури А500С, піддонів із цеглою та великощитової опалубки баштовим краном	Зона потенційного падіння вантажів: до 10 – 15 м	ДБН А.3.2- 2:2009 ДСТУ EN 397
3	Підвищений рівень шуму на робочих місцях	Робота дизельних двигунів автобетононасоса БН 80-20, екскаватора ЕО-4125, рух автобетонозмішувачі, в АБС-4 БО, робота циркулярних пил теслярів	Рівень звукового тиску в зоні: 85-96 дБА.	ДСН 3.3.6.037- 99

4	Підвищений рівень локальної та загальної вібрації	Ущільнення бетону глибинними вібраторами ІВ-116А	Рівень вібрації на рукоятках інструменту: до 112 – 115 дБ	ДСН 3.3.6.039-99
5	Небезпечна напруга в електричному ланцюзі	Живлення прожекторних щогл, зварювальних апаратів ВД-306	Робоча напруга силових мереж: 220 В 380 В	ДСТУ EN 60204-1
6	Рухомі машини, механізми, автотранспорт та їхні робочі органи	Маневрування бульдозера ДЗ-42, екскаватора, під'їзд самоскидів КамАЗ та АБС	Швидкість руху техніки: до 10 км/год Радіус дії стріли насоса: до 20 м	ДБН А.3.2-2:2009
7	Недостатня освітленість робочої зони при тризмінній роботі	Безперервне бетонування масивної фундаментної плити	Рівень осідання світлового потоку на робочих місцях	ДБН В.2.5-28:2018
8	Обрушення ґрунту	Роботи всередині котловану	Висота вертикального або похилого укусу котловану: 4,0 м	ДБН А.3.2-2:2009
9	Пожежо- та вибухонебезпека на території майданчика	Виконання електрозварювальних робіт, збереження балонів газами	Наявність горючих матеріалів	НАПБ А.01.001-2014

5.6 Пожежна безпека об'єкта будівництва

Пожежна безпека – стан захищеності об'єкта, при якому запобігається виникнення пожежі, а в разі що вона відбулась, прийняття запобіжних заходів, для її усунення.

Наказом керівника встановлюється правила поведінки на будівельному майданчику, яких треба дотримуватись, щоб не спричинити пожежу. Головний інженер визначає протипожежний режим, де: паління дозволяється у визначеному для цього місці, зварювання арматури проводиться у чіткому порядку, визначений чіткий порядок заструмлення електрообладнання, в кінці зміни перевірка побутових вагончиків.

До організаційної діяльності належать: на кожній ділянці повинна бути відповідальна особа, мають бути проведені вступні, первинні, повторні, цільові інструктажі для всіх робітників, повинно бути задокументовано затвердження інструкцій про заходи пожежної безпеки, нагляд за станом об'єкту, постійна перевірка на термін придатності та стан приладів, які використовуються у будівельному процесі.

До технічних заходів входить: дотримання протипожежних розривів, використання негорючих матеріалів, обслуговування вентиляційних систем, вставлення автоматичної системи сигналізації, не використовувати обладнання, які не відповідають вимогам пожежної безпеки, облаштування об'єкту первинними засобами гасіння пожежі, обладнання блискавкозахисту, монтаж пожежного стояка на поверхах на тимчасовий період.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Навантаження і впливи: норми проектування: ДБН В.1.2-2:2006. – [Чинний з 2007-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2006. – 68 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги: ДБН В.1.1-7:2016. - [Чинний з 2017-01-06]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2016. – (Державні будівельні норми).
3. Будинки і споруди. Настанова з розрахунку інсоляції об'єктів цивільного призначення: ДСТУ-Н Б В.2.2-27:2010. - [Чинний з 2011-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 32 с. – (Державні стандарти України).
4. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови : ДСТУ 3760:2019. - [Чинний з 2019-08-01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – (Державний стандарт України).
5. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6-31:2021. - [Чинний від 2022-09-01]. – К. : Мінрегіон України, 2022. – 23 с.
6. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. - [Чинний з 2011-11-01]. – К. : Мінрегіон України, 2011. – 101 с. – (Державні стандарти України).
7. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення: ДБН В.2.2-15-2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2019. – 44 с. – (Державні будівельні норми України).
8. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення : ДБН В.2.6-98:2009. – [Чинний з 2011-07-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2011. – 71 с. – (Державні будівельні норми).

9. Прогини і переміщення. Вимоги проектування : ДСТУ Б В.1.2-3:2006. – [Чинний з 2007-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2007. – 12 с. – (Державні стандарти України).
10. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6-156:2010 – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).
11. Павліков А.М. Залізобетонні конструкції : практичні методи розрахунків та конструювання : навч. Посіб. / А.М. Павліков, Д.В. Кочкарьов; [за ред. д.т.н., проф. Павлікова А.М.] ; ПолтНТУ. – Полтава, ТОВ «АСМІ», 2019. – 238 с.
12. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ : ДБН В.1.2-14:2018. – [Чинний від 2019-01-01]. – К. : УкрНДІпроектстальконструкція, 2018. – 60 с. – (Державні будівельні норми України).
13. Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Визначення щільності ґрунтів методом заміщення об'єму : ДСТУ Б В.2.1-21:2009 – [Чинний від 2012-04-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2012. – 18 с. – (Державні стандарти України).
14. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення : ДБН В.2.1-10:2018 : - [Введені в дію з 2019-01-01]. – К. : Мінрегіон України, 2018. – 36 с. – (Державні будівельні норми України).
15. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Основи і фундаменти» підготовки фахівців ОС «Бакалавр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» /укл : О.В. П'ятков, Є.А. Бакулін. – К. : НУБіП України, 2023. – 85 с.

16. Бакулін Є. А. Інженерний захист та підготовка територій : навч. посіб.; за ред. канд. техн. наук Бакуліна Є.А. / Є.А. Бакулін, І.А. Яковенко, В.М. Бакуліна. – К. : НУБіП України, 2020. – 212 с.
17. Шутенко Л.М. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти : підручник / Л. М. Шутенко, О.Г. Рудь, О. В. Кічаєва та ін. ; за ред. Л. М. Шутенка. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 563 с.
18. Організація будівельного виробництва: ДБН А.3.1-5:2016. – [Введені в дію з 2017-01-01]. – К. : Держбуд України, 2016. – 11 с. – (Державні будівельні норми України).
19. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : ДБН А.3.2-2-2009. – [Чинний від 2012-04-01]. К : Мінрегіонбуд України, 2009. – 77 с. – (Державні будівельні норми України).
20. Дудар, І. Н. Технологія будівельного виробництва (курсове та дипломне проектування) : навчальний посібник / І.Н. Дудар, О.М. Лівінський, Т.В. Прилипко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 75 с.
21. Інженерний захист території, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-46:2017. – [Чинний від 2017-11-01]. К : Мінрегіонбуд, 2017. – 47 с. – (Державні будівельні норми України).
22. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги : ДБН В.1.1-7:2016. – [Чинний з 2017-01-06]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2016. – (Державні будівельні норми).
23. Правила визначення вартості будівництва : ДСТУ Б.Д.1.1-1:2013. – [Чинний з 2014-01-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 88 с. – (Національний стандарт України).
24. Основні вимоги до будівель та споруд. Захист від шуму : ДБН В.1.2-10-2008. – [Введені в дію з 2008-10-01]. – К. : Держбуд України, 2008. – 11 с. – (Державні будівельні норми України).

25. Системи протипожежного захисту : ДБН В.25-56:2014. – [Введені в дію з 2015-07-01]. – К. : Держбуд України, 2014. – 127 с. – (Державні будівельні норми України).