

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Факультет конструювання та дизайну

УДК 72.012:728.22(477.86)

«ПОГОДЖЕНО»

Декан факультету  
конструювання та дизайну  
(назва факультету)

\_\_\_\_\_ Ружи́ло З.В.  
(підпис) (ПІБ)

— ” травня 2025 р.

«ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри будівництва  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_ Яковенко І.А.  
(підпис) (ПІБ)

— ” травня 2025 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Проектування багатоповерхової житлової будівлі із застосуванням підпірних стін у м. Івано-Франківськ»

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

Освітня програма \_\_\_\_\_ «Будівництво та цивільна інженерія»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми \_\_\_\_\_ освітньо-наукова  
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

\_\_\_\_\_ Докт. техн. наук, с.н.с. \_\_\_\_\_ Мар'єнков Микола Григорович  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ д.т.н., професор \_\_\_\_\_ Яковенко Ігор Анатолійович  
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав

\_\_\_\_\_ Лященко Олександр Володимирович  
(підпис) (ПІБ студентки)

КИЇВ – 2025



Розробити ефективні та безпечні фундаментні рішення, що забезпечать тривалу та надійну експлуатацію будівель в умовах міста Івано-Франківська.

Визначити оптимальний варіант використання забивних паль шляхом проведення чисельно-аналітичного моделювання конструкцій фундаменту.

Невести заходи щодо охорони праці при використанні обраних конструкцій фундаменту

**Перелік питань, що підлягають дослідженню:**

1. Розвиток self та soft skills у майбутніх фахівців будівельної галузі
2. Використання технології цифрових двійників у будівництві та цивільній інженерії
3. Навести варіантне проектування та розробити скінченно-елементні моделі пальових фундаментів житлової будівлі
4. Розробити архітектурну частину до МКР
5. Виконати розрахунок та конструювання монолітної залізобетонної плити перекриття, монолітного залізобетонного пілону, пальового фундаменту
6. Розробити будівельний генеральний план, календарний план-графік виконання будівельно-монтажних робіт
7. Розробити технологічну карту на влаштування пальових фундаментів
8. Навести основні заходи щодо забезпечення та дотримання вимог щодо охорони праці на будівельному майданчику

Перелік графічного матеріалу (за потреби) \_\_\_\_\_

1. Архітектурний розділ: головний та боковий фасади, повздовжній та поперечний розрізи, плани відповідних поверхів
2. Розрахунково-конструктивний розділ: розрахунок та конструювання монолітної плити перекриття, монолітних залізобетонних пілонів, підбір раціонального типу пальових фундаментів

3. Будівельний генеральний план, технологічна карта на влаштування  
пальових фундаментів, календарний графік виконання робіт, графік руху  
машин та механізмів\_\_\_\_\_

Дата видачі завдання — \_\_\_\_\_” грудня 2023 р.

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри будівництва НУБіП України \_\_\_\_\_Ігор ЯКОВЕНКО

**Завдання прийняла до виконання**

студент 2 курсу магістратури БЦІ 2307Мд  
денної форми навчання \_\_\_\_\_Олександр ЛЯЩЕНКО

## Зміст

ВСТУП.....	
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.....	
1.1. Розвиток self та soft skills у майбутніх фахівців будівельної галузі.....	
1.2. Використання технології цифрових двійників у будівництві та цивільній інженерії.....	
2. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ.....	
2.1. Загальні відомості .....	
2.2. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення житлової будівлі.....	
2.3. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій.....	
2.4. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки.....	
3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ.....	
3.1. Збір навантажень на монолітну залізобетонну плиту перекриття.....	
3.2. Розрахунок плити залізобетонної перекриття у ПК «САПФІР».....	
3.3. Аналітичний розрахунок плити перекриття за нормами.....	
3.4. Розрахунок і конструювання залізобетонних пілонів.....	
4. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ.....	
4.1. Фізико-географічні умови ділянки забудови.....	
4.2. Інженерно-геологічні умови.....	
4.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів ділянки забудови.....	
4.4. Розрахунок фундаменту під стіну.....	
4.5. Розрахунок пальового фундаменту із буроін'єкційних паль.....	
5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	
5.1. Загальна характеристика наукового дослідження.....	
5.2. Сучасний стан проблеми обраного дослідження.....	
5.3. Результати аналізу взаємодії житлової будівлі з ґрунтовою основою.	
5.3.1. Основні результати моделювання за першим варіантом.....	
5.3.2. Основні результати моделювання за другим варіантом.....	
5.3.2. Основні результати моделювання за третім варіантом.....	
5.4. Аналіз отриманих результатів чисельного моделювання .....	

6. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	
6.1. Загальні відомості щодо улаштування буронабивних пальь.....	
6.2. Етапи виконання робіт .....	
7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
7.1. Оцінка ризиків та аналіз шкідливих факторів на виробництві.....	
7.2. Загальні вимоги щодо забезпечення охорони праці під час виконання земляних робіт.....	
7.3. Безпека робіт при експлуатації будівельних машин і механізмів.....	
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

## ВСТУП

За останні роки залізобетон став основним будівельним матеріалом для житлових будинків, громадських будівель та сільськогосподарських об'єктів [1].

Одним із важливих факторів забезпечення надійної експлуатації відповідальних залізобетонних конструкцій будівель та споруд [34] у промисловості, сільському господарстві, транспорті та у інших сферах економіки є забезпечення тріщиностійкості та довговічності несучих конструкцій [1, 37].

Для визначення напружено-деформованого стану у залізобетонних конструкціях використовуються, як правило, чисельні методи моделювання та прогнозування їхньої подальшої роботи [39, 40], які базуються на методі скінченних елементів із застосуванням програмних комплексів (таких, як «Ліра-САПР» [24], «Ansys», «SCAD» і т.п.), але врахування різного виду тріщин і нелінійних властивостей бетону різко ускладнює вирішення такої проблеми [13].

Проведені дослідження за статистичними даними показують, що світовий обсяг виготовлення бетону на початок 2000-х років становив 3 млрд. куб. м на рік; 4,4 млрд. куб. м на рік у 2021 р. та за прогнозами вчених буде приблизно становити до 2050 р. 5,5 млрд. куб. м на рік [13].

Період експлуатації залізобетонних конструкцій становить понад 100 років [34], але наявність тріщин у відповідальних конструкціях значно зменшує цей термін і ставить нагальну потребу у розробці більш ефективних та раціональних типів конструкцій [13]. Виникає ціла плеяда питань щодо подальшої експлуатації пошкоджених залізобетонних конструкцій: чи можна їх посилити, яким методом; із застосуванням яких матеріалів; із повним або частковим розвантаженням тощо [33, 34].

Потужні міжнародні компанії Autodesk Inc., Nemetschek Allplan Systems GmbH, ANSYS Inc., The MacNeal-Schwendler Corporation (MSC), SolidWorks, Robot та ін. із розробки сучасних систем автоматизованого

проектування; СЕР-FIP міжнародний комітет із бетону та залізобетону, а також вітчизняні провідні науково-дослідні та проектні інститути ДП «НДІБК» [13], ДП «НДІБВ» із розробки нормативних документів; промислово-будівельна група «Ковальська», ТОВ «Ліра-САПР» [24], Scad Group, Мінрегіонбуд України [14, 18 та ін.] та підпорядковані йому галузеві проектні НДІ, тощо – вкладають значні кошти у наукові дослідження щодо підвищення тріщиностійкості відповідальних залізобетонних конструкцій будівель та споруд, що зумовлене високим рівнем конкуренції.

Забезпечення безперебійного та ефективного функціонування будівельного виробництва необхідно чітко та науково обґрунтовано організувати його на початковій стадії [25]. Організаційні форми будівельного виробництва залежать від способів виконання будівельно-монтажних робіт (БМР), які в Україні розподіляють на підрядний і господарський. Підрядний спосіб передбачає виконання БМР підрядними будівельно-монтажними організаціями на підставі договорів, укладених із замовниками, що можуть бути міністерствами, відомствами, підприємствами тощо.

У підрядних договорах визначаються права та обов'язки обох сторін з виконання БМР та забезпечення будівництва ресурсами. Замовник забезпечує об'єкти, що будуються, проектно-кошторисною документацією, обладнанням та спеціальними матеріалами.

Замовник вирішує питання, пов'язані з енергетичними ресурсами, кадрами експлуатаційного персоналу, а також надає земельну ділянку під забудову, веде проектно-пошукові роботи і фінансує будівництво. Зазвичай, замовник укладає договір із загальнобудівельною організацією, яка виступає в ролі генерального підрядника.

Генпідрядна організація самостійно виконує частину будівельно-монтажних робіт і укладає договори з субпідрядниками спеціалізованих організацій для виконання спеціальних робіт. Вона координує та організовує

роботу субпідрядників, несучи відповідальність за якість і своєчасність введення об'єкта в експлуатацію.

Субпідрядні організації виконують окремі види спеціалізованих робіт або будують спеціальні будівлі і споруди, відповідаючи за якість і своєчасність виконання цих завдань.

Господарський спосіб передбачає, що замовники виконують будівельно-монтажні роботи власними силами, створюючи для цього спеціальні будівельні підрозділи. Замовники також виконують усі функції забудови, аналогічно до підрядного способу [33].

До 88% всіх будівельно-монтажних робіт в Україні виконується підрядним способом, оскільки цей метод має численні переваги порівняно з господарським, зокрема, за рахунок спеціалізації, кооперації та індустріалізації будівельного виробництва, що дозволяє зменшувати терміни, знижувати вартість і підвищувати якість будівництва об'єктів.

# 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1. Розвиток self та soft skills у майбутніх фахівців будівельної галузі

Розробка освітньо-професійних та освітньо-наукових програм із урахуванням сучасних напрямів наукових досліджень вимагає якісної підготовки майбутнього фахівця, який володів би не лише фаховими (спеціальними) навичками та програмними результатами навчання, а мав би у своєму «багажі знань» такі компетенції, які б дозволяли йому вільно та зі впевненістю реалізовувати будь-які цікаві та неординарні проєкти, вміти зі наполегливістю вирішувати неординарні технічні задачі тощо.

Саме тому, автори зробили перший крок у реалізації та систематизації таких компонентів, які дозволяють вирішувати існуючі прогалини та нагальні проблеми підготовки затребуваних фахівців галузі будівництва. Які додаткові компетенції потрібні майбутнім інженерам-будівельникам і до чого їх потрібно готувати?

Розглядаються **навички особистості** (self skills) (рис. 1.1). До них відносяться [2]:

1) **Вміння контролювати психічний стан.** Нові технологічні рішення і нові соціальні практики формують нову реальність у житті. Ми живемо у часи невизначеності, де психіка людини не завжди справляється із поставленими задачами. Постійні стреси, невизначеність постійно діють на емоційний стан людини, рис. 1.1, *а*.

2) **Усвідомленість** – навичка майбутнього фахівця аналізувати. Сьогодні важливою складовою навчання є розуміння пошуку необхідної інформації, вміння її аналізувати та застосовувати, рис. 1.1, *б*.

3) **Здатність постійно навчатися** (ідея безперервної освіти). У майбутньому не буде, мабуть, такого чіткого поняття як «професія», а

залишиться «спеціальність», яку потрібно змінювати або удосконалювати кожне десятиріччя, рис. 1.1, в.

4) **Когнітивна гнучкість** – готовність інженера до невизначеності, вміння організувати процеси щодо швидкого та правильного пошуку рішення поставленої задачі, рис. 1.1, г.

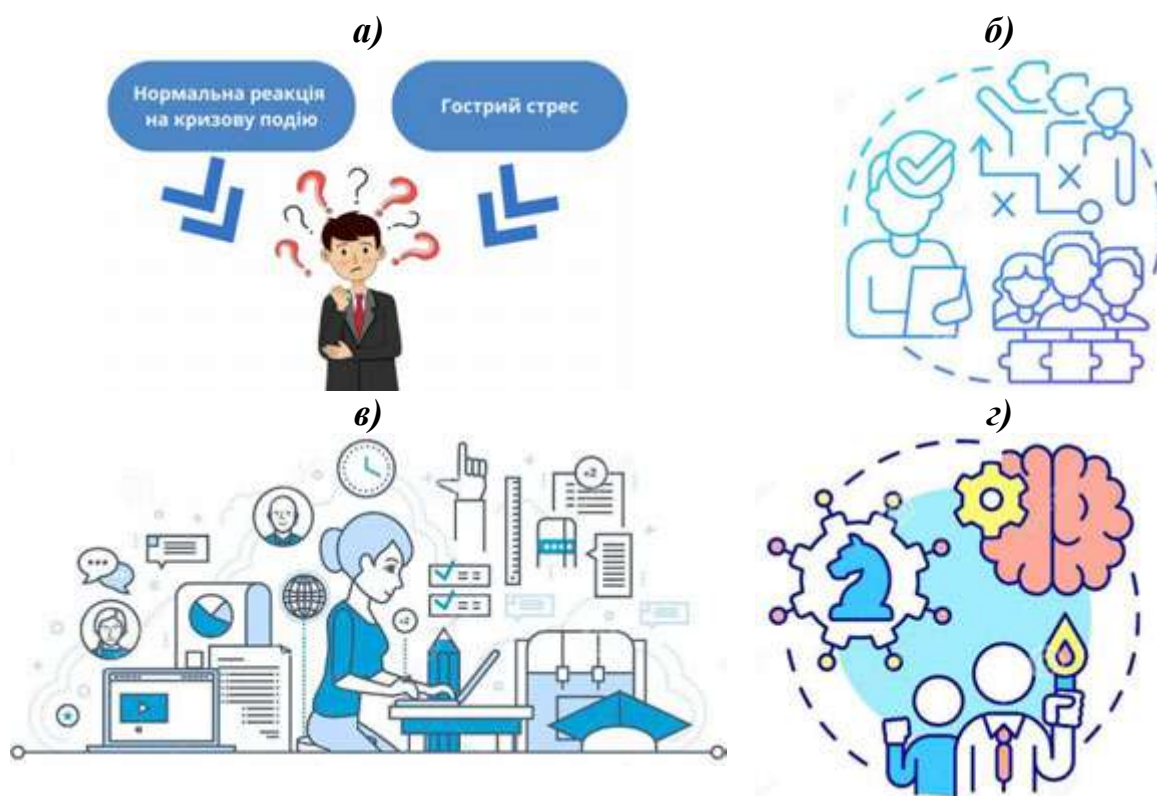


Рис. 1. Класифікація компетентностей саморозвитку (*self skills*):

а) – контроль психічного стану; б) – усвідомленість;

в) – здатність постійно навчатися; г) – когнітивна гнучкість

Гнучкі якості (*soft skills*), що є необхідними кожному фахівцю під час виконання професійних обов'язків можна класифікувати за наступними категоріями [2]:

1) **Творче мислення** – різноманітні знання та мислення. Не є зрозумілим на теперішній час, скільки часу буде потрібно штучному інтелекту на творчість. Ні одна людина не може знати стільки інформації, скільки знає штучний інтелект. Але з потоку інформації необхідно вміти робити висновки, – тут необхідна креативність. Креатині спеціалісти завжди були і будуть у попиті на ринку праці, рис. 1.2, а.

2) **Емоційна грамотність** – розуміння яким чином повести за собою колектив. Адекватність, здатність і розуміння колег; вміння контролювати власні емоції; вміння здійснювати вплив; вміння ефективно реагувати на поставлені завдання; вміння ефективно реагувати на виклики інформаційного простору, правильно пояснювати свої потреби; вміння проводити перемовини; вміння презентувати себе; психологія пам'яті, уваги та масового впливу рис. 1.2, б.



Рис. 1.2. Класифікація гнучких компетентностей (*soft skills*) [2]:

- а) – творче мислення; б) – емоційна грамотність;
- в) – вміння працювати у команді; г) – вміння контролювати увагу;
- д) – критичне мислення; е) – цифрова грамотність

Якщо у людині відсутня картина світогляду, базової освіти, – вона не зможе проаналізувати факти, і не буде знати, що робити з тією інформацією.

3) **Вміння працювати в команді** – хтось має подавати ідею, але її потрібно вміти реалізовувати; вміння підбирати команду, – об'єднання фахівців, які мають схожі компетентності; вміння правильно організовувати процес, середовище, де фахівці зможуть ефективно працювати, – корпоративна культура, рис. 1.2, в.

4) **Вміння контролювати увагу** – вміння зосереджувати увагу на якомусь питанні, не відволікаючись на інше. Фахівець, здатний зосередитися на будь-якому питанні, зможе у ньому розібратися, рис. 1.2, г.

5) **Критичне мислення**, – здатність усе критикувати та аналізувати. Здатність обробляти значні обсяги інформації. Критичне мислення у майбутньому дозволить переосмислювати не лише фізичні явища науки, але й психічні явища. Стрімкий розвиток штучного інтелекту буде спонукати фахівця мислити по-іншому, із зовсім розширеним обсягом інформації.

б) **Цифрова грамотність**, – розуміння нових інструментів рішення практичних задач, компетентності у реалізації нових технологічних рішень. Інженер, який не засвоїв сучасні технології вже дуже сильно відстає від колег. Ті програмні комплекси, які використовуються у роботі мають досить значні можливості, але на практиці вони реалізуються лише на 10–15%. Це пов'язано із браком часу, фахівець не встигає повністю засвоїти можливості програмного забезпечення. Інтелекту однієї людини не вистачає.

Також є вельми актуальною задача *розподіленого інтелекту*. Яким чином зробити так, щоб фахівці почали співпрацювати між собою? Як об'єднати здібності, знання, досвід, навички та унікальні здібності різних спеціалістів? Яким чином об'єднати їх разом? Як вони виконають проєкт? Усі ці питання відносяться до **соціальних технологій**. Отже, попереду основних завдань науково-педагогічних працівників є надання кваліфікованої допомоги майбутнім фахівцям будівельної галузі у розвитку та застосування наведених *self* та *soft skills* на усіх рівнях вищої освіти [2].

## 1.2. Використання технології цифрових двійників у будівництві та цивільній інженерії

Технологія цифрових близнюків (*Digital Twins Models*), яка характеризується віртуальними копіями фізичних об'єктів, постійно оновлюються у режимі реального часу і є вельми актуальними напрямком сучасних технологічних досягнень [1]. Ключовою особливістю, яка відрізняє цифрового двійника від симуляції чи простої віртуальної копії, є його постійний зв'язок даних. Цей зв'язок між фізичним об'єктом і його цифровим аналогом забезпечує динамічний моніторинг [3], дозволяючи відстежувати в режимі реального часу стан і продуктивність об'єкта. Ця можливість не тільки підвищує ефективність роботи, але й прокладає шлях для дослідження різних сценаріїв життєвого циклу, суттєво сприяючи розвитку метавсесвіту [3].

Будівельний цифровий двійник, який моделює одну будівлю, групу будівель, шосе, міст чи ціле місто, пропонує комплексне віртуальне представлення проєкту. Ці цифрові близнюки, які зазвичай візуалізуються за допомогою складного 3D-моделювання або рішень доповненої та віртуальної реальності [3], дозволяють зацікавленим сторонам оцінювати простір і взаємодіяти з ним віртуально.

Технологія DTM у будівництві виходить за рамки візуалізації; мова йде про створення адаптивної інтерактивної моделі, яка розвивається разом із фізичною структурою. Ця технологія дозволяє будівельникам завчасно визначати *потенційні проблеми, оптимізувати проєкти та вдосконалювати процеси прийняття рішень*. Використовуючи цифрову технологію будівництва близнюків, будівельні проєкти стають більш ефективними, рентабельними та стійкими [3]. Впровадження цифрових близнюків у будівельних проєктах означає перехід до більш розумних та адаптивних методів будівництва [1].

Наприклад, цивільна інфраструктура є дуже цінним активом, відіграючи життєво важливу суспільну роль і залучаючи велику кількість людей на кожному етапі її складного робочого життя від початкових концептуальних креслень, 3D-чисельної моделі, будівельних робіт до експлуатаційних послуг, як показано на рис. 1.3. Таким чином, управління інфраструктурою було предметом інтенсивних досліджень, спрямованих на максимізацію їх безпеки та терміну служби при мінімізації витрат на будівництво та подальшу надійну експлуатацію та обслуговування.

Як наслідок, інтеграція технології цифрового близнюка в різні сектори, включаючи виробництво, охорону здоров'я та будівництво, відкрила нові межі в операційній ефективності та інноваціях. Ці DTM, далеко не статичні моделі, є динамічними сутностями, які розвиваються в реальному часі, пропонуючи безпрецедентну взаємодію та розуміння фізичних об'єктів і систем. Оскільки ця технологія продовжує розвиватися, її потенціал для трансформації галузей промисловості та підвищення людських можливостей здається безмежним.



Рис. 1.3. Структурна схема життєвого циклу будівлі та/або споруди з використанням DTM [3]

У будівництві DT йдуть поруч із BIM-моделюванням. Останнє охоплює створення 3D-цифрової моделі, яку можна використовувати для візуалізації майбутніх будівель або споруд, імітації поведінки будівлі, прогнозування збільшення кількості, виявлення зіткнень тощо. У свою чергу, технологія цифрового близнюка розширює можливості BIM у режимі реального часу. Дані, зібрані за допомогою пристроїв і розумних датчиків.

Технологія DTM синхронізує цифрові BIM-моделі з фізичними будівлями, створюючи перевагу аналітики. Це забезпечує ефективне узгодження даних, яке відбувається негайно, оскільки спеціалісти отримують можливість постійно контролювати хід будівництва та отримувати доступ до інформації, яка впливає на прийняття рішень, у дорозі. Таким чином, замість того, щоб намагатися виправляти помилки постфактум, будівельні компанії можуть миттєво виявляти та усувати їх.

При цьому основний обсяг роботи з розробки цифрових двійників припадає на розробників програмного забезпечення. Етапи розробки, виглядатимуть наступним чином:

1. **Визначення мети:** розуміння мети ініціативи цифрового близнюка та визначення того, які аспекти конструкції будуть відстежуватися за допомогою технології.

2. **Встановлення вимог до даних:** визначення того, які дані потрібні для створення цифрового двійника, наприклад, BIM-моделі, проектні креслення, дані з пристроїв і датчиків тощо.

3. **Створення BIM-моделі:** проектування 3D моделі необхідної будівлі.

4. **Включення даних у режимі реального часу:** встановлення пристроїв Інтернету речей і розумних датчиків у різних місцях для забезпечення потоку даних у режимі реального часу щодо ходу будівництва та стану будівлі.

5. **Інтеграція та візуалізація даних:** з'єднання підготовленої BIM-моделі з даними в реальному часі в рамках однієї платформи та візуалізація фізичного активу в цифровому середовищі.

**6. Перевірка:** калібрування конструкції цифрових близнюків після її запуску, щоб гарантувати точність шляхом порівняння інформації, яку вона надає, з фізичним активом.

**7. Постійний моніторинг і аналіз:** використання даних у реальному часі для аналізу та прийняття рішень на основі даних.

**8. Технічне обслуговування та оновлення:** наявність відповідних та актуальних даних, щоб забезпечити правильну роботу цифрового близнюка та точну інформацію.

Створення цифрових двійників для будівельної галузі вимагає спільних зусиль усіх зацікавлених сторін, залучених до процесу будівництва. Власники, дизайнери, архітектори, підрядники та торговці повинні розуміти цінність технології та зміни, які вона приносить.

Популярність цифрових побратимів для цілих міст зростає, і все більше мегаполісів або навіть невеликих міст отримують віртуальні копії. Цінність таких цифрових близнюків величезна, оскільки вони дозволяють планувати більш стале та екологічно чисте будівництво, зменшувати викиди вуглецю, організовувати рух транспорту тощо. Загалом, повномасштабний цифровий близнюк міста має потенціал для покращення якості своїх мешканців живе та створює більше екологічно чистих просторів.

## **2. АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ**

### **2.1. Загальні відомості**

У процесі розробки кваліфікаційної роботи магістра проектування розробляється план дев'ятиповерхового житлового будинку в місті Івано-Франківськ [4]. Цей об'єкт відноситься до I кліматичної зони [12], має II ступінь довговічності [5] та I ступінь вогнестійкості [29].

Головний об'єм будівлі має прямокутну форму в плані з розмірами в осях 12,9 м × 26,4 м. Загальна висота будинку від відмітки підлоги першого поверху до підвісної стелі другого поверху становить 2,65 м [4]. Місце для будівництва знаходиться на вільній від інших споруд ділянці, а рельєф території характеризується відсутністю різких перепадів. Висотне положення ділянки враховано з урахуванням існуючої забудови вулиць та відведення дощових вод від проєктованих будівель складів.

Для відведення дощових та талих вод передбачено використання асфальтованого покриття та системи водостоків, які направляють воду з дахів проєктованих будівель [4]. Проєкт також включає благоустрій території, включаючи газони, які укріплюються засівом трави на рівномірний шар рослинного ґрунту товщиною 25 см.

### **2.2. Об'ємно-планувальні та конструктивні рішення житлової будівлі**

#### **Об'ємно-планувальні елементи**

Комунікаційні приміщення забезпечують внутрішній зв'язок усередині будівлі, такі як коридори та сходові вузли. Обслуговуючі приміщення покращують комфорт і санітарно-гігієнічні умови в будівлі, але не є ключовими для основних функцій, таких як вестибюлі та санітарні вузли. Основні приміщення відповідають основним функціям будівлі, наприклад, офісні приміщення та приміщення технічного обслуговування. Допоміжні

приміщення забезпечують функціональність основних приміщень, таких як холи та підсобні приміщення.

На виділеній ділянці розташований дев'ятиповерховий будинок з офісними приміщеннями і паркінгом [4].

Ступінь відповідальності будівлі – 1 [5], а ступінь вогнетривкості - 1.

План типового поверху включає тридцять шість квартир покращеного планування: дві двокімнатні та дві трикімнатні. Усі житлові поверхи з'єднані двома сходовими клітками з ліфтами.

Функціонально всі квартири складаються з окремих приміщень для житлових кімнат, кухні, туалету, ванної та комори. Приміщення загальних кімнат і кухонь можуть з'єднуватись через напіварочний відкритий простір. Відстань від сходової клітки до найвіддаленішої квартири не перевищує 12 метрів. Висота типового поверху становить 2,7 метра. Зона офісу на першому поверсі поділена на три підзони, кожна з яких має два самостійних входи з боку житлового кварталу.

На першому поверсі будинку також розташована щитова. При вході в будинок знаходиться кімната консьєржа. Основу планування кожної підзони становить вільне планування трансформованих конструкцій, які можна за необхідності демонтувати і використовувати для іншої конфігурації плану. Кожна підзона обладнана двома санвузлами і окремим приміщенням для приготування їжі. Висота поверху становить 2,7 метра.

### **Конструктивні рішення**

Несучі елементи – підтримуючі залізобетонні пілони та плити.

Фундамент – забезпечений системою свай.

Колони – виконані у формі монолітних стовпів з різними перерізами: 1200×300, 900×300, 1500×300, 1800×300.

Зовнішні стіни – представлені фахверковими конструкціями з бетонних блоків і утеплювача [6].

Внутрішні стіни – фахверкові, складені з газобетонних блоків.

Перегородки – виготовлені з гіпсокартону та пластикових матеріалів.

Перекриття – монолітні плити товщиною 200 мм.

Покриття – різноманітне: плоске, профільована сталь, з ухилом 5%.

Підлоги – в офісних приміщеннях використовують паркет і ламінат, в санітарних вузлах – керамічна плитка.

Сходи – металобетонні збірні конструкції.

Двері – вхідні двостулкові скляні, міжкімнатні – алюмінієві, глухі.

Вікна – виготовлені з металопластика і оснащені двокамерними склопакетами.

Вітражі – алюмінієві, заповнені двокамерним склопакетом.

### **2.3. Теплотехнічний розрахунок огорожуючих конструкцій**

#### **Перевірка огорожуючих конструкцій на відповідність вимогам ДБН В.2.6-31**

Розрахунок термічного опору. вентилярована стіна №1.

Визначимо термічний опір фрагменту конструкції згідно з вимогами ДСТУ 9191:2022 [6].

#### **Опис конструкції.**

Загальна товщина конструкції складає 0.411 м.

Кількість шарів конструкції - 6.

Шар №1 Розчин вапняно-піщаний та товщиною 0.020 м.

Шар №2 Пароізоляційна плівка та товщиною 0.001 м.

Шар №3 Залізобетон та товщиною 0.200 м.

Шар №4 Повітряний прошарок замкнутий та товщиною 0.020 м.

Шар №5 Мінеральна вата (базальтове волокно) з густиною 30 кг/м<sup>3</sup> та товщиною 0.150 м.

Шар №6 Розчин складний (пісок, вапно, цемент) та товщиною 0.020 м.

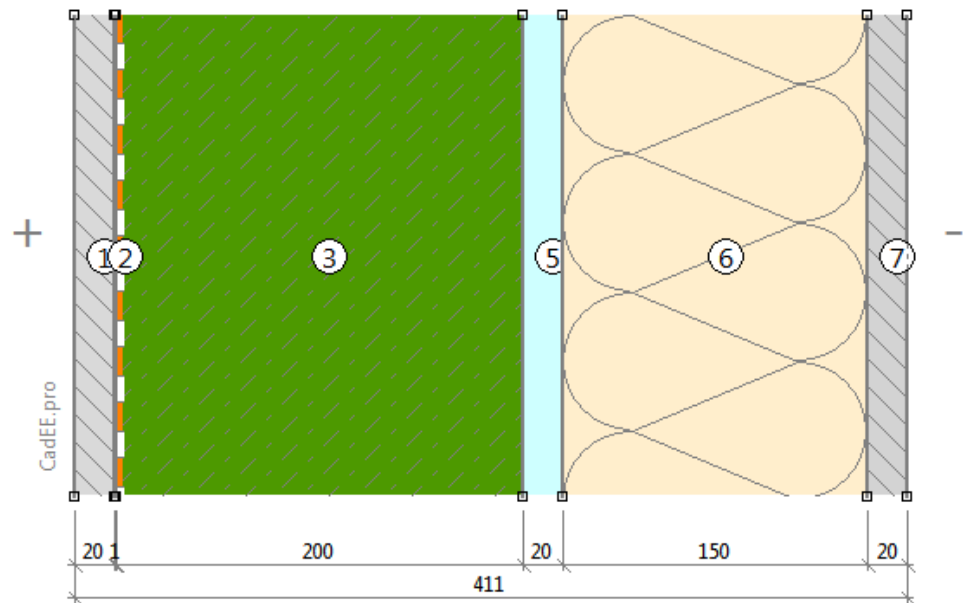


Рис. 1.4. Розріз огорожувальної конструкції [6]

Вологісні умови експлуатації матеріалів огорожувальної конструкції визначено згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 [6].

Призначення будівлі - багатоквартирний будинок, для якої згідно з т.Б.2 ДБН В.2.6-31:2021 розрахункові значення температури і вологості приміщень  $\theta_{int} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\phi_{int} = 55 \text{ \%}$  відповідно. Вологісний режим приміщень приймаємо згідно з т.Б.1 ДБН В.2.6-31:2021 [6] - нормальний, а також враховуючи, що конструкція зовнішня, то умови експлуатації згідно з т.Б.3 ДБН В.2.6-31:2021 – Б [6].

Розрахункові характеристики матеріалів конструкції визначаємо згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022.

Таблиця 1.1

Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина , (м)	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м <sup>2</sup> К)
1	Розчин вапняно-піщаний	0.02	0.81
2	Пароізоляційна плівка	0.001	0.3

3	Залізобетон	0.2	2.04
4	Повітряний прошарок замкнутий	0.02	-
5	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м <sup>3</sup>	0.15	0.05
6	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	0.02	0.87

Коефіцієнти тепловіддачі визначаємо згідно з таблицею Б додатку Б ДСТУ 9191:2022. Для конструкції типу - вентилявана стіна, розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій прийнято:

$$h_{si} = 8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad h_{se} = 12 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі замкнутого повітряного прошарку:

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку визначаємо згідно з таблицею В.1 ДСТУ 9191:2022 Повітряний прошарок без відбивної ізоляції. Положення повітряного прошарку вертикальне.

$$R_{air_4} = 0.14 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі повітряного прошарку для зручності подальших розрахунків

$$\lambda_{p4} = \frac{d_4}{R_{air_4}} = \frac{0.02}{0.14} = 0.1429 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Визначаємо опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 2 ДСТУ 9191:2022:

$$R_s = \frac{1}{h_{si}} + \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + R_{air_4} + \frac{d_5}{\lambda_{p5}} + \frac{d_6}{\lambda_{p6}} + \frac{1}{h_{se}} = \frac{1}{8.7} + \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + 0.14 + \frac{0.15}{0.05} + \frac{0.02}{0.87} + \frac{1}{12}$$

$$= 3.487 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Загальна площа огорожувальної конструкції, обчислена за внутрішнім виміром із додаванням площ внутрішніх укосів прорізів та відніманням площ прорізів та площа термічно однорідної частини непрозорої конструкції, що не містить площі внутрішніх укосів прорізів дорівнюють відповідно:

$$A_T = 1 \text{ м}^2 \quad A_1 = 1 \text{ м}^2$$

На фрагменті, що розглядається, відсутні теплопровідні включення, що відносяться до непрозорої огорожувальної конструкції.

Визначаємо приведений опір теплопередачі конструкції згідно з формулою 1 ДСТУ 9191:2022:

$$R_{\Sigma np} = \frac{A_{\Sigma}}{\left(\frac{A_1}{R_s}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{3.487}\right)} = 3.487 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

Визначимо мінімально допустиме значення приведенного опору теплопередачі згідно з ДБН В.2.6-31:2021. Температурна зона згідно з додатком А ДБН В.2.6-31:2021 - І (м. Івано-Франківськ). Допустиме значення опору теплопередачі визначаємо з таблиці 1 ДБН В.2.6-31:2021 (як для типу конструкції - вентилярована стіна, та типу будівлі - багатоквартирний будинок):

$$R_{qmin} = 4.00 \left( \text{м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}} \right)$$

Оскільки:

$$R_{\Sigma np} = 3.49 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}} < R_{qmin} = 4.00 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

то умова (4) ДБН В.2.6-31:2021 не виконується.

Визначення розподілу температури в товщині конструкції згідно з формулою (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} = \frac{0.02}{0.81} = 0.02469 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} = 0.02802 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} = 0.1261 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$R_4 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} = 0.2661 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$R_5 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{d_5}{\lambda_{p5}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} + \frac{0.15}{0.05} = 3.266 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$R_6 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{d_5}{\lambda_{p5}} + \frac{d_6}{\lambda_{p6}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} + \frac{0.15}{0.05} + \frac{0.02}{0.87} = 3.289 \text{ м}^2 * \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$\theta_{ext} = -22.00 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} \right) = 18.616 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_1 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.02469 \right) = 18.318 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.02802 \right) = 18.278 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_3 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.1261 \right) = 17.097 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_4 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_4 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.2661 \right) = 15.411 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_5 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_5 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 3.266 \right) = -20.72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_6 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_6 \right) = 20 - \left( \frac{20 - (-22)}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 3.289 \right) = -20.996 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температурний перепад між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$\Delta\theta_{int,si} = \theta_{int} - \theta_0 = 20 - 18.616 = 1.384 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура точки роси дорівнює:

$$\theta_D = 237.7 * \frac{17.27 * \frac{\theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln\left(\frac{\varphi_{int}}{100}\right)}{17.27 - \left(\frac{\theta_{int}}{237.7 + \theta_{int}} + \ln\left(\frac{\varphi_{int}}{100}\right)\right)} = 9.92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначення допустимого значення різниці між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції визначаємо згідно з п. 5.4 ДБН В.2.6-31:2021:

$$\Delta\theta_{int,si_{max}} = 4.00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Оскільки:

$$\Delta\theta_{int,si} = 1.38 \text{ } ^\circ\text{C} < \Delta\theta_{int,si_{max}} = 4.00 \text{ } ^\circ\text{C}$$

то умова (5) ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

Мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні непрозорихогорожувальних конструкцій у зонах теплопровідних включень,  $\theta_{si,min}$ , у кутах і укосах віконних і дверних прорізів, прийнятому залежно від температурної зони експлуатації будівлі згідно з додатком А ДБН В.2.6-31:2021, повинно бути не менше ніж температура точки роси. Перевірка виконання вимог п. 5.5.1 ДБН В.2.6-31:2021 [6].

Оскільки:

$$\theta_0 = 18.62 \text{ } ^\circ\text{C} > \theta_D = 9.92 \text{ } ^\circ\text{C}$$

то умова п. 5.5.1 ДБН В.2.6-31:2021 виконується.

Оцінка тепловологісного стану конструкції. вентилярована стіна №1.

Оцінку тепловологісного стану конструкції виконуємо згідно з вимогами ДСТУ Б В.2.6-192:2013.

Розподіл температур по товщині конструкції виконуємо згідно з ф. (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря визначаємо згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 [6]

$$\theta_{int} = 20.00 \text{ }^{\circ}\text{C}; \quad \varphi_{int} = 55.00 \text{ \%}$$

Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря в січні для міста Івано-Франківськ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

Таблиця 1.2

Середньомісячні значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря для м. Івано-Франківськ [12]

Місяць	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °C	-4.3	-2.6	1.7	8.1	13.6	16.7	18.3	17.7	13.4	8	2.5	-2.4
Відносна вологість, %	83	81	77	72	72	74	75	76	79	80	84	85

Опір теплопередачі  $R_s$  огорожуючої конструкції визначено згідно з формулою (70). Коефіцієнти тепловіддачі визначено згідно з формулою (67)

Визначимо опір теплопередачі в площинах на межі шарів:

$$x_1 = 0.02 \text{ м}; \quad \lambda_{p1} = 0.81 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$
$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} = \frac{0.02}{0.81} = 0.02469 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$
$$x_2 = 0.02 \text{ м}; \quad \lambda_{p2} = 0.30 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$
$$R_2 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} = 0.02802 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$
$$x_3 = 0.22 \text{ м}; \quad \lambda_{p3} = 2.04 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

$$R_3 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} = 0.1261 \text{ м}^2 \cdot \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$x_4 = 0.24 \text{ м}; \quad \lambda_{p4} = 0.14 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$$

$$R_4 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} = 0.2661 \text{ м}^2 \cdot \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$x_5 = 0.39 \text{ м}; \quad \lambda_{p5} = 0.05 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$$

$$R_5 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{d_5}{\lambda_{p5}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} + \frac{0.15}{0.05} = 3.266 \text{ м}^2 \cdot \frac{K}{\text{Вт}}$$

$$x_6 = 0.41 \text{ м}; \quad \lambda_{p6} = 0.87 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot K}$$

$$R_6 = \frac{d_1}{\lambda_{p1}} + \frac{d_2}{\lambda_{p2}} + \frac{d_3}{\lambda_{p3}} + \frac{d_4}{\lambda_{p4}} + \frac{d_5}{\lambda_{p5}} + \frac{d_6}{\lambda_{p6}} = \frac{0.02}{0.81} + \frac{0.001}{0.3} + \frac{0.2}{2.04} + \frac{0.02}{0.1429} + \frac{0.15}{0.05} + \frac{0.02}{0.87} = 3.289 \text{ м}^2 \cdot \frac{K}{\text{Вт}}$$

Визначимо опори паропроникненню кожного шару і конструкції в цілому згідно з формулами 3, 4 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. При цьому коефіцієнт паропроникності визначаємо згідно з табл. А.1 ДСТУ 9191:2022

При  $x_1 = 0.02 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 1} = \frac{d_1}{\delta_1} = \frac{0.02}{0.12} = 0.1667 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

При  $x_2 = 0.02 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 2} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} = 45.621 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

При  $x_3 = 0.22 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 3} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} + \frac{0.2}{0.03} = 52.288 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

При  $x_4 = 0.24 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 4} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} + \frac{d_4}{\delta_4} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} + \frac{0.2}{0.03} + \frac{0.02}{10000} = 52.288 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

При  $x_5 = 0.39 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 5} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} + \frac{d_4}{\delta_4} + \frac{d_5}{\delta_5} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} + \frac{0.2}{0.03} + \frac{0.02}{10000} + \frac{0.15}{0.55} = 52.561 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

При  $x_6 = 0.41 \text{ м}$ :

$$R_{\epsilon 6} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} + \frac{d_4}{\delta_4} + \frac{d_5}{\delta_5} + \frac{d_6}{\delta_6} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} + \frac{0.2}{0.03} + \frac{0.02}{10000} + \frac{0.15}{0.55} + \frac{0.02}{0.098} = 52.765 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Опір паропроникненню конструкції в цілому:

$$R_{\epsilon s} = \frac{d_1}{\delta_1} + \frac{d_2}{\delta_2} + \frac{d_3}{\delta_3} + \frac{d_4}{\delta_4} + \frac{d_5}{\delta_5} + \frac{d_6}{\delta_6} = \frac{0.02}{0.12} + \frac{0.001}{0.000022} + \frac{0.2}{0.03} + \frac{0.02}{10000} + \frac{0.15}{0.55} + \frac{0.02}{0.098} = 52.765 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{Па}}{\text{мг}}$$

Розрахунок вологонакопичення в місяці січень:

## Характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина, (м)	Теплопровідність $\lambda$ , Вт/(м*К)	Тепловий опір R (м <sup>2</sup> К)/Вт	Коеф. паропропускності $\delta$ мг/(м*год*Па)	Опір паропропускненню Re м <sup>2</sup> *год*Па/мг
1	Розчин вапняно-піщаний	0.02	0.81	0.02469	0.12	0.1667
2	Пароізоляційна плівка	0.001	0.3	0.02802	0.000022	45.621
3	Залізобетон	0.2	2.04	0.1261	0.03	52.288
4	Повітряний прошарок замкнутий	0.02	0.1429	0.2661	10000	52.288
5	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м <sup>3</sup>	0.15	0.05	3.266	0.55	52.561
6	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	0.02	0.87	3.289	0.098	52.765

Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря для міста Івано-Франківськ (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

$$\varphi_{ext} = 83.00 \% \quad \tau = 744 \text{ год}$$

$$\theta_{ext} = -4.30 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Температура в площинах на межі шарів :

$$\theta_0 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} \right) = 19.199 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_1 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_1 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.02469 \right) = 19.027 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_2 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_2 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.02802 \right) = 19.004 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_3 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_3 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.1261 \right) = 18.321 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_4 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_4 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 0.2661 \right) = 17.345 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_5 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_5 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 3.266 \right) = -3.559 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\theta_6 = \theta_{int} - \left( \frac{\theta_{int} - \theta_{ext}}{R_s} \right) * \left( \frac{1}{h_{si}} + R_6 \right) = 20 - \left( \frac{20 - -4.3}{3.487} \right) * \left( \frac{1}{8.7} + 3.289 \right) = -3.719 \text{ } ^\circ\text{C}$$

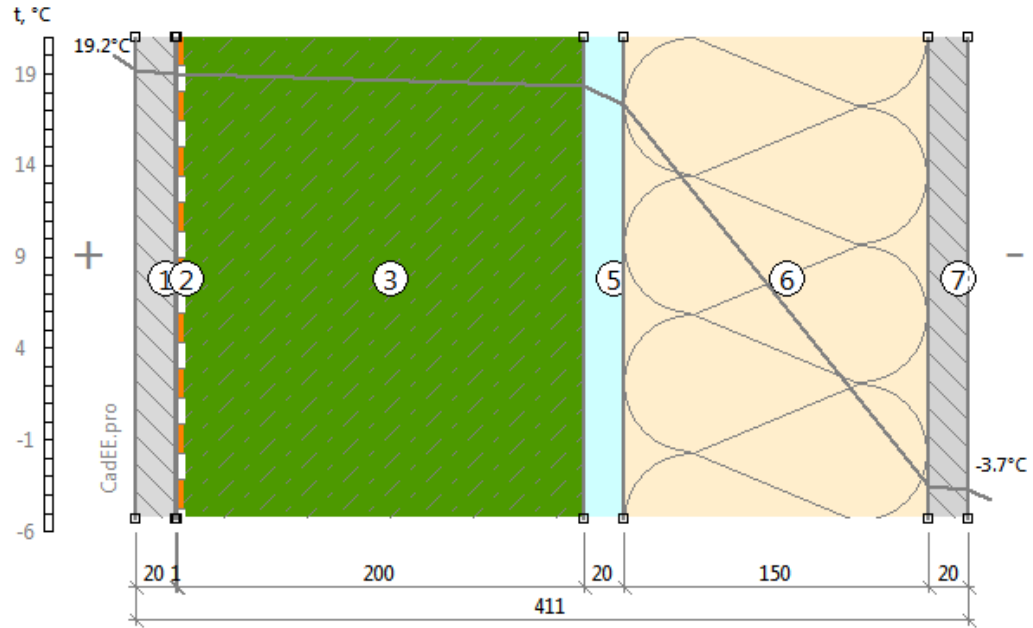


Рис. 1.5. Розподіл температур у товщині огорожувачої конструкції (січень).

Графік розподілу температур, див. рис. 1.5

Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013

Для внутрішньої та зовнішньої поверхні конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари дорівнює:

$$E_2 = 2224.18 \text{ Па}$$

$$E_3 = 448.14 \text{ Па}$$

Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

$$e_2 = \varphi_{int} * E_2 * 0.01 = 55 * 2224.183 * 0.01 = 1223.301 \text{ Па}$$

$$e_3 = \varphi_{ext} * E_3 * 0.01 = 83 * 448.143 * 0.01 = 371.958 \text{ Па}$$

Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°C перепаду температур (п. 4.2.4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013).

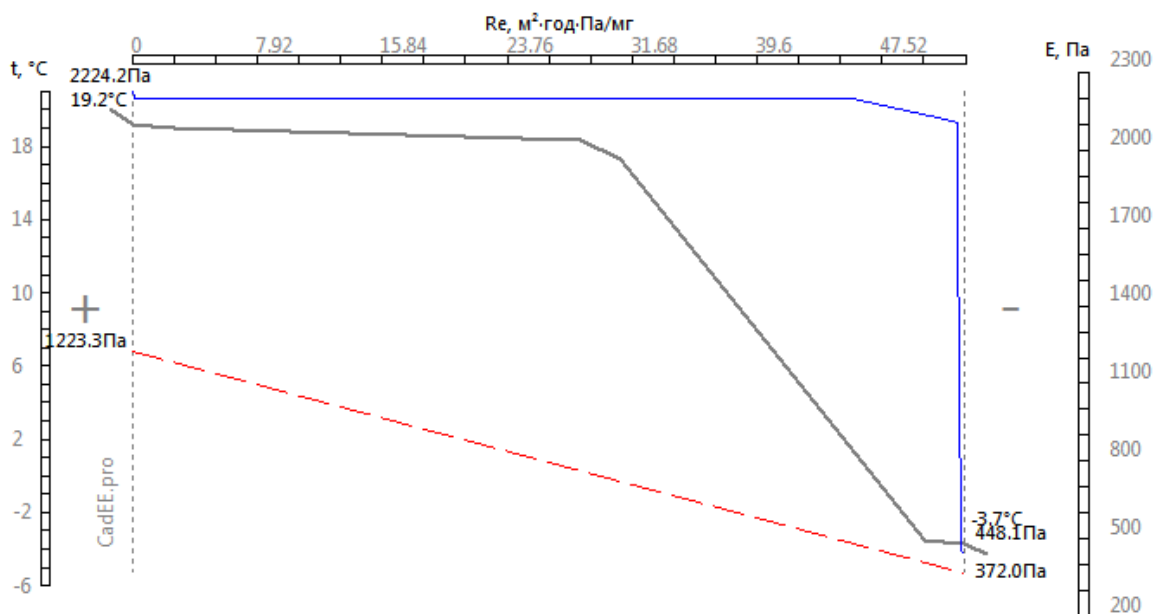


Рис. 1.6. Розподіл парціальних тисків у товщині огорожуючої конструкції (січень).

На графіку (рис. 1.6) лінія сіра - розподіл температури (t), синя - графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (E), червона - допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена - допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.

Оскільки лінії E та e не перетинаються то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, конденсація водяної пари в товщині конструкції не відбувається.

Оскільки конденсації у січні не відбувається то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, то умови (1) та (2) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 вважаємо виконаними.

### Оцінка теплостійкості в літній період. вентилярована стіна №1.

Оцінку теплостійкості в літній період виконуємо згідно з вимогами ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013.

Вихідні дані

Параметри клімату району будівництва наведені в таблиці [12]:

Таблиця 1.4.

## Розрахункові параметри клімату м. Івано-Франківськ

Назва параметра	Значення
Середня температура липня, °С (табл. 2 ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010)	18.30
Середня амплітуда добових коливань температури зовнішнього повітря в липні $A_{tz}$ , °С (табл. 2 ДСТУ -Н Б В.1.1-27:2010)	11.00
Максимальне значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню західної орієнтації в липні $I_{max}$ , Вт/м <sup>2</sup> (табл. 16 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)	658
Середнє значення сумарної сонячної радіації, що надходить на вертикальну поверхню в липні $I_{сер}$ , Вт/м <sup>2</sup> (табл. 16 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)	163
Мінімальна з середніх швидкостей вітру по румбах за липень, повторюваність яких становить 16% і більше $v$ , м/с(табл. 6 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010)	3.80

Параметри мікроклімату приміщення наведені в таблиці:

Таблиця 1.5

## Розрахункові параметри мікроклімату в приміщенні (Івано-Франківськ)

Назва параметра	Значення
Температура внутрішнього повітря $t_{вн}$ , °С (згідно з таблицею Б.2 ДБН В.2.6-31:2021)	20.00
Вологість внутрішнього повітря $\phi_{вн}$ , % (згідно з таблицею Б.2 ДБН В.2.6-31:2021)	55.00
Вологісний режим приміщення	нормальний

При розрахунках враховується основні шари конструкції, їхні теплофізичні характеристики приймаються згідно з Додатком А ДСТУ 9191:2022

Теплофізичні характеристики матеріалів шарів конструкції наведені в таблиці 1.6:

Визначення теплових характеристик шарів непрозорої огорожувальної конструкції.

Теплові опори теплопередачі шарів непрозорої огорожувальної конструкції розраховуємо з використанням значень  $\lambda$  для умов експлуатації А згідно з формулою (7) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013.

Таблиця 1.6.

## Характеристики матеріалів шарів конструкції

№	Назва шару	Товщина,	Густина $\rho$ ,	Теплопровідність $\lambda$ ,	Коефіцієнт теплозасвоєння $s$ ,
		(м)	кг/м <sup>3</sup>	Вт/(м*К) . Умови експл. А	Вт/(м <sup>2</sup> К). Умови експл. А
1	Розчин вапняно-піщаний	0.02	1600	0.7	8.69
2	Пароізоляційна плівка	0.001	1600	0.3	8.56
3	Залізобетон	0.2	2500	1.92	17.98
4	Повітряний прошарок замкнутий	0.02	1.22	0.1429	0
5	Мінеральна вата (базальтове волокно) $\rho=30$ кг/м <sup>3</sup>	0.15	30	0.046	0.29
6	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	0.02	1700	0.7	8.95

Визначення теплових характеристик шарів непрозорої огорожувальної конструкції

Теплові опори теплопередачі шарів непрозорої огорожувальної конструкції розраховуємо згідно з формулою (7) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013

$$R_1 = \frac{d_1}{\lambda_1} = \frac{0.02}{0.7} = 0.02857 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_2 = \frac{d_2}{\lambda_2} = \frac{0.001}{0.3} = 0.003333 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_3 = \frac{d_3}{\lambda_3} = \frac{0.2}{1.92} = 0.1042 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Тепловий опір замкнутого повітряного прошарку визначаємо згідно з таблицею В.1 ДСТУ 9191:2022 Повітряний прошарок без відбивної ізоляції. Положення повітряного прошарку вертикальне.

$$R_4 = 0.14 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_5 = \frac{d_5}{\lambda_5} = \frac{0.15}{0.046} = 3.261 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

$$R_6 = \frac{d_6}{\lambda_6} = \frac{0.02}{0.7} = 0.02857 \text{ м}^2 \cdot \frac{\text{К}}{\text{Вт}}$$

Визначення теплових інерцій кожного шару непрозорої огорожувальної конструкції

Теплові інерції шарів непрозорої огорожувальної конструкції розраховуємо згідно з формулами (5) та (6) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$D_1 = R_1 * s_1 = 0.02857 * 8.69 = 0.2483$$

$$D_2 = R_2 * s_2 = 0.003333 * 8.56 = 0.02853$$

$$D_3 = R_3 * s_3 = 0.1042 * 17.98 = 1.873$$

$$D_4 = R_4 * s_4 = 0.14 * 0 = 0$$

$$D_5 = R_5 * s_5 = 3.261 * 0.29 = 0.946$$

$$D_6 = R_6 * s_6 = 0.02857 * 8.95 = 0.2557$$

$$D = D_1 + D_2 + D_3 + D_4 + D_5 + D_6 = 0.2483 + 0.02853 + 1.873 + 0 + 0.946 + 0.2557 = 3.351$$

Визначення розрахункової амплітуди коливань зовнішнього повітря згідно з п. 4.3 ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції в літній період визначаємо згідно з п. 4.4 ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$\alpha_{\text{зл}} = 1.16 * (5 + 10 * v^{0.5}) = 1.16 * (5 + 10 * 3.8^{0.5}) = 28.413 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Коефіцієнт поглинання сонячної радіації матеріалом зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції прийнято  $\chi=0.52$ , як для алюміній матовий, згідно з табл. Б.1 ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013.

Розрахункова амплітуда коливань температури зовнішнього повітря в липні визначаємо згідно з ф. (2) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$A_{\text{тзроз}} = A_{\text{тз}} + \chi * \frac{I_{\text{max}} - I_{\text{сер}}}{\alpha_{\text{зл}}} = 11 + 0.52 * \frac{658 - 163}{28.413} = 20.059 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначення показника теплосвоєння згідно з п. 4.13 ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$Y_1 = \frac{R_1 * s_1^2 + h_{\text{si}}}{1 + R_1 * h_{\text{si}}} = \frac{0.02857 * 8.69^2 + 8.7}{1 + 0.02857 * 8.7} = 8.696 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$Y_2 = \frac{R_2 * s_2^2 + Y_1}{1 + R_2 * Y_1} = \frac{0.003333 * 8.56^2 + 8.696}{1 + 0.003333 * 8.696} = 8.688 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$Y_3 = s_3 = 17.98 = 17.98 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$Y_4 = \frac{R_4 * s_4^2 + Y_3}{1 + R_4 * Y_3} = \frac{0.14 * 0^2 + 17.98}{1 + 0.14 * 17.98} = 5.112 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{°C}}$$

$$Y_5 = \frac{R_5 * s_5^2 + Y_4}{1 + R_5 * Y_4} = \frac{3.261 * 0.29^2 + 5.112}{1 + 3.261 * 5.112} = 0.3048 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{°C}}$$

$$Y_6 = \frac{R_6 * s_6^2 + Y_5}{1 + R_6 * Y_5} = \frac{0.02857 * 8.95^2 + 0.3048}{1 + 0.02857 * 0.3048} = 2.571 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{°C}}$$

Визначення величини затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції.

Величина затухання розрахункової амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в огорожувальній конструкції визначається згідно з ф. (3) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$v = 0.9 * e^{\frac{D}{20.5}} * \left( \frac{s_1 + h_{si}}{s_1 + Y_1} * \frac{s_2 + Y_1}{s_2 + Y_2} * \frac{s_3 + Y_2}{s_3 + Y_3} * \frac{s_4 + Y_3}{s_4 + Y_4} * \frac{s_5 + Y_4}{s_5 + Y_5} * \frac{\alpha_{3л} + Y_6}{\alpha_{3л}} \right) = 302.32$$

Визначення амплітуди коливань температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій

Амплітуда коливань температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій визначається згідно з ф. (1) ДСТУ-Н Б.2.6-190:2013:

$$A_{\theta,si} = \frac{A_{\text{гроз}}}{v} = \frac{20.059}{302.320817} = 0.0664 \text{ °C}$$

Оскільки:

$$A_{\theta,si} = 0.07 \text{ °C} < 1.5 \text{ °C}$$

то умова (7) ДБН В.2.6-31:2021 [6] - виконується.

## 2.4. Заходи щодо забезпечення пожежної безпеки

Пожежна безпека проектованої споруди гарантується за допомогою комплексу профілактичних заходів, які визначаються вимогами та будівельними стандартами для проектування об'єктів з високим ризиком пожежі [28]. Розташування будівлі враховує пожежну безпеку навколишніх об'єктів.

Проект передбачає наявність проїздів для пожежних автомобілів відповідно до вимог ДБН В.1.1–7:2016 [28]. Також враховано установку пожежних драбин на даху будівлі (2 шт. на споруду) згідно з проектом.

Внутрішній протипожежний захист обумовлюється:

1) Об'ємно-планувальними та конструктивними рішеннями:

→ передбачено поділ приміщення на пожежні відсіки за допомогою протипожежних перегородок.

→ заводське приміщення має евакуаційний вихід, спрямований безпосередньо на вулицю.

2) Використання ефективних заходів протипожежної безпеки та систем евакуації:

→ Встановлено систему евакуації з другого поверху вбудованого адміністративно-побутового комплексу через внутрішні сходи 1-го типу та зовнішні металеві сходи.

→ Двері на шляхах евакуації відкриваються в напрямку виходу з приміщень на зовнішню сторону.

Проект передбачає застосування матеріалів та конструкцій, що відповідають протипожежним нормам і вимогам [28]. Конструктивна схема складської частини є каркасною, з металевими колонами та балками. Мінераловатні мати, які використовуються для утеплення зовнішніх стін та покрівлі, належать до групи негорючих матеріалів.

Додатково, передбачено встановлення системи пожежної сигналізації з підключенням до пульта пожежної безпеки [32].

### 3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Збір навантажень на монолітну залізобетонну плиту перекриття

Збір навантажень на монолітну плиту перекриття виконуємо згідно державним будівельним нормам [12], після чого розрахунок конструкції проводимо у програмі «Ліра-САПР» [22–24], табл. 3.1.

Таблиця 3.1

*Збір навантажень на 1м<sup>2</sup> перекриття*

Тип навантаження	Характеристичне навантаження, Кн/м <sup>2</sup>	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове навантаження, Кн/м <sup>2</sup>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Постійне навантаження:			
Перегородки з керамічної пористої цегли, $q=1400 \text{ кг/м}^3$ (2.7м,0,12м)	0,5	1,3	0,65
Паркет, $t=15\text{мм}$ , $q=900 \text{ кг/м}^3$	0,0135	1,2	0,0162
Вирівнююча стяжка армована $t=25\text{мм}$ , $q=2000 \text{ кг/м}^3$	0,05	1,3	0,065
Монолітна залізобетонна плита перекриття, $t=150\text{мм}$ , $q=2500 \text{ кг/м}^3$ $t*q*9,81$	3,67	1,1	4,037
<b>Усього від постійного навантаження:</b>	<b>4,23</b>	—	<b>4,703</b>
Разом з урахуванням коефіцієнту $\gamma_p=1,1$ (для будівлі класу СС2 (А)):	4,65	—	5,173
Тимчасове навантаження:			
<b>Корисне навантаження: 150 кг/м<sup>2</sup></b>	<b>1,5</b>	1,3	<b>1,95</b>
Разом з урахуванням коефіцієнту $\gamma_r=1,1$ (для будівлі класу СС2 (А)):	1,65	—	2,145
<b>Усього:</b>	<b>6,3</b>	—	<b>7,318</b>

### 3.2. Розрахунок плити залізобетонної перекриття у ПК «САПФІР»

Магістерська кваліфікаційна робота передбачає розробку моделі залізобетонної монолітної плити перекриття типового поверху та визначення та визначення її головних технічних характеристик: деформації від навантажень [12].

Для виготовлення даної залізобетонної конструкції застосовується важкий бетон класу С20/25 [14]. Для армування — робоча арматура класу А500С, поперечна — А500С [15]. Товщину плити прийнято 150 мм. Для розрахункової моделі обпирання плити перекриття прийнято шарнірним.

Розрахунок плити перекриття здійснюємо за **I граничним станом**.

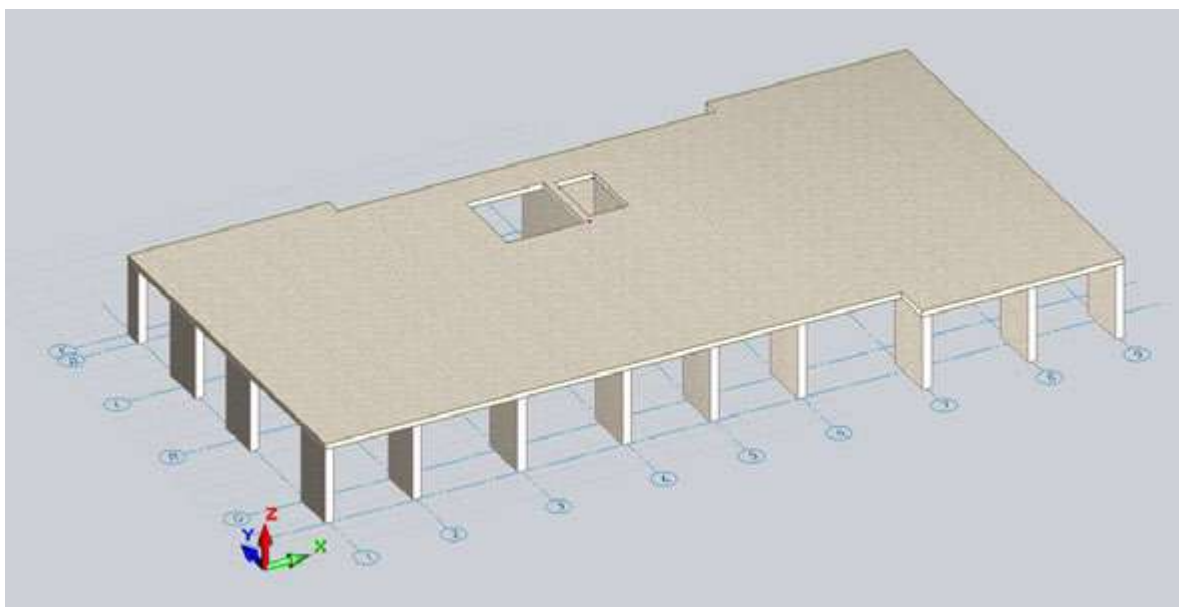
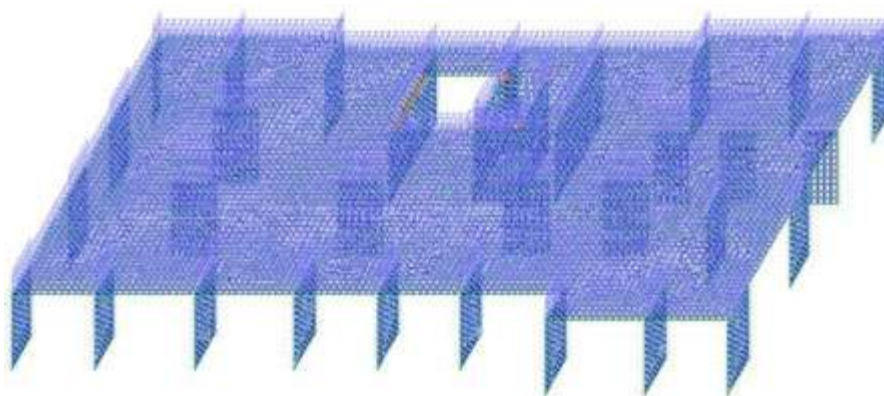


Рис. 3.1. Просторова модель (ПК «Сапфір»)

Собственный вес



z  
y  
x

Рис. 3.2. Схема завантаження власної вагою

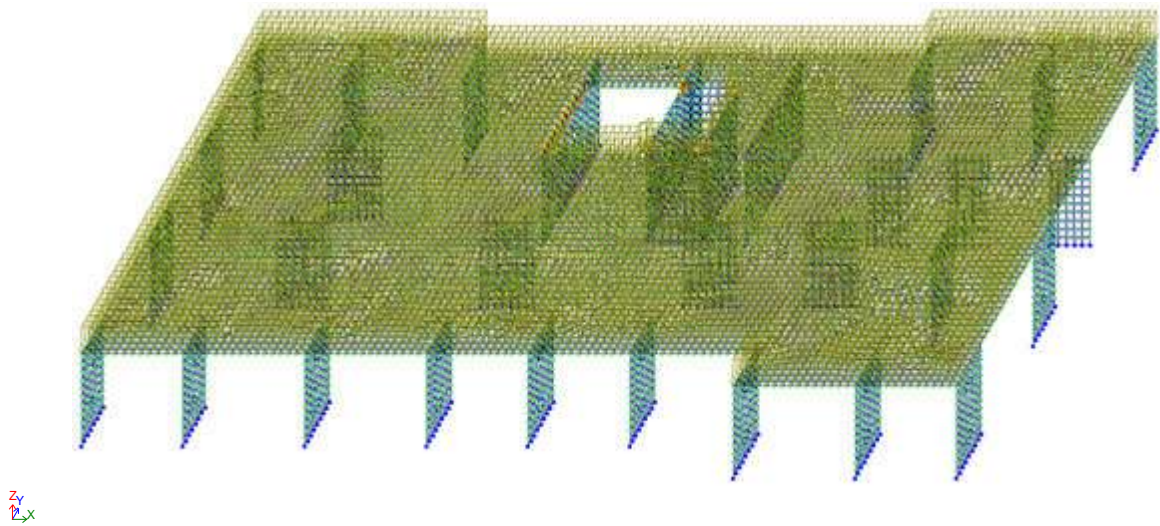


Рис. 3.3. Схема корисного навантаження

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

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

$\Sigma П + Д + К \cdot (К_p + T) \cdot M$

Коефіцієнти

Рис. 3.4. Таблица розрахункових сполучень навантажень у відповідності до ДБН В.1.2-2:2006 [12]

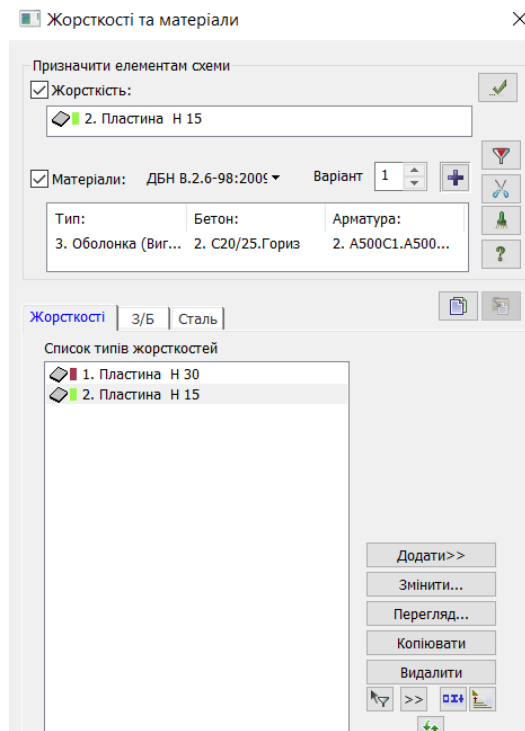


Рис. 3.5. Завдання характеристик жорсткості елементів розрахункової схеми [22–24]

Використовуючі навчальні посібники та рекомендації [22–24], були виконані чисельні розрахунки та моделювання залізобетонної монолітної плити перекриття із урахуванням заданих кліматичних умов ділянки забудови. Результати чисельних розрахунків наведені на рис. 3.6–3.17.

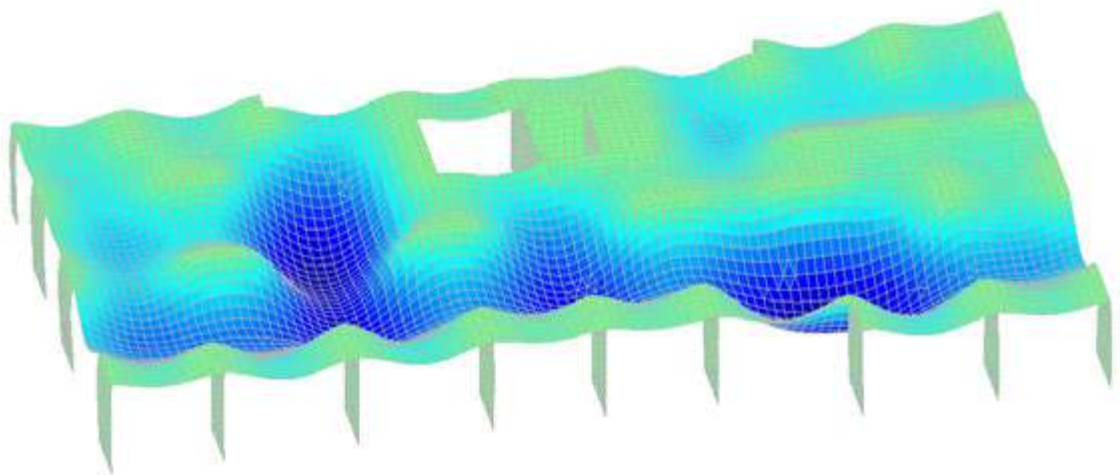


Рис.3.6 Деформована модель залізобетонної плити перекриття

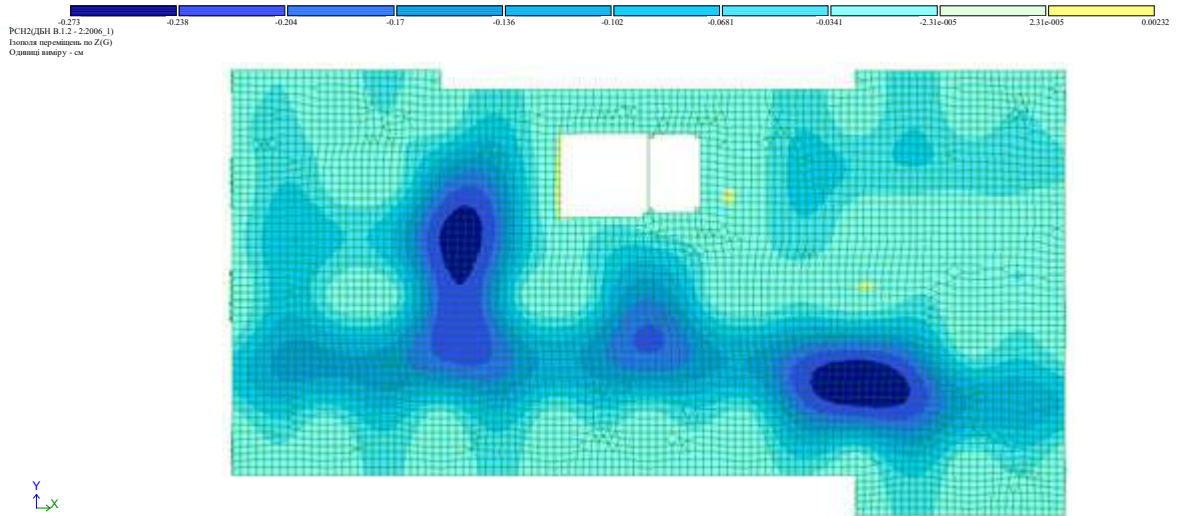


Рис. 3.6. Мозаїка переміщень по осі Z

Гранично допустиме значення прогину згідно з ДСТУ Б В.1.2-3:

$$f_u = \frac{l}{150} = \frac{6000}{150} = 40 \text{ мм};$$

Розрахункове значення прогину становить:

$$f = 2,73 \text{ мм};$$

Перевірка умови допустимих прогинів:

$$f \leq f_u = 2,73 \leq 40 \text{ мм};$$

Умова виконується.

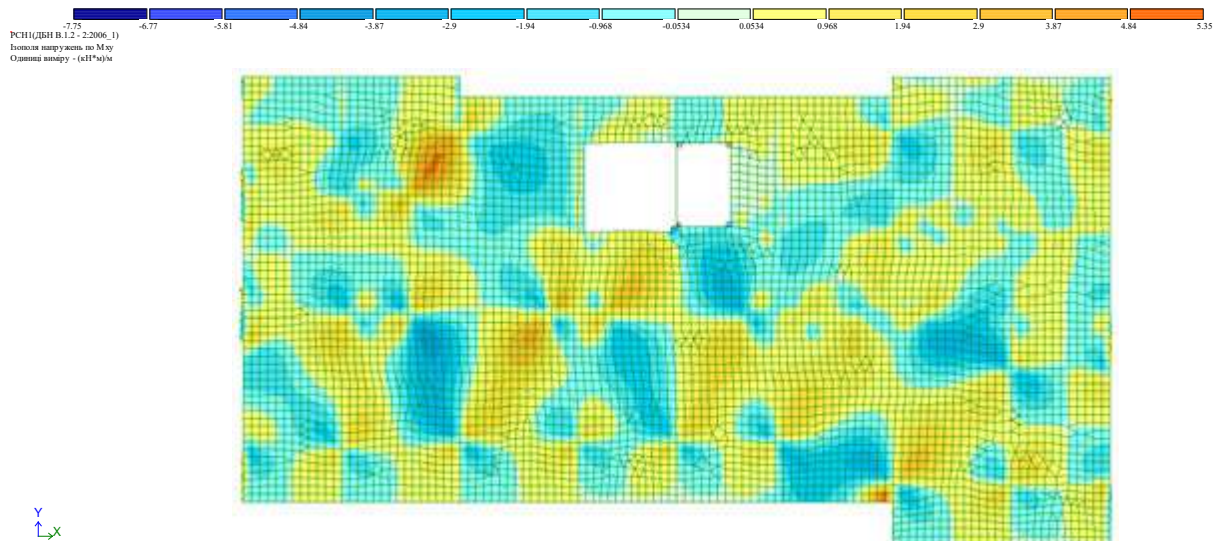


Рис. 3.7. Мозаїка напружень по  $M_{xy}$

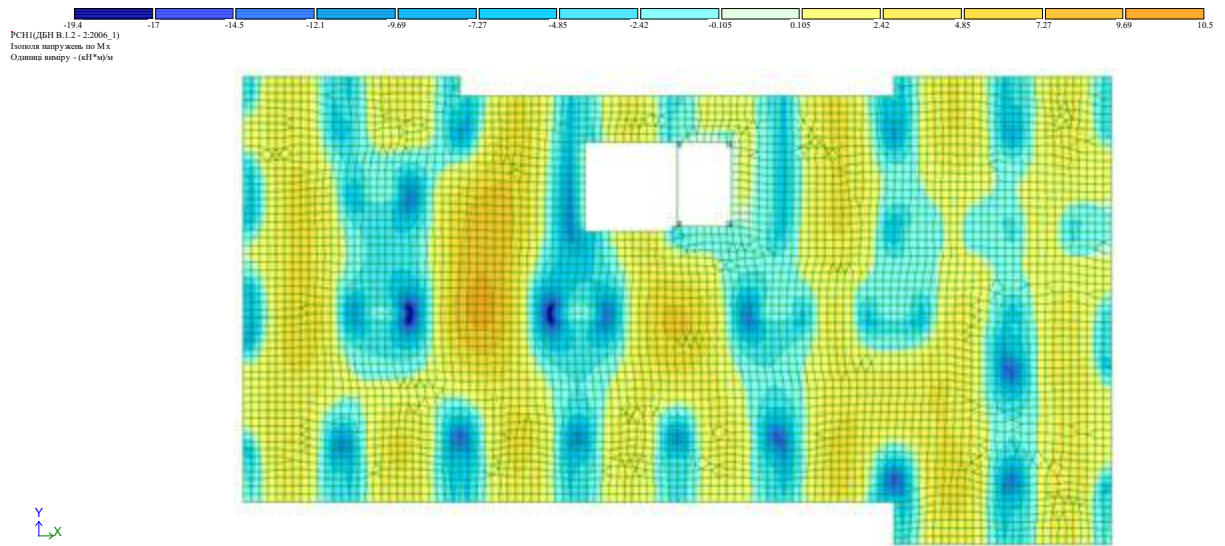


Рис. 3.8. Мозаїка напружень по  $M_x$

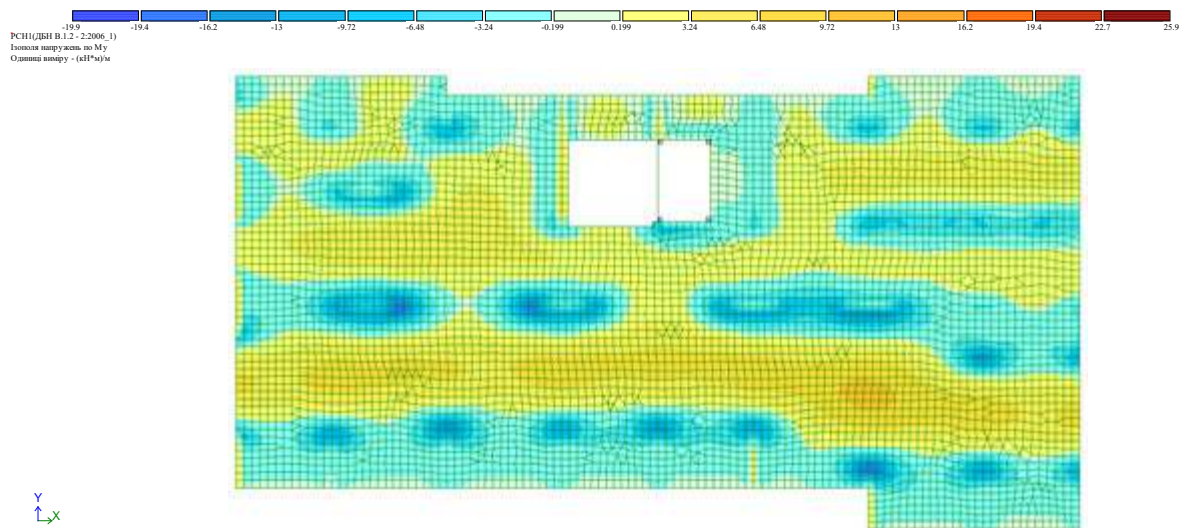


Рис. 3.9. Мозаїка напружень по  $M_y$

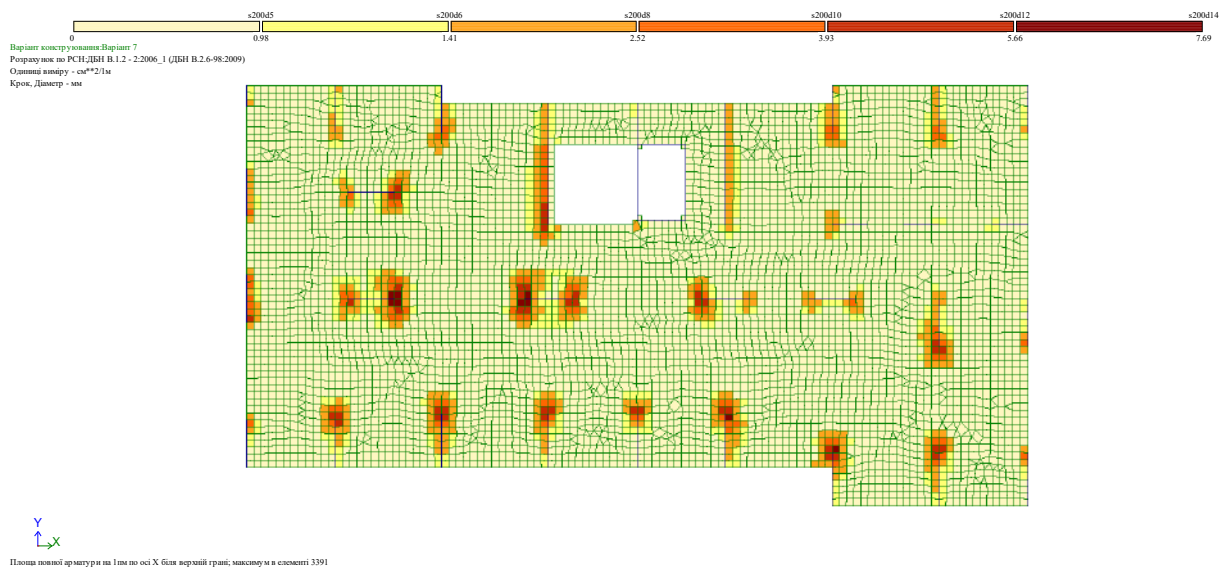


Рис. 3.10. Підбір верхнього шару армування по осі X

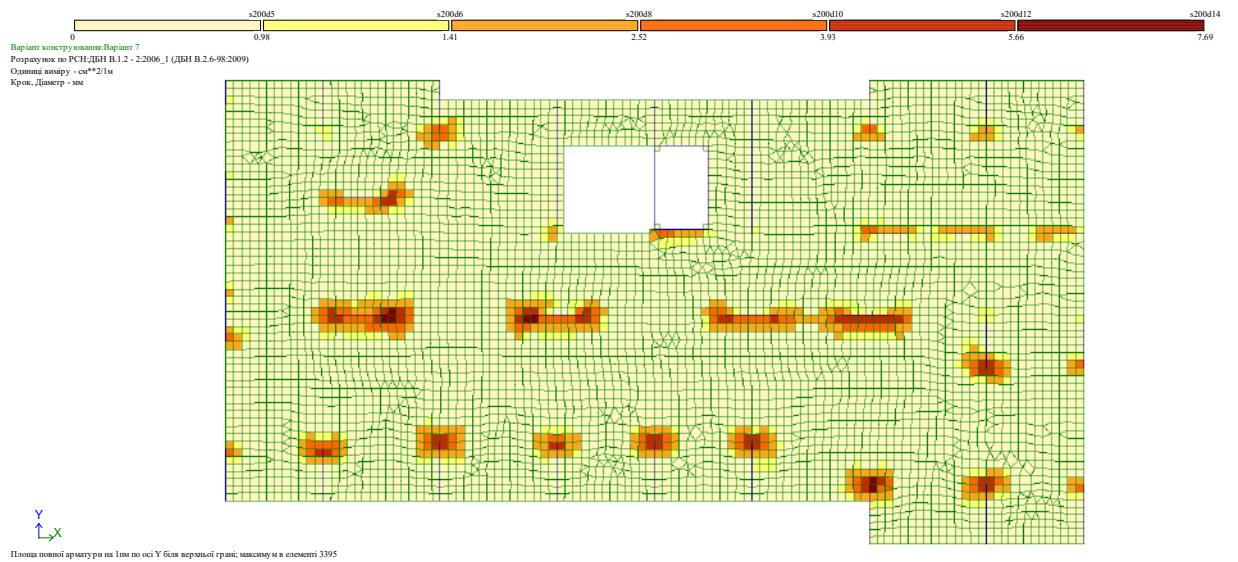


Рис. 3.11. Підбір верхнього шару армування по осі Y

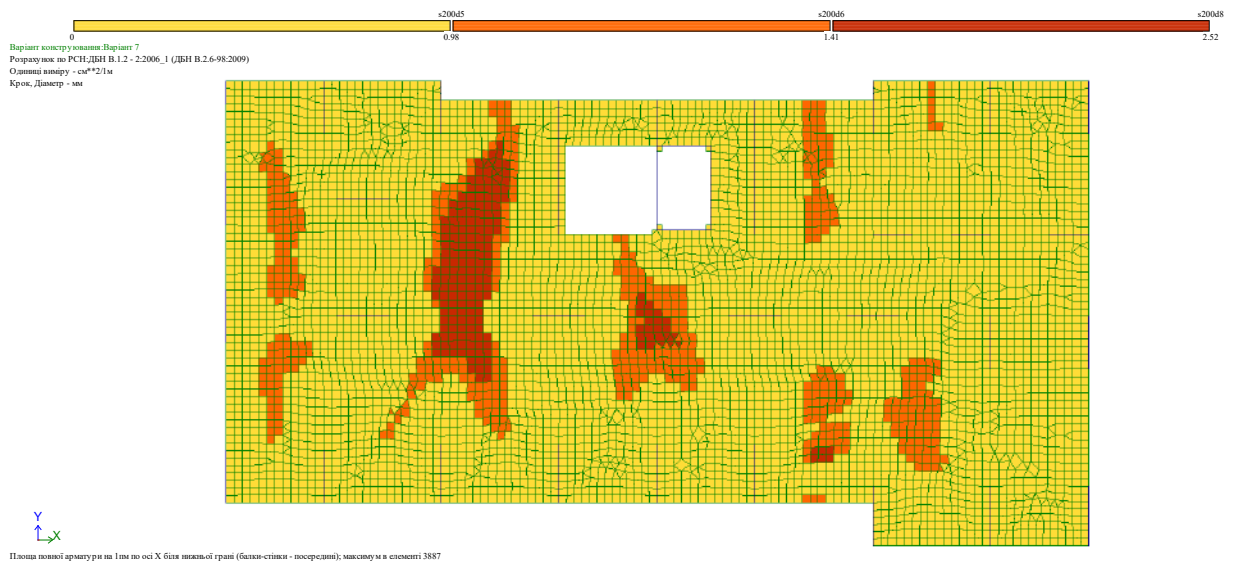


Рис. 3.12. Підбір нижньої шару армування по осі X

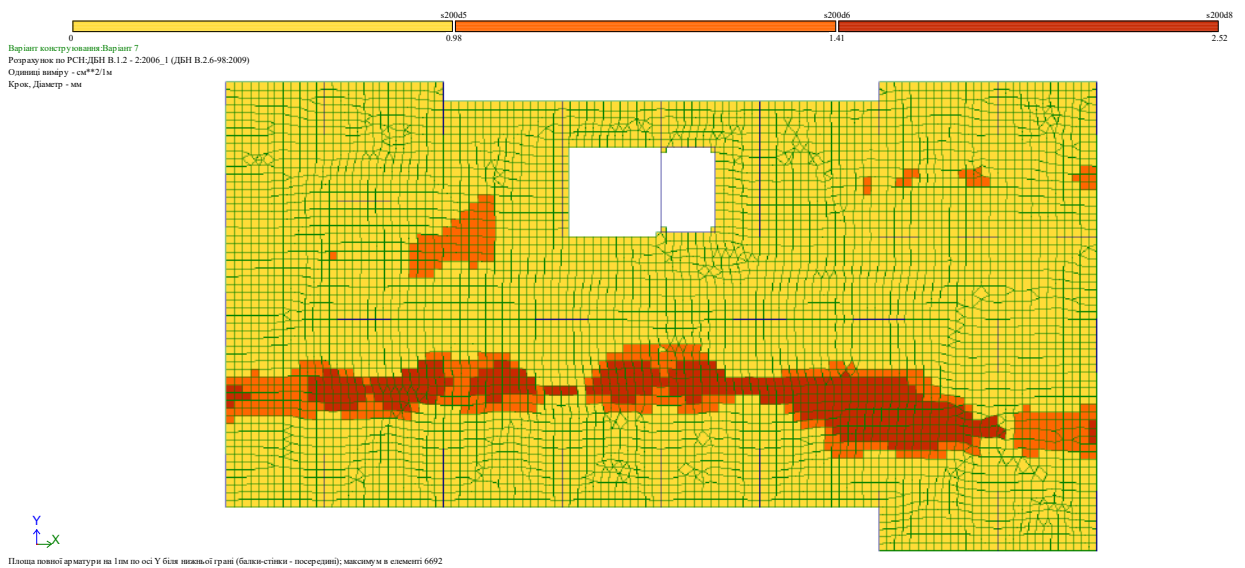
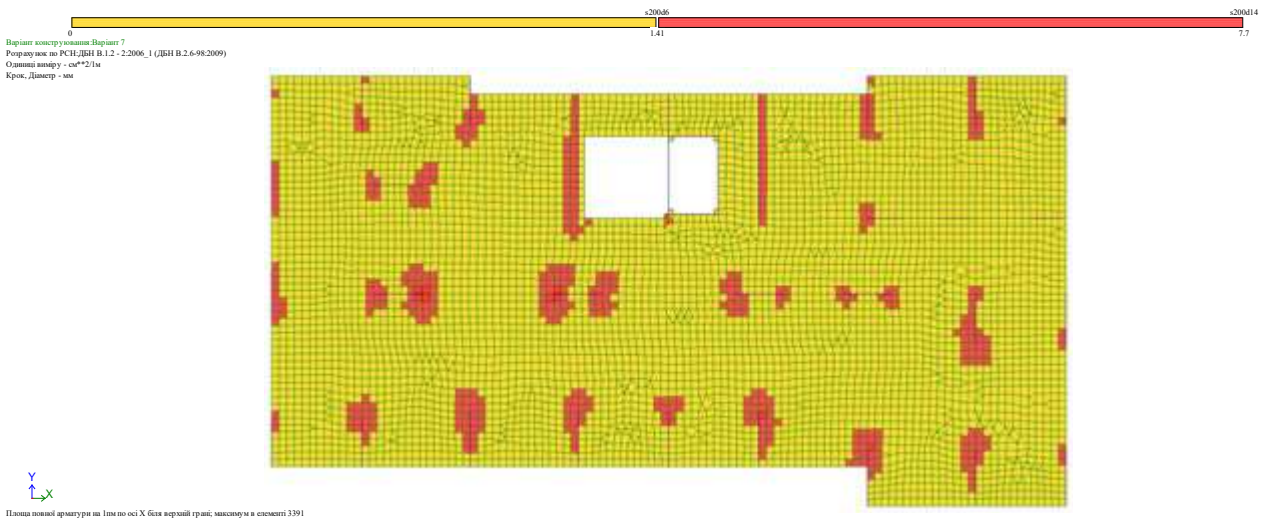
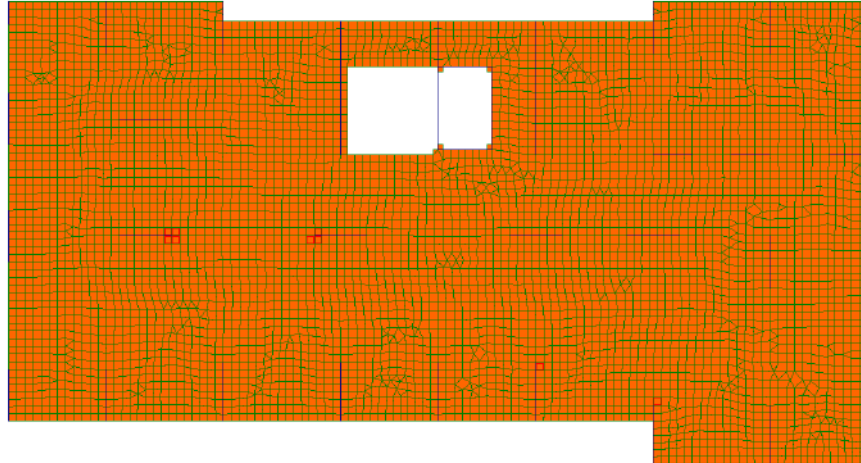


Рис. 3.13. Підбір нижнього шару армування по осі Y



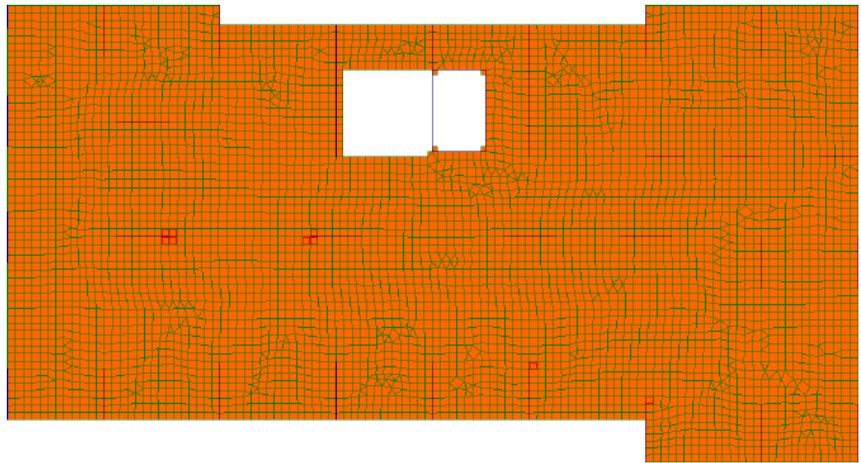


Площа повної арматури на 1м по осі X біля нижньої грані (балки-стіпи - поперечні); максимум в елементі 1

Рис. 3.16. Підбір нижньої арматури по осі X

Приймаємо **8Ø A500C** з кроком 200 мм ( $A_S^\phi = 252,0 \text{ мм}^2$ ) [15]

$$252,0 \text{ мм}^2 = 252,0 \text{ мм}^2;$$



Площа повної арматури на 1м по осі Y біля нижньої грані (балки-стіпи - поперечні); максимум в елементі 1

Рис. 3.17. Підбір нижньої арматури по осі Y

Приймаємо **8Ø A500C** з кроком 200 мм ( $A_S^\phi = 252,0 \text{ мм}^2$ ) [15]

$$252,0 \text{ мм}^2 > 252,0 \text{ мм}^2;$$

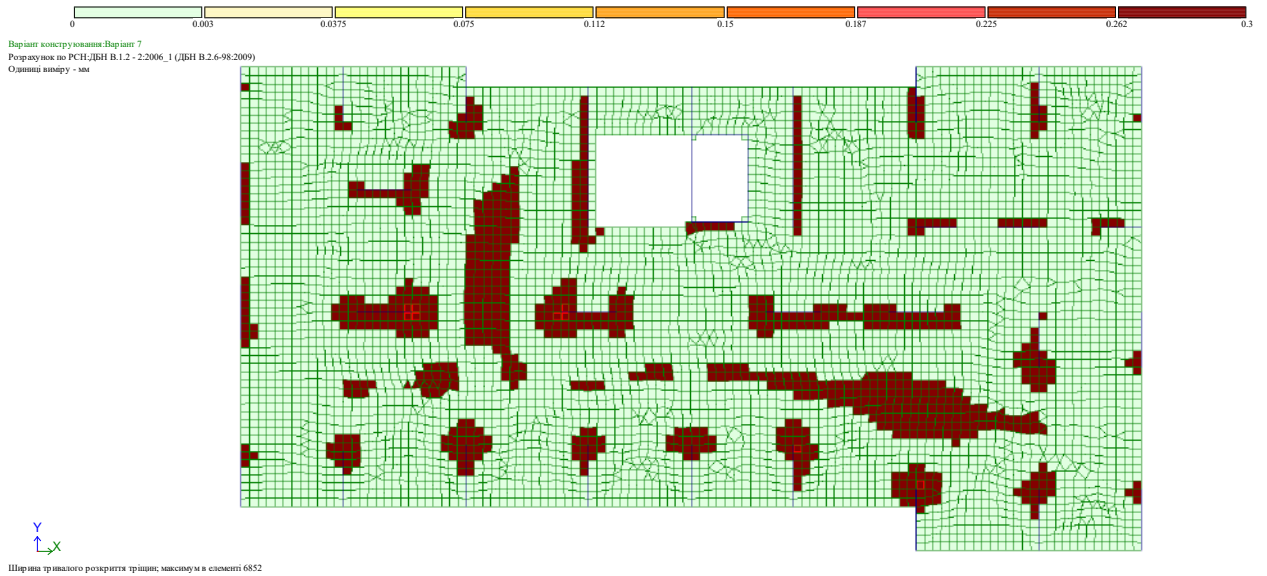


Рис. 3.18. Тривале розкриття тріщин

Згідно результатам розрахунку в програмному комплексі «Ліра-САПР» [22–24] максимальне значення ширини розкриття тріщин при даному способі армування становить  $\Delta=0,3\text{мм}$ .

Перевірка умови допустимих розмірів ширини тріщин:

$$w_k \leq w_{k,lim} = 0,3 \leq 0,3 \text{ мм}$$

**Умова виконується.**

### 3.3. Аналітичний розрахунок плити перекриття за нормами

Таблиця 3.2

Таблиця властивостей матеріалів

Бетон класу C20/25				Арматура класу A500C			
$f_{cd}$	$f_{ck}$	$f_{ctm}$	$\epsilon_{cu,3}$	$f_{yk}$	$f_{yd}$	$f_{ywd}$	$\epsilon_{s0}$
14,5	20	2,6	3,1	500	435	300	2,1%

Ефективна висота плити:

$$d = h - 30 = 150 - 30 = 120 \text{ мм}$$

Відповідно до проведених розрахунків в ПК «Ліра-САПР», були отримані моменти , які зведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Результати розрахунків, отримані в ПК «Ліра-САПР»

Переріз 1-1		
Максимальний момент у верхній зоні плити	M1-1=-14,19 кНм	
Прийнята арматура	6ØA500C Кроком 200	
	14ØA500C Кроком 200	
Переріз 2-2		
Максимальний момент у нижній зоні плити	M2-2=6,27 кНм	
Прийнята арматура	8ØA500C Кроком 200	
Переріз 3-3		
Максимальний момент у верхній зоні плити	M3-3=-13,91 кНм	
Прийнята арматура	6ØA500C Кроком 200	
	14ØA500C Кроком 200	
Переріз 4-4		
Максимальний момент у нижній зоні плити	M4-4= 6,26 кНм	
Прийнята арматура	8ØA500C Кроком 200	

Відносна гранична висота стиснутої зони бетону:

$$\xi_R = \frac{x_{eff}}{d} = \frac{\varepsilon_{cu,3}}{\varepsilon_{cu,3} + \varepsilon_{so}} = \frac{3,1}{3,1 + 2,1} = 0,596;$$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі X при дії максимального моменту:

Переріз 1-1:

$$\alpha_m = \frac{M_{1-1}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{14,19 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot 14,5} = 0,068$$

Звідси:  $\zeta = 0,964$ ;  $\xi = 0,09$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,09 < \xi_R = 0,596$$

$$A_s = \frac{M_{1-1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{14,19 \cdot 10^6}{0,964 \cdot 120 \cdot 435} = 281,99 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 5∅10 А500С;  $A_s^T = 393 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі Х при дії максимального моменту:

Переріз 2-2:

$$\alpha_m = \frac{M_{2-2}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,27 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot 14,5} = 0,03$$

Звідси:  $\zeta = 0,984$ ;  $\xi = 0,04$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,04 < \xi_R = 0,596$$

$$A_s = \frac{M_{2-2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6,27 \cdot 10^6}{0,984 \cdot 120 \cdot 435} = 122,07 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 5∅6 А500С;  $A_s^T = 122,07 \text{ мм}^2$

Визначаємо площу армування у нижній зоні плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 3-3:

$$\alpha_m = \frac{M_{3-3}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{13,91 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot 14,5} = 0,067$$

Звідси:  $\zeta = 0,963$ ;  $\xi = 0,088$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,088 < \xi_R = 0,596$$

$$A_s = \frac{M_{1-1}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{13,81 \cdot 10^6}{0,963 \cdot 120 \cdot 435} = 276,437 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 5∅10 А500С;  $A_s^T = 393 \text{ мм}^2$

Площа верхньої арматури плити вздовж осі У при дії максимального моменту:

Переріз 4-4:

$$\alpha_m = \frac{M_{2-2}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{6,26 \cdot 10^6}{1000 \cdot 120^2 \cdot 14,5} = 0,03$$

Звідси:  $\zeta = 0,984$ ;  $\xi = 0,04$ ;

Перевіряємо варіант руйнування перерізу:

$$\xi = 0,04 < \xi_R = 0,596$$

$$A_s = \frac{M_{2-2}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{6,26 \cdot 10^6}{0,984 \cdot 120 \cdot 435} = 122,01 \text{ мм}^2;$$

Приймаємо: 5Ø6 A500С;  $A_s^T = 122,07 \text{ мм}^2$

**Висновок:** несуча здатність плити забезпечена.

Отримана арматура в ПК «ЛІРА-САПР» відповідає всім розрахунковим та конструктивним вимогам. Арматура яка підібрана «вручну» не може бути використана для армування плити. Так як не було враховано 2-го граничного стану та ширини розкриття тріщин.

**Перевірка несучої здатності перерізу:**

Визачення коефіцієнта армування в перерізі 1-1

$$d = h - a = 150 - 30 = 120$$

$$\rho = \frac{A_s}{bd} \cdot 100\% = \frac{393}{6300 \cdot 120} = 0,0004\%$$

$$\text{Відношення: } \frac{f_{yd}}{f_{cd}} = 30$$

$$\zeta = 1 - 0,5\rho \left( \frac{f_{yd}}{f_{cd}} \right) = 1 - 0,5 \cdot 0,0004 \cdot 30 = 0,994$$

При  $\zeta = 0,994$ :  $\xi = 0,01 < \xi_R = 0,596$

$$M_{Rd} = A_s f_{yd} d \zeta = 393 \cdot 435 \cdot 120 \cdot 0,994 = 20,39 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} = 20,39 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{Rd} = 20,39 \text{ кН} \cdot \text{м} > M_{Ed} = 14,19 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

**Отже несуча здатність перерізу забезпечена!**

Конструювання залізобетонної плити, специфікація арматурних виробів та відомість витрат арматурної сталі представлена на 3 аркуші кваліфікаційної роботи магістра [13].

### 3.4. Розрахунок і конструювання залізобетонних пілонів

Конструювання пілонів ПМ-2-5 та ПМ-2-6. У кваліфікаційній роботі магістра розглядаються залізобетонні пілони двох типів, 1400мм та 1500мм.

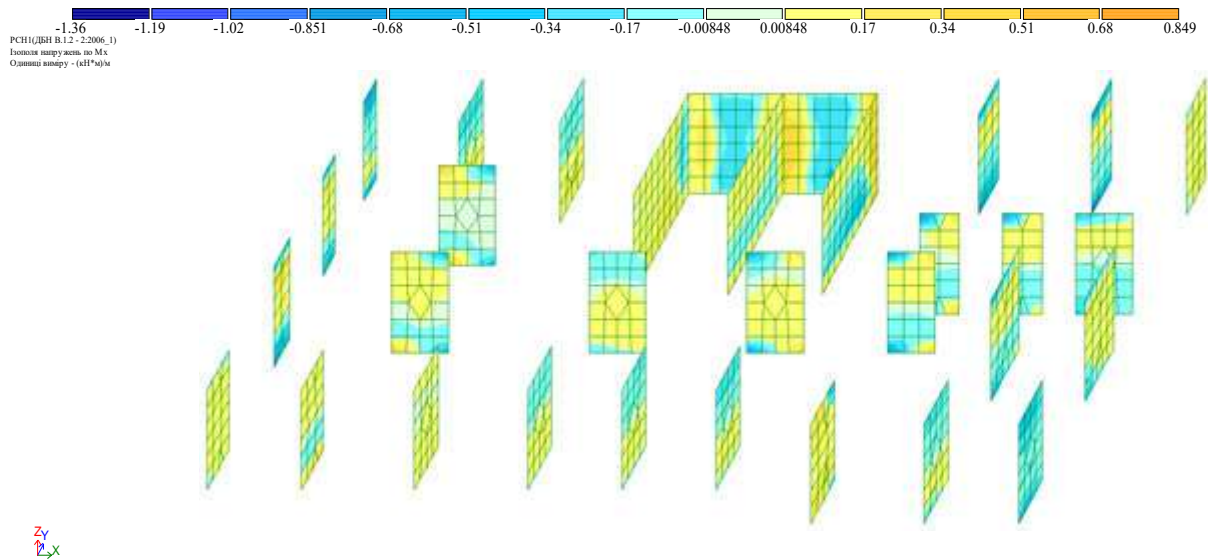


Рис. 3.19. Мозаїка напружень по  $M_x$

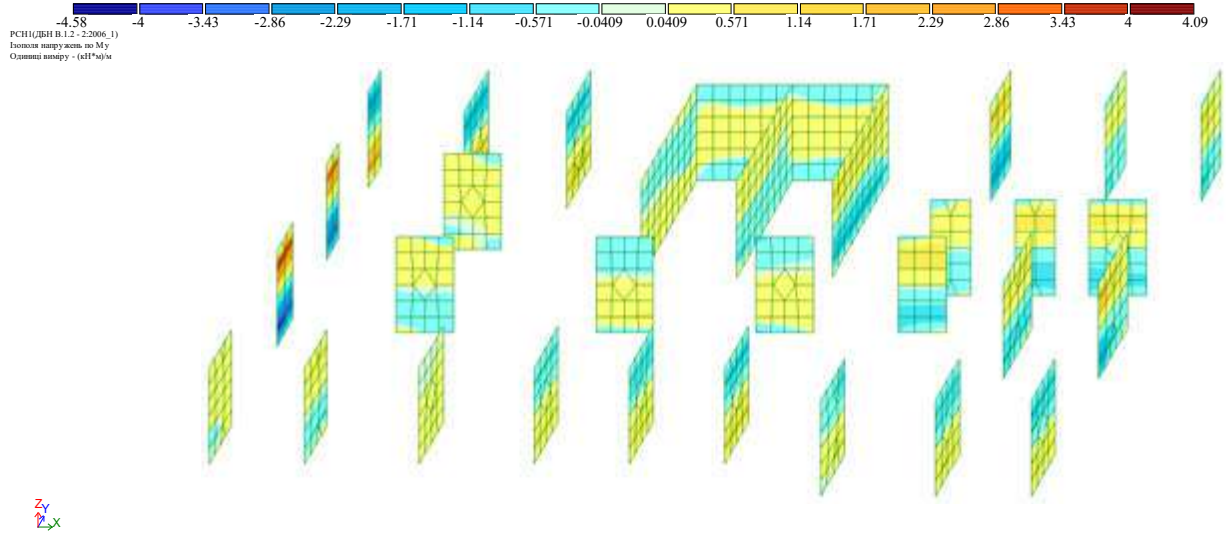


Рис. 3.20. Мозаїка напружень по  $M_y$

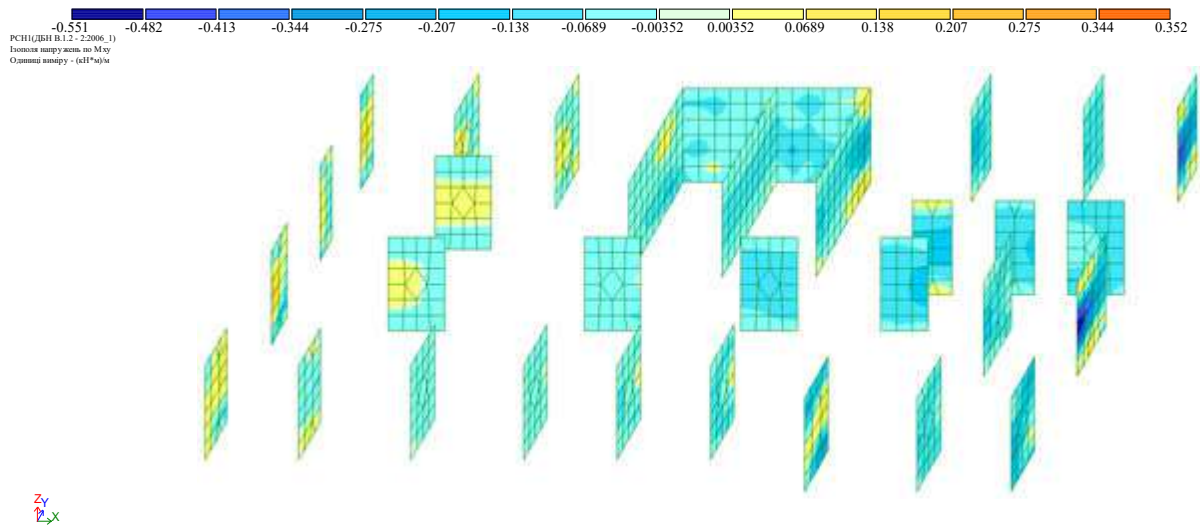


Рис. 3.21. Мозаїка напружень по  $M_{xy}$

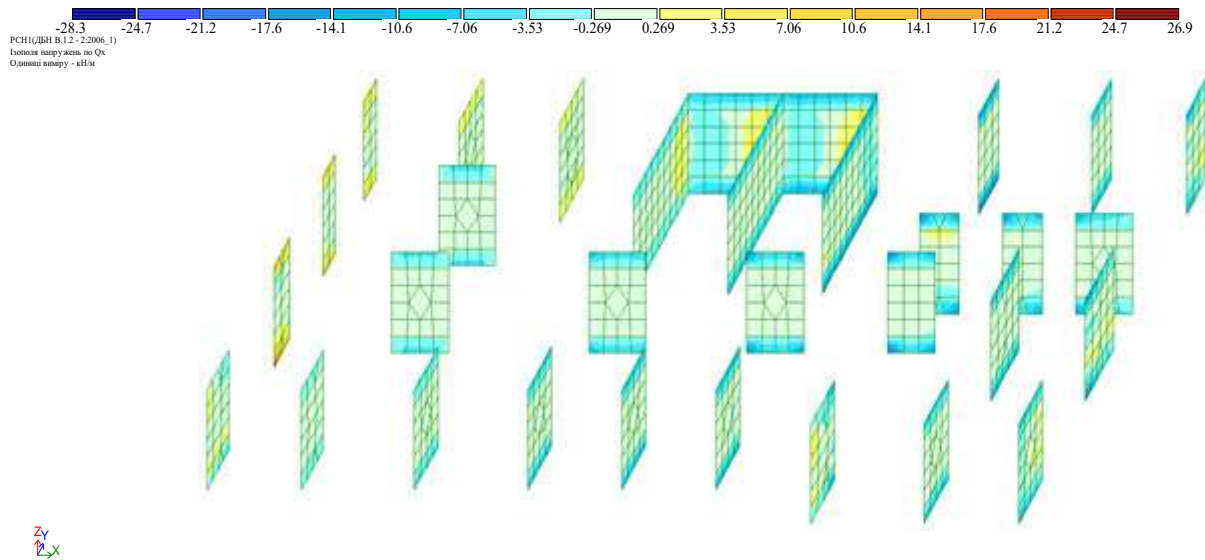


Рис. 3.22. Мозаїка напружень по  $Q_x$

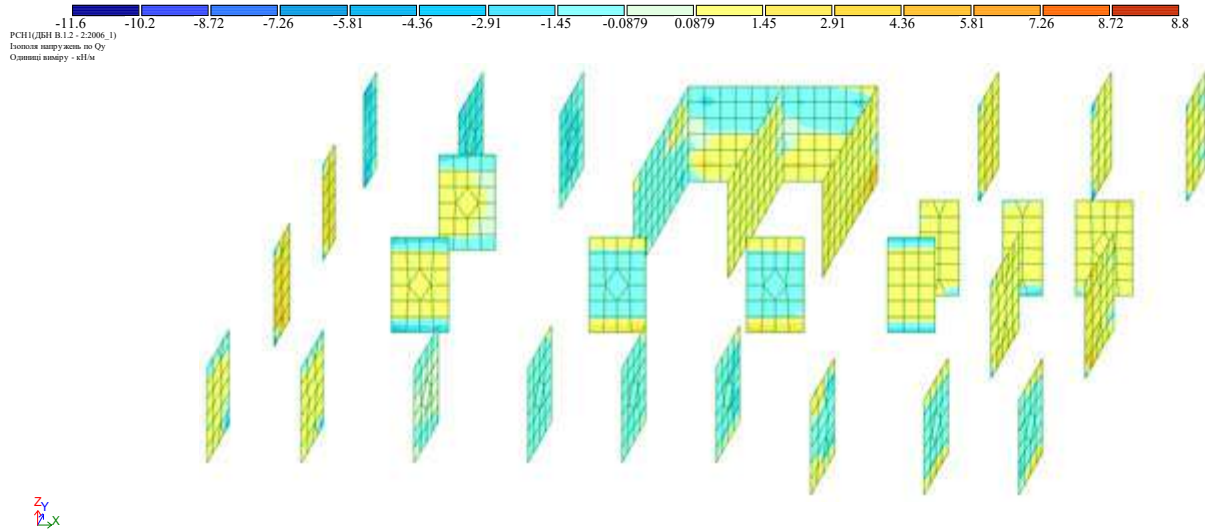


Рис. 3.23. Мозаїка напружень по  $Q_y$

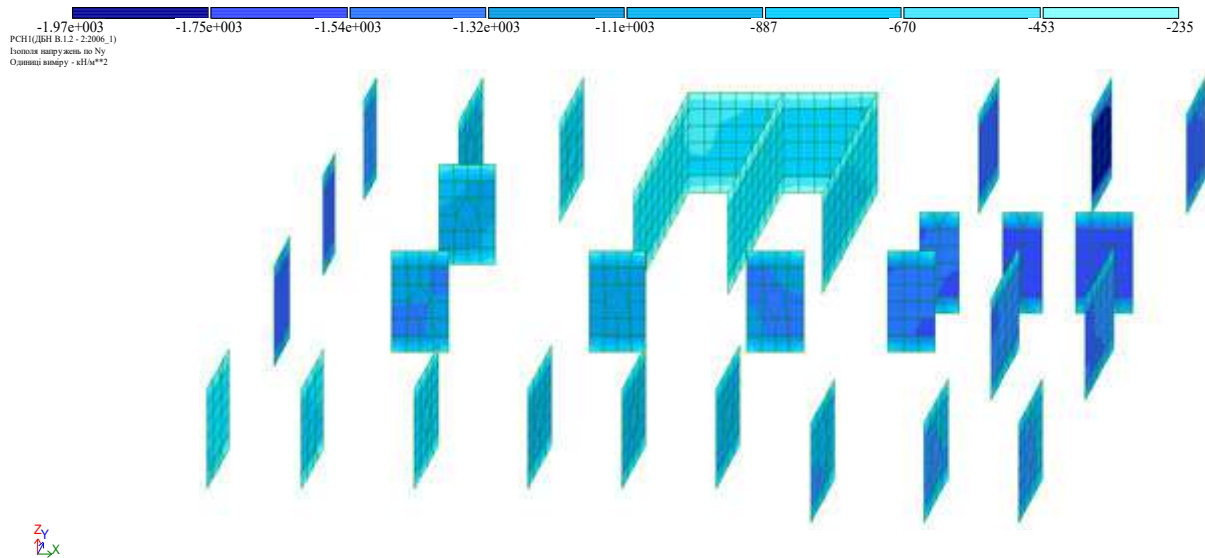


Рис. 3.24. Мозаїка напружень по  $N_x$

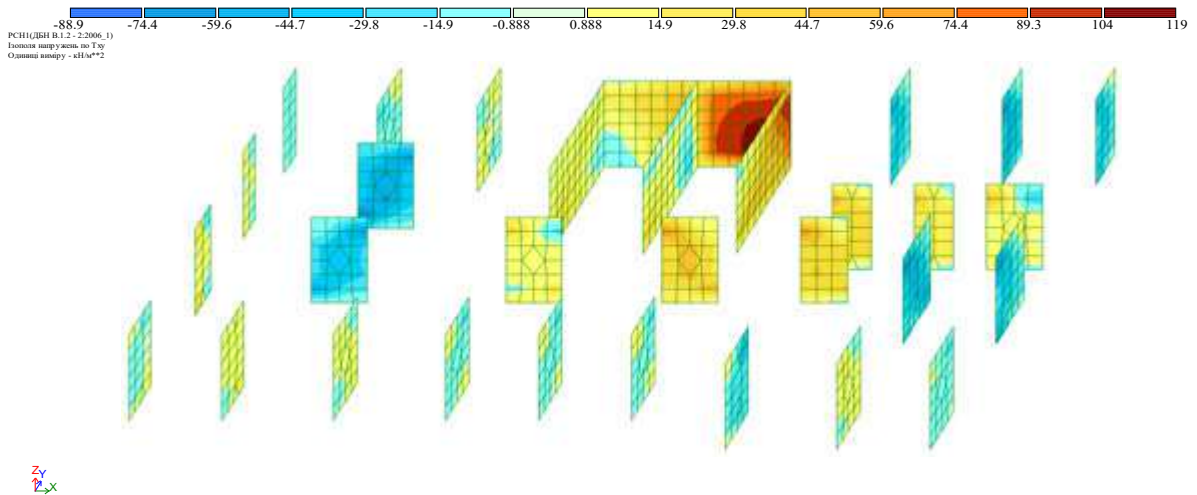


Рис. 3.25. Мозаїка напружень по  $T_{xy}$

Прийняте за розрахуном армування наведено на табл. 3.4 та 3.5.

Конструювання залізобетонних пілонів, специфікація арматурних виробів та відомість витрат арматурної сталі представлена на 4 аркуші кваліфікаційної роботи магістра [13].

Таблиця 3.4

#### Специфікація залізобетонного монолітного пілону ПЛМ-2-5

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
		Деталі			
1 *	ДСТУ 3760:2019	□ 12 А500С L=3600	16	3,2	51,2
2 *	ДСТУ 3760:2019	□ 8 А240С L=2470	38	0,98	37,2
3 *	ДСТУ 3760:2019	□ 6 А240С L=320	19	0,07	1,3
		Матеріали			
		Бетон класу С20/25	0,79		м <sup>3</sup>

Таблиця 3.5

#### Специфікація залізобетонного монолітного пілону ПЛМ-2-6

Поз.	Позначення	Найменування	Кільк.	Маса од., кг	Примітка
		Деталі			
1 *	ДСТУ 3760:2019	□ 12 А500С L=3600	18	3,2	57,6
2 *	ДСТУ 3760:2019	□ 8 А240С L=2270	38	0,90	34,2
3 *	ДСТУ 3760:2019	□ 6 А240С L=320	38	0,07	2,7
		Матеріали			
		Бетон класу С20/25	0,85		м <sup>3</sup>

## **4. ОСНОВИ І ФУНДАМЕНТИ**

### **4.1. Фізико-географічні умови ділянки забудови**

З адміністративного погляду ділянка досліджень розташована в районі перетину вулиць Коцюбинського та Металургів у м. Івано-Франківськ.

Клімат у цьому регіоні є помірно-континентальним [12].

Середньорічна температура найтеплішого місяця липня становить +18-20 °С, а найхолоднішого місяця січня - 6 °С.

Середньорічна кількість опадів складає 560 мм, при цьому дощі становлять 70% від загальної кількості опадів. Тривалість безморозного періоду складає 165 днів, а стабільного снігового покриву - 95 днів, з його висотою до 15-20 см. Максимальна глибина промерзання ґрунту досягає 1,3 метра. Гідрографічна система в регіоні є густою та входить до басейну річки Дністра. Річки відносяться до рівнинного типу, отримують живлення від підземних вод і танення снігу.

Геоструктурно, область вивчень знаходиться в південно-західному секторі Дністерсько-Прутської западини.

Геоморфологічно, територія вивчень розташована на Лівобережній терасовій рівнині придністровського регіону та належить до другої надзаплавної тераси річки Дністра.

Фізико-геологічні процеси, які можуть негативно вплинути на будівництво та експлуатацію будівлі, на майданчику не виявлено.

Поверхня майданчика є порівняно рівною і затверділою, сформованою насипними ґрунтами, і вільною від забудови. Абсолютні висоти коливаються в межах від 136 до 135 метрів.

### **4.2. Інженерно-геологічні умови**

Щодо інженерно-геологічних умов [9], до глибини 20,0 метрів ґрунтові шари включають четвертинні еолово-делювіальні та алювіальні супіски та піски, які перекриваються насипними ґрунтами техногенного походження.

ПЕ 1 (1 гу): насипний ґрунт з асфальтовано-щебеним підси́панням та домішками будівельних матеріалів, зустрічається по всій площі майданчика з товщиною 0,5-2,0 м.

ПЕ 2 (у (1 ііі)): супісок пилюватий, легкопористий, вуглецевий, просідаючий, твердий, текучий при повному насиченні водою, зустрічається всюди з товщиною 0,5-3,8 м.

ПЕ 3 (а ііі): дрібний пісок із гніздами середнього піску, супісок, кварцевий, середньої щільності, невологий, насичений водою нижче рівня ґрунтових вод, шарується на глибині 9,4-16,4 м.

ПЕ 3 а (а ііі): середній пісок кварцевий, середньої щільності, невологий, зафіксований свердловинами № 4-6 з товщиною 3,9-6,9 м.

ПЕ 4 (а ІІІ): пилюватий супісок з тонкими прошарами піску, пластичний, текучий при насиченні водою, зустрічається в середньому на глибині 1,7-2,4 м.

Особливістю геологічної структури ділянки є наявність просадних лесовидних супісків, які можуть спричинити деформації та просідання під впливом зовнішніх та власних навантажень [12].

Гідрогеологічний контекст ділянки характеризується розвитком значущого шару безнапірних ґрунтових вод в алювіальних пісках ПЕ 3. Рівні ґрунтових вод, виміряні під час вишукувань [9], фіксувалися на глибині 17,5–18,4 м від рівня землі, що відповідає абсолютним відміткам від 117,20 до 118,20 м. Цей рівень є близьким до багаторічного середнього положення. Прогнозовані зміни рівня ґрунтових вод протягом року можливі в межах + / - 1,5 м.

Досліджена територія класифікується як потенційно невідтоплювана [10, 11]. Однак при аварійних витоках з водоносних комунікацій, тривалих дощів і інтенсивному сніготаненні можливе формування тимчасової локальної верховодки в насипних ґрунтах ПЕ 1 і на більш глинистих відкладах лесовидних супісків ПЕ 2, що може викликати замочування підвальних приміщень.

Інженерно-геологічні умови майданчика відповідають III (складній) категорії складності.

Результати побудованого інженерно-геологічного розрізу ділянки забутову наведені на 5 аркуші МКР та на рис. 4.1.

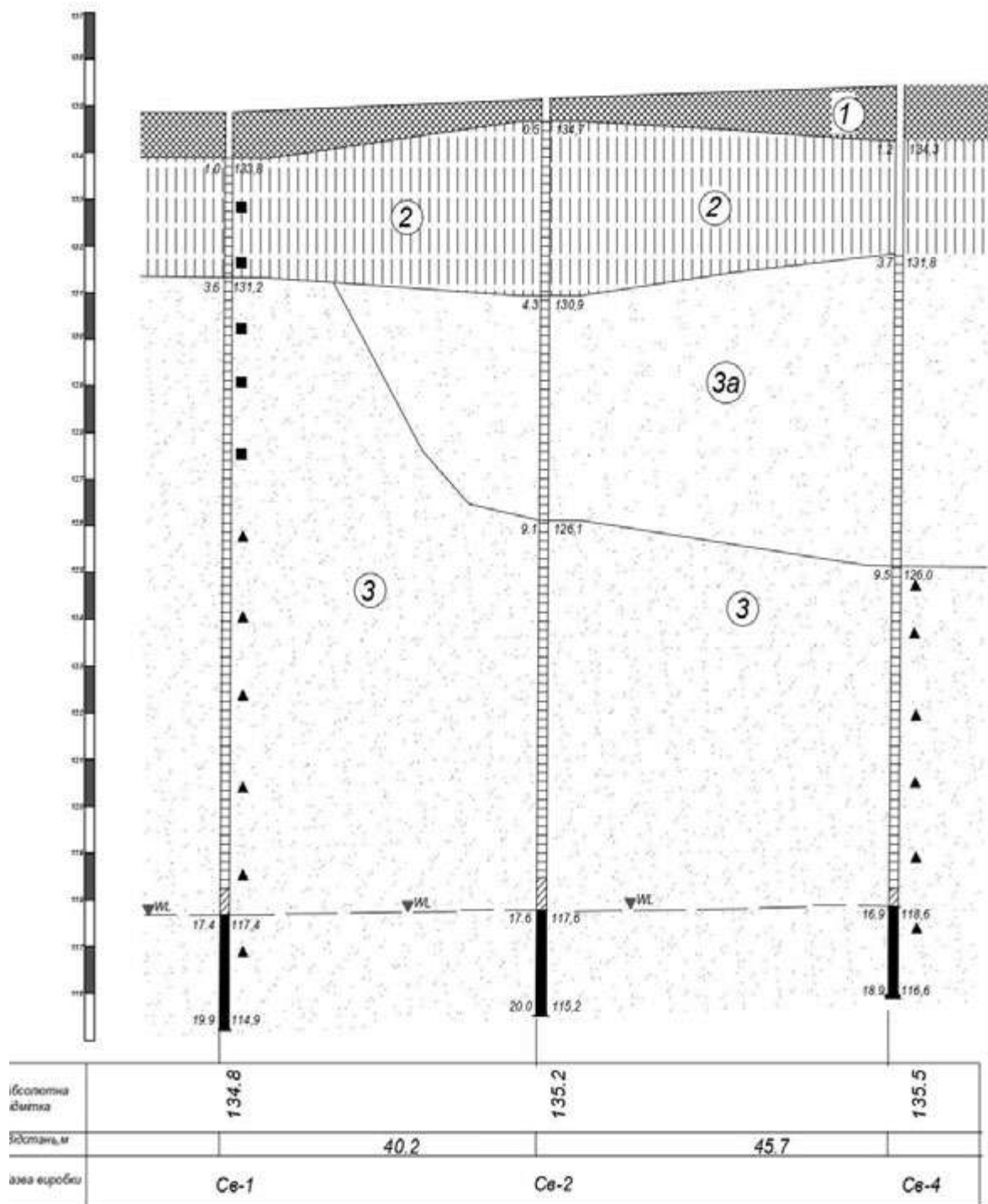


Рис. 4.1. Інженерно-геологічний розріз ділянки забутову [17, 21]

### 4.3. Фізико-механічні властивості ґрунтів ділянки забудови

За гранулометричним складом, піски поділені на дрібні (ІГЕ 3) і середні (ІГЕ). За щільністю складання вони відносяться до середньої щільності, табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Нормативні та розрахункові значення фізико-механічних показників ґрунтів

Індекс зважису на ґрунта	Номер ІГЕ	Номенклатурне найменування ґрунта	Нормативні значення										Розрахункові значення								
			Прогородна вологість	Число пластичності	На межі розкочування	Показник текучості	Коефіцієнт пористості	Ступінь вологості	Щільність	Модуль деформації МПа	Питоме зчеплення кПа	Кут внутрішнього тертя град	Щільність з/см		Питоме зчеплення кПа		Кут внутрішнього тертя град		Складність розробки ДЕН Д.2.2.1-99	Коефіцієнт фільтрації	
			W	Ip	Wp	IL	$\rho_s$	G	$\rho$	E	C	$\varphi$	$\rho I$	$\rho II$	CI	CI	$\varphi I$	$\varphi II$			
IV	1	Наослинний ґрунт							1.75	В якості основи для фундаментів не рекомендується										36б	
vд III	2	Супісь лесова тверда, просадочна	$\frac{0.13}{0.29}$	0.04	0.19	$\frac{<0}{>1}$	0.78	$\frac{0.44}{1.00}$	$\frac{1.70}{1.94}$	$\frac{13.5}{7.5}$	10	26	$\frac{1.67}{1.90}$	$\frac{1.68}{1.91}$	5	7	23	24	36б	0.55	
a III	3	Пісок дрібний, середньої щільності	$\frac{0.06}{0.24}$	-	-	-	0.66	$\frac{0.24}{0.98}$	$\frac{1.69}{2.00}$	25	2	31	1.68	1.69	1	2	28	31	29в	3-5	
a III	3а	Пісок середньої крупності, середньої щільності	$\frac{0.06}{0.23}$	-	-	-	0.63	$\frac{0.25}{0.98}$	$\frac{1.73}{2.02}$	30	1	35	1.72	1.73	0	1	32	35	29в	5-7	
a III	4	Супісь пилувата, пластична	$\frac{0.12}{0.28}$	0.05	0.16	$\frac{0.2}{>1}$	0.76	$\frac{0.62}{1.00}$	$\frac{1.79}{1.96}$	10	11	21	$\frac{1.78}{1.94}$	$\frac{1.79}{1.95}$	7	11	18	21	36а	0.5	

Примітка: в чисельнику-при природній вологості;  
в знаменнику-при повному насиченні водою та нижче рівня ґрунтових вод.

Лесовидні пилуваті супіски (ІГЕ 2) мають просадні властивості при замочуванні, набуваючи текучий стан і різко знижуючи міцність та деформаційні характеристики. Початковий просадний тиск цих супісків коливається від 0,11 до 0,15 МПа. Значення відносної просадочності при навантаженнях від 0,05 до 0,30 МПа наведені в додатку 1. Сумарна просадка від власної ваги ґрунту при замочуванні становить 0 см. Осідання ґрунтів від власної ваги класифікується як перший тип.

Нормативні та розрахункові показники фізико-механічних властивостей ґрунтів [17], виокремлених у класі ІГЕ, були обчислені на основі результатів вишукувань.

У результаті хімічних аналізів встановлено, що ґрунтові води не проявляють агресивних властивостей до будь-якої марки бетону за водонепроникністю та арматури залізобетонних конструкцій при їх постійному зануренні.

Для забезпечення стійкості будівлі та ефективності захисних заходів рекомендується:

- влаштування водонепроникної покрівлі по периметру будівлі з врахуванням необхідної ширини і ухилу;
- гідроізоляція підземних конструкцій;
- якісна засипка котлованів і траншеї для запобігання утворенню витоків води;
- влаштування ефективної системи відведення дощових і талих вод з дахів та інших площ.

Під час робіт з копання котлованів та влаштування фундаментів необхідно використовувати методи, які не погіршують фізико-механічні властивості ґрунту на підготовленій підставі (уникати промерзання та замочування) та не призводять до втрат стійкості стін котловану. Урізка котловану має проводитись з невеликим недобором ґрунту до проектної глибини (10-15 см). Зачистка дна котловану слід виконувати безпосередньо перед укладанням фундаменту.

При наявності насипних ґрунтів у котловані їх слід замінити ущільненими ґрунтовими подушками з місцевого глинистого ґрунту.

#### 4.4. Розрахунок фундаменту під стіну

Вихідні дані:

Навантвження від стіни нормативне:  $N_{\text{нб}} = 579,159 \text{ е́т} / \text{м}$

Навантвження від стіни розрахункове:  $N_{\text{нб} \cdot \text{дї} \cdot \text{сб}} = 579,159 \cdot 1,1 = 637,074 \text{ е́т} / \text{м}$

Розрахункове навантаження на палю:  $N_{\text{ї} \cdot \text{а} \cdot \text{е}^3}^{\text{дї} \cdot \text{сб}} = 655,77 \text{ е́т}$

Важкий бетон C16/20 :  $R_{bt} = 0,9 \text{ МПа}$ ;  $R_{bser} = 11,5 \text{ МПа}$

Визначаємо необхідну кількість палей:

$$n = \frac{\gamma_k \cdot N_{\text{норм}}}{N_{\text{норм}} - a \cdot d \cdot \gamma_{mt}} = \frac{1,4 \cdot 637,074}{655,77 - 1,2^2 \cdot 2 \cdot 19,17} = \frac{891,90}{600,56} = 1,48 \text{ шт}$$
 приймаємо 2 шт

на 1м фундаменту.

$$\gamma_k = 1,4$$

$$a = l = (3 \dots 6) \cdot b = 1,2$$

$\gamma_{mt}$  – середнє значення розрахункової питомої ваги ґрунту і матеріалу ростверку.

$$\gamma_{mt} = \frac{\gamma_{II}' + \gamma}{2} = \frac{13,34 + 25}{2} = 19,17 \text{ кН/м}^3$$

Відстань між вісями палей:

$$l = 3 \cdot b = 3 \cdot 0,4 = 1,2 \text{ м}$$

$$b = 0,4 \text{ м} \text{ – сторона палі.}$$

Відстань від краю ростверка до зовнішньої поверхні палі, для дворядного розміщення палей:

$$l_0 = 0,3 \cdot b + 5 = 0,3 \cdot 40 + 5 = 17 \text{ мм}$$

Приймаємо кінцевий результат кратним 5;  $l_0 = 20 \text{ мм}$

Висота ростверку приймаємо  $h_p = 0,5 \text{ м}$  з розрахунку фундаменту під колону на продавлювання. Так як будівля багатоповерхова фундаменти окремостоячі будуть об'єднуватись між собою стрічками.

Ширина ростверка

$$b_p = l + 2 \cdot l_0 + b = 1,2 + 2 \cdot 0,2 + 0,4 = 2 \text{ м}$$

Знаходимо вагу ростверка на 1м довжини фундаменту:

Нормативне:

$$G_{\delta}^{i \text{ норм}} = b_p \cdot h_p \cdot l_p \cdot \rho = 2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,025 = 0,025 \text{ т/м} = 25 \text{ кН/м}$$

Розрахункове:

$$G_{\delta}^{\text{розр}} = 1,1 \cdot G_{\delta}^{i \text{ норм}} = 1,1 \cdot 0,025 = 0,0275 \text{ т/м} = 27,5 \text{ кН/м}$$

Навантаження на ростверк від ваги ґрунту:

Нормативне:

$$G_{\text{доді о а}}^{i i \delta i} = \frac{(2-0,4) \cdot 1,5 \cdot 0,0185}{2} = 0,0222 \text{ і } \dot{\text{і}}$$

Розрахункове:

$$G_{\text{доді о а}}^{\delta i \zeta \delta} = 0,0222 \cdot 1,1 = 0,0244 \text{ і } \dot{\text{і}} = 24,4 \text{ еі}$$

Визначаємо навантаження яке припадає на одну палю:

$$N = \frac{N_{\text{н.д. оі о а}} + G_{\delta}^{\delta i \zeta \delta} + G_{\text{доді о а}}^{\delta i \zeta \delta}}{n} = \frac{637,074 + 27,5 + 24,4}{2} = 344,487 \text{ еі}$$

$n = 2$  – кількість паль

Перевірка умови

$$N = 344,487 \text{ еі} \leq N_{i \text{ а е в}}^{\delta i \zeta \delta} = 655,77 \text{ еі}$$

### Розрахунок на продавлювання

Робочу висоту днища ростверка визначаємо за допомогою рівняння:

$$\frac{0,24}{\tilde{N}} \cdot h_d^2 + 0,64 \cdot h_d - \frac{P-A}{B} = 0, \text{ де}$$

$C$  – відстань від площини краю пілону до внутрішньої поверхні найближчої палі

$$C = \frac{1,2 - 0,4 - 0,5}{2} = 0,15 \text{ і}$$

$$m_c = 0,8 \cdot \left( \frac{\hat{A}_\delta}{\alpha} - 1 \right) \leq 3, \text{ де}$$

$\hat{A}_\delta = 2 \text{ і}$  – сторона підшви ростверка

$\alpha = 0,5 \text{ і}$  – сторона пілону

$$m_c = 0,8 \cdot \left( \frac{2}{0,5} - 1 \right) = 2,4 \text{ і}$$

$$A = m_c \cdot (R_{bt} + \mu' \cdot m_a \cdot R_s) \cdot a \cdot h_1 = 2,4 \cdot 900 \cdot 0,5 \cdot 0,55 = 594 \text{ еі}$$

$$\hat{A} = 4 \cdot R_{bt} \cdot (a + C) = 4 \cdot 900 \cdot (0,5 + 0,15) = 2340 \text{ еі}$$

$m_a = 0,5$  – коефіцієнт умов роботи арматурної сітки.

Знаючи, що стаканній частині ростверка є арматура, коефіцієнт армування  $\mu'$  не приймаємо до уваги.

Тоді:

$$\frac{0,24}{0,15} \cdot h_d^2 + 0,64 \cdot h_d - \frac{2285,24 - 594}{2340} = 0$$

$$1,6 \cdot h_d^2 + 0,64 \cdot h_d - 0,72 = 0$$

$$h_d = \frac{-0,64 + \sqrt{0,64^2 + 4 \cdot 1,6 \cdot 0,72}}{2 \cdot 1,6} = \frac{-0,64 + \sqrt{5,01}}{3,2} = 0,5 \text{ м}$$

Діюче розрахункове навантаження в кутових палях:

$$N_{i \text{ в } \tilde{e}^3} = \frac{N_k + G_{p. \text{ в } \tilde{e}^3}}{n} = \frac{2513,76 + 49,5}{4} = 640,625 \quad 655,77 = N_{i \text{ в } \tilde{e}^3}$$

Визначаємо величини згинаючого моменту в перетині I-I

$$M_{I-I} = \sum N_{i \text{ в } \tilde{e}^3} \cdot \tilde{N} = 640,625 \cdot 2 \cdot 0,15 = 192,187 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Площа поперечного перетину арматури в плиті розтерка:

$$A_s = \frac{M_{I-I}}{0,9 \cdot R_s \cdot h_d}, \text{ де}$$

$R_s = 340 \text{ МПа}$  – арматура класу А300С

$$A_s = \frac{192187}{0,9 \cdot 340 \cdot 50} = 12,56 \text{ м}^2$$

Приймаємо в двох напрямленнях  $8 \phi \text{ } \tilde{e}^3 \text{ } \tilde{e}^3 - 222 \quad A_s = 16,07 \text{ м}^2$  кроком 250мм.

#### 4.5. Розрахунок пальового фундаменту із бурін'єкційних паль

Визначення несучої здатності палі по ґрунту.

Несуча здатність палі по ґрунту.

Вихідні дані. Встановлення довжини палі.

Район будівництва-м. Івано-Франківськ [12]

Приймаємо довжину палі 16,0м, і її посадку на 15,8м в ґрунт,  $d = 400 \text{ мм}$ ., виходячи з норм проектування.

Розрахункова схема для визначення несучої здатності палі по ґрунту.

Визначення несучої здатності палі по ґрунту.

Несучу здатність по ґрунту бурюін'екційних паль визначають за формулою:

$$Q_d = \gamma_c (\gamma_{CRRA} + u \sum \gamma_{cf} h_i i_i)$$

де,  $\gamma_c=1$ ,  $\gamma_{CR}=1$ ,  $\gamma_{cf}=0,8$  – при зануренні паль бурінням;

$$A = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{\pi \times 0,4^2}{4} = 0,126 \text{ м}^2 \text{ - площа поперечного перерізу палі;}$$

$$U = \pi \times d = \pi \times 0,4 = 1,256 \text{ м - зовнішній периметр палі.}$$

Глибина нижнього кінця палі від природнього рельєфу  $H=15,8$ м. Розрахунковий опір  $R$  ґрунту під нижнім кінцем палі визначаємо інтерполяцією:

$$R = 3500 + \frac{3800 - 3500}{15 - 10} (15,8 - 15) = 3536 \text{ кПа;}$$

Середня глибина розміщення елементарних шарів буде:

- 1)  $H_1 = 3500 + 300 + 500/2 = 4050 \text{ мм;}$
- 2)  $H_2 = 4050 + 500/2 + 2000/2 = 5300 \text{ мм;}$
- 3)  $H_3 = 5300 + 2000/2 + 2000/2 = 7300 \text{ мм;}$
- 4)  $H_4 = 7300 + 2000/2 + 2000/2 = 9300 \text{ мм;}$
- 5)  $H_5 = 9300 + 2000/2 + 2000/2 = 11300 \text{ мм;}$
- 6)  $H_6 = 11300 + 2000/2 + 100/2 = 12350 \text{ мм;}$
- 7)  $H_7 = 12350 + 100/2 + 1700/2 = 13250 \text{ мм;}$
- 8)  $H_8 = 13250 + 1700/2 + 1300/2 = 13850 \text{ мм;}$

Розрахунковий опір по бічній поверхні палі, табл. 4.2.

Номер розрахункового елемента	$H_i, \text{м}$	$f_i, \text{м}$	$h_i, \text{м}$	$\gamma_{cf}$	$f_i h_i \gamma_{cf}, \text{кН/м}$
1	3,8	0	0,5	0,6	0
2	5,8	0	2	0,6	0
3	7,8	56,67	2	1	113,34
4	9,8	32,62	2	1	65,24
5	11,8	32,02	2	1	64,04
6	11,9	43,83	0,1	1	4,383
7	13,6	45	1,7	1	76,5
8	14,9	46,1	1,3	1	59,93
					383,433

Разом:  $\sum \gamma_{cf} h_i f_i = 383,43 \text{ кПа.}$

Визначаємо несучу здатність палі по ґрунту:

Допустиме розрахункове навантаження на одну палю:

$$F_d = \frac{F_d}{\gamma_k} = \frac{939,72}{1,4} = 671,23 \text{ кН.}$$

Приймаємо до подальшого розрахунку 2 палі та розміщуємо їх в плані так, щоб мінімальна відстань між палями не була меншою за:

$$L_{min} = 1 + d = 1 + 0,4 = 1,4 \text{ м}$$

Визначення необхідної відстані між палями (L) та порівняти її з мінімальною.

$$L = \frac{N}{N_l} = \frac{671,23}{805,48} = 0,83 \text{ м} < \square_{min} \square = 1,4 \text{ м, п}$$

Приймаємо розміщення палей в шаховому порядку.  $2L = 1,67 \text{ м}$ , приймаємо  $L = 1,7 \text{ м}$ . Відстань між палями по діагоналі  $1 + d = 1,4 \text{ м}$ . Тоді відстань між осями палевих рядів  $L_2$ :

$$L_2 = \sqrt{(1 + d)^2 - \left(\frac{L_1}{2}\right)^2} = \sqrt{(1,4)^2 - (0,83)^2} = 1,06 \text{ м. Приймаємо } L_2 = 1,1 \text{ м.}$$

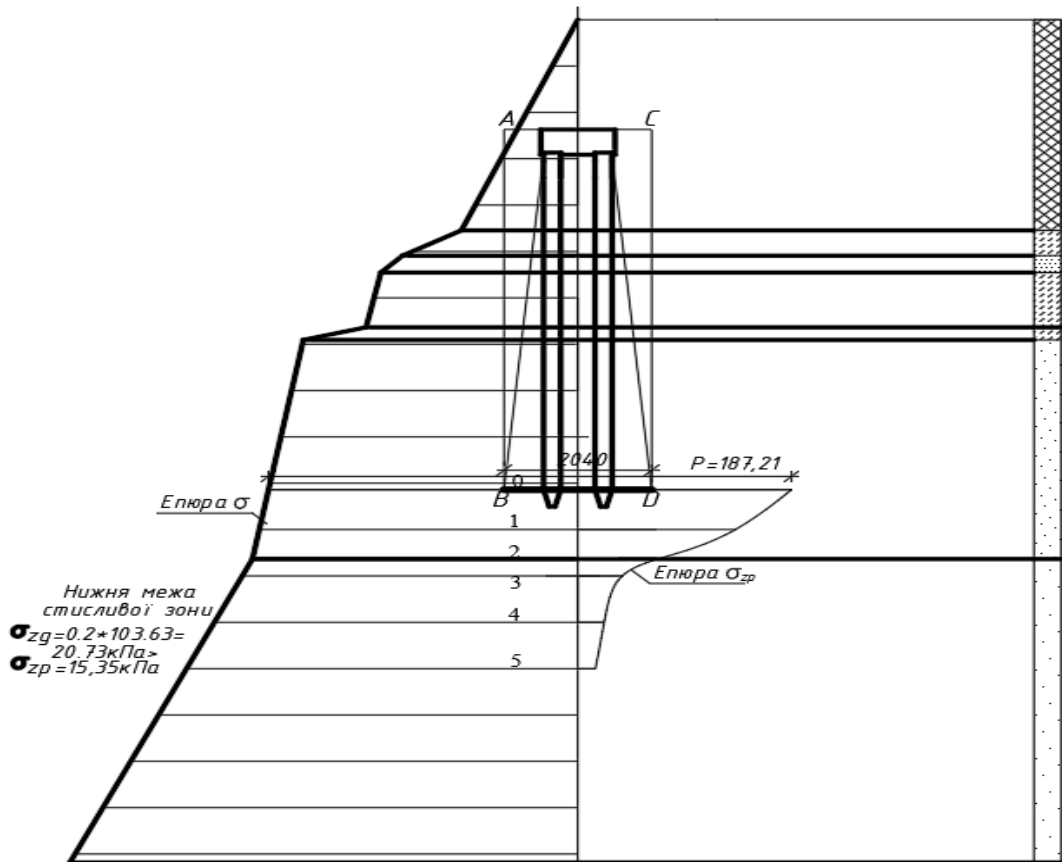


Рис. 4.2. Розрахункова схема палевого фундаменту та епюри напружень

## 5. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

### 5.1. Загальна характеристика наукового дослідження

У науково-дослідницькій частині магістерської кваліфікаційної роботи виконаний пошук оптимальних параметрів фундаментних конструкцій житлового будинку в складних інженерно-геологічних умовах м. Івано-Франківська.

**Мета роботи** полягає у дослідженні та визначенні оптимальних параметрів фундаментних конструкцій для житлового будинку в умовах складної інженерно-геологічної ситуації міста Івано-Франківська шляхом забезпечення стійкості, безпеки та ефективності будівельної конструкції.

#### **Основні задачі:**

1. Аналіз інженерно-геологічних умов місцевості та вивчення властивостей ґрунтів.
2. Визначення та розрахунок навантажень, які впливають на фундаментні конструкції.
3. Розробка різних варіантів фундаментних рішень та їхнє порівняння з урахуванням технічних, економічних та екологічних аспектів.
4. Визначення оптимальних параметрів фундаменту, які забезпечать найвищий рівень безпеки та тривалості експлуатації будівлі.
5. Формулювання рекомендацій для практичного використання отриманих результатів у проектуванні та будівництві житлових будинків в умовах міста Івано-Франківська.

**Методи дослідження** можна розділити за наступними категоріями:

#### 1. Інженерно-геологічні дослідження:

- збір та аналіз геологічних карт та розрізів місцевості;
- буріння для взяття зразків ґрунтів та їх аналіз;
- визначення гідрогеологічних умов.

#### 2. Розрахунково-аналітичні методи:

→ розрахунок вертикальних та горизонтальних навантажень на фундамент.

→ використання сучасних програмних засобів для моделювання різних варіантів фундаментних систем.

### 3. Експериментальні дослідження:

→ фізичні моделі для вивчення поведінки фундаменту під впливом навантажень.

→ вимірювання деформацій та осідань під час будівництва та експлуатації.

### 4. Комп'ютерне моделювання:

→ використання програмного забезпечення для чисельного аналізу фундаментних конструкцій в різних умовах.

### 5. Економічний аналіз:

→ розгляд вартості та ефективності різних варіантів фундаментів.

### 6. Екологічні оцінки:

→ урахування впливу будівництва на природне середовище та розробка заходів щодо зменшення негативних наслідків.

Застосування цих методів у поєднанні дозволяє отримати комплексні дані та забезпечити оптимальний вибір параметрів фундаментних конструкцій для житлового будинку в умовах міста Івано-Франківська.

**Новизна досліджень:** проведене дослідження дає змогу виявити закономірності зміни НДС під час моделюванні різних варіантів будівель.

### **Практична цінність кваліфікаційної роботи:**

**1. Ефективніше проектування фундаментів:** Результати дослідження дозволять розробляти більш точні та ефективні проекти фундаментів для житлових будинків в умовах міста Івано-Франківська. Це зменшить ризики виникнення проблем під час будівництва та експлуатації.

**2. Економія ресурсів.** Оптимізація фундаментних конструкцій дозволить раціонально використовувати будівельні матеріали і зменшити

витрати на будівництво. Це є важливим фактором у сучасних умовах сталого розвитку та раціонального використання ресурсів.

**3. Забезпечення надійності і експлуатації житлової будівлі.** Дослідження спрямоване на забезпечення максимальної надійності та тривалості фундаментних систем, що сприяє стійкості будівель та забезпечує їх безпеку протягом тривалого періоду експлуатації.

**4. Урахування екологічних аспектів.** Врахування впливу будівництва на навколишнє середовище сприяє розвитку екологічно чистих технологій та підходів до будівельної справи.

**5. Забезпечення безпечної експлуатації конструкцій.** Дослідження спрямоване на визначення параметрів, які забезпечать стійкість та безпеку будівель у разі різних навантажень та умов ґрунтового покриття.

## **5.2. Сучасний стан проблеми обраного дослідження**

У ході даного дослідження було проведено аналіз різних варіантів розташування паль для визначення найбільш оптимального варіанту для багатоповерхового будинку. Проведений розрахунок пального поля, побудованого за традиційною схемою "регулярна сітка" з певним кроком, та проведений детальний аналіз роботи паль у різних зонах.

У результаті вивчення було розроблено більш ефективне розташування паль, з урахуванням ефективного розподілу зусиль в палях. Це забезпечує більш повну роботу як окремих паль, так і всього пального фундаменту.

Чисельне моделювання виконано з використанням розрахункового комплексу ПК «Ліра-САПР» [22–24], базуючись та із урахуванням наявних напрацювань провідних фахівців галузі [17, 19, 20, 34, 36–40 та ін.].

Результати аналізу свідчать про те, що периферійні (бокові) палі є найбільш навантаженими, водночас середні палі залишаються недостатньо навантаженими. Також виявлено, що палове поле приймає близько 89% від загального навантаження, тоді як фундаментна плита отримує лише 11%.

Шляхом раціонального розташування паль було досягнуто зменшення їхньої кількості на 18%. Цей результат було досягнуто за рахунок збільшення кількості паль у периферійній зоні та зменшення їх у середній.

Виявлено, що раціональне розташування паль дозволяє зменшити згинальні моменти у палях. Оскільки значення згинальних моментів в значній мірі залежить від конструктивних та архітектурно-планувальних рішень будівлі. У випадку, коли палі розташовані за регулярною сіткою, вони не потрапляють під несучі конструкції будівлі, що спричиняє зростання згинальних моментів у плиті.

Кожен проектувальник повинен забезпечити максимальну надійність споруди та уникнення нерівномірних деформацій основи. Таким чином, вирішальним є розробка схеми, яка враховує найгіршу роботу каркасу в умовах найгіршого стану основи, щоб передбачити можливі аварійні ситуації на об'єкті.

Будівля та основа утворюють систему зворотного зв'язку, тому важливим є врахування форми та жорсткості надземних конструкцій при визначенні деформацій.

Запропоновано методикау варіаційних розрахунків через числове моделювання взаємодії каркасного будинку із ґрунтовою основою у програмному комплексі "Ліра-САПР" [22–24].

У ході дослідження було проведено розрахунок трьох варіантів фундаментної плити за допомогою чисельного тривимірного моделювання з врахуванням зміни параметрів бетону.

**Перший варіант** використовував двовимірні елементи оболонки (класичний метод), другий варіант моделював плиту за допомогою двовимірних елементів товстої оболонки (врахування уточнювальної теорії), а третій варіант використовував метод скінченних елементів з врахуванням характеристик бетону.

Різниця між першим і другим варіантами є невеликою для значень згинальних моментів та їх розподілу по плиті, але відчутною для розподілу

поперечних сил. Використання методу моделювання товстих плит з використанням об'ємних скінченно-елементних елементів дозволяє краще описати роботу фундаментної плити, наближаючи її до реальної ситуації.

Отже, для будівель не підвищеної відповідальності можна використовувати двовимірні скінченні елементи, але для більш складних задач використання тривимірних скінченних елементів є необхідним, оскільки це дозволяє більш точно аналізувати несучу здатність споруди та вивчати розповсюдження деформацій як у площині, так і в товщині плити.

### **5.3. Результати аналізу взаємодії житлової будівлі з ґрунтовою основою**

У МКР роботі було проведено дослідження, спрямоване на вивчення впливу конструктивної схеми фундаментів на напружено-деформований стан основи.

Для досягнення цієї мети були виконані розрахунки напружено-деформованого стану системи "основа-фундамент-надземні конструкції" з використанням трьох різних типів паль:

- **варіант №1** → буронабивні пальові фундаменти довжиною 5м та діаметром 600мм;
- **варіант №2** → буронабивні пальові фундаменти довжиною 8м та діаметром 400мм;
- **варіант №3** → забивні пальові фундаменти довжиною 5м та перерізом 400×400мм.

Для кожного з цих варіантів було проведено аналіз впливу товщини ростверку на внутрішні зусилля в ньому.

З метою більш точного дослідження впливу конфігурації ростверку на перерозподіл зусиль в палях було вирішено розглядати розташування паль в плані як найбільш близьке одне до одного.

Дослідження було здійснено з використанням програмного комплексу Ліра-САПР-2022 [22–24]. Ґрунтові умови були визначені за допомогою модуля "Ліра-ГРУНТ".

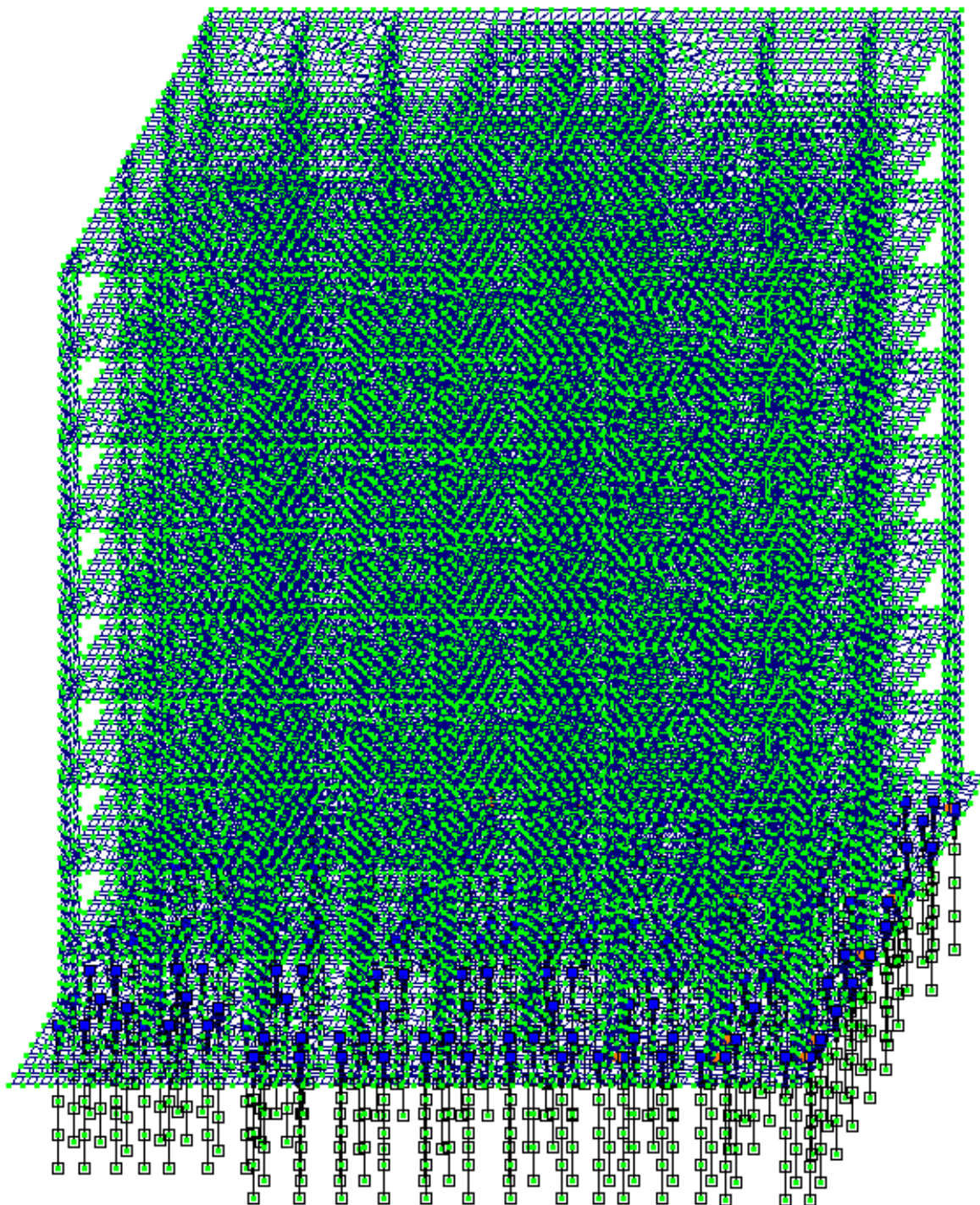


Рис 5.1. Скінчено-елементна модель багатоповерхового житлового будинку у м. Івано-Франківськ



Рис. 5.2. План пального поля житлової будівлі

### 5.3.1. Основні результати моделювання за першим варіантом

Результати дослідження напружено-деформованого стану конструкцій будинку – *буронабивні палові фундаменти довжиною 5м та діаметром 600мм.*, рис. 5.3. – 5.8.

Початкові розрахунки були виконані для плитного ростверку товщиною 600 мм. У розрахунках використовувалися буроін'єкційні палі діаметром 600 мм та довжиною 5 м, з несучою здатністю  $F_{d,g}=506.7\text{кН}$ .

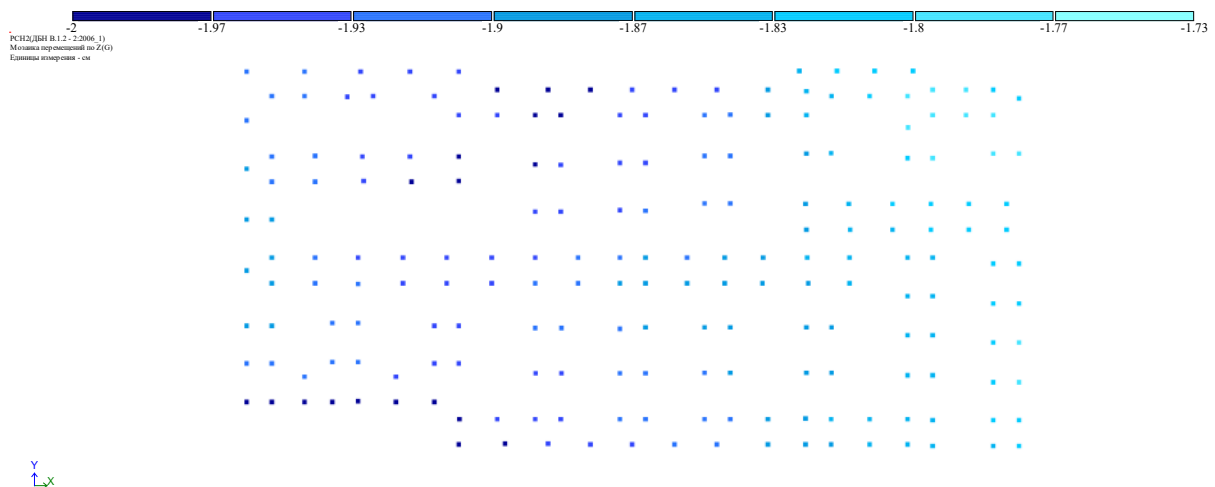


Рис. 5.3. Ізополя переміщень плити вздовж осі «Z», мм

З метою забезпечення необхідної несучої здатності фундаментних конструкцій було використано 204 паль.



Рис. 5.4 Ізополя переміщень плити  $U_x$ , рад

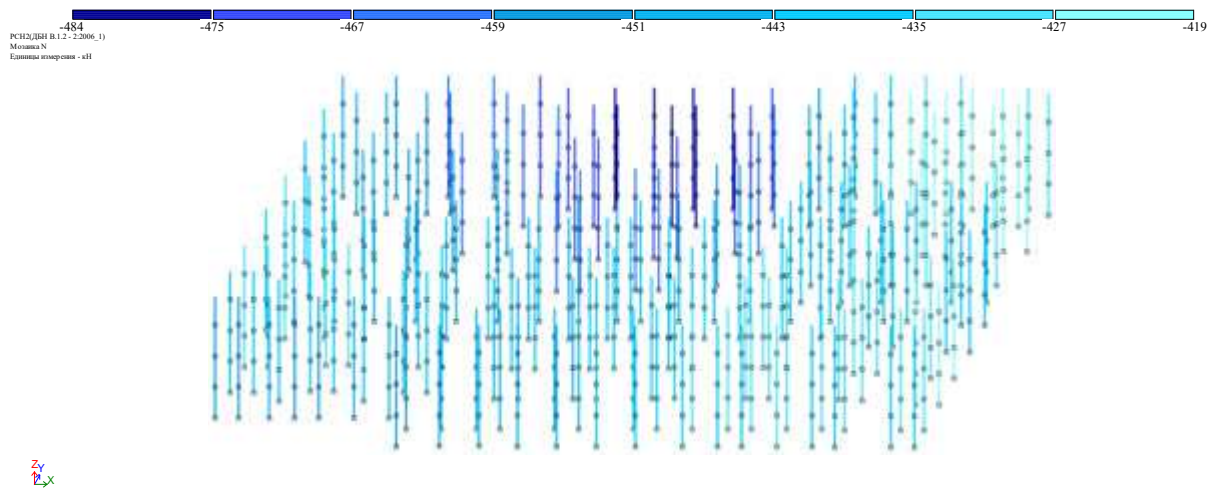


Рис. 5.5 Мозаїка максимальних зусиль по  $N$

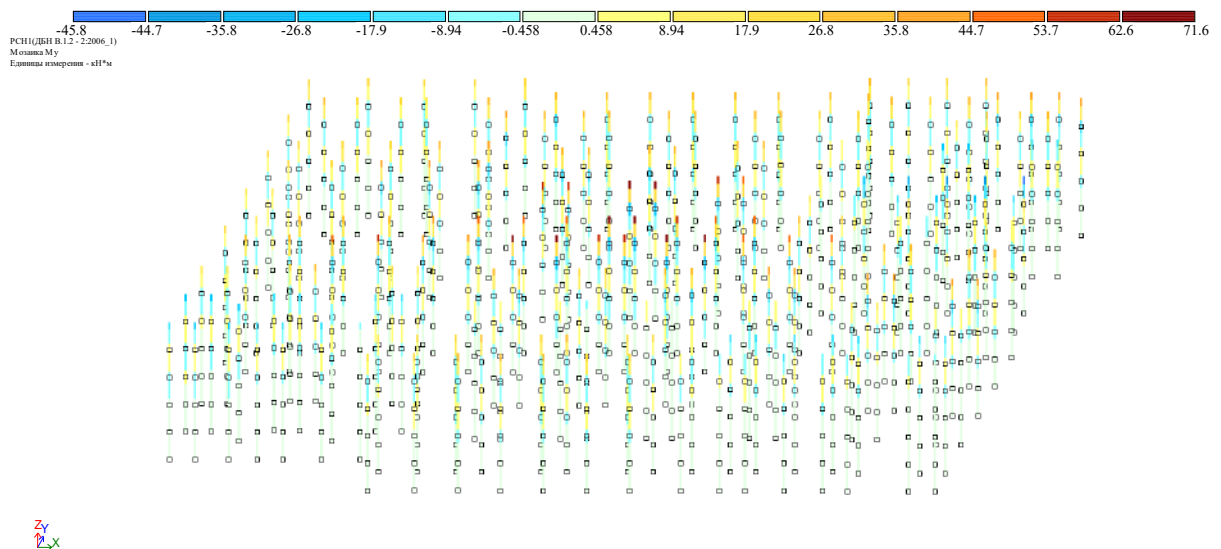


Рис. 5.6. Мозаїка максимальних зусиль по  $M_y$

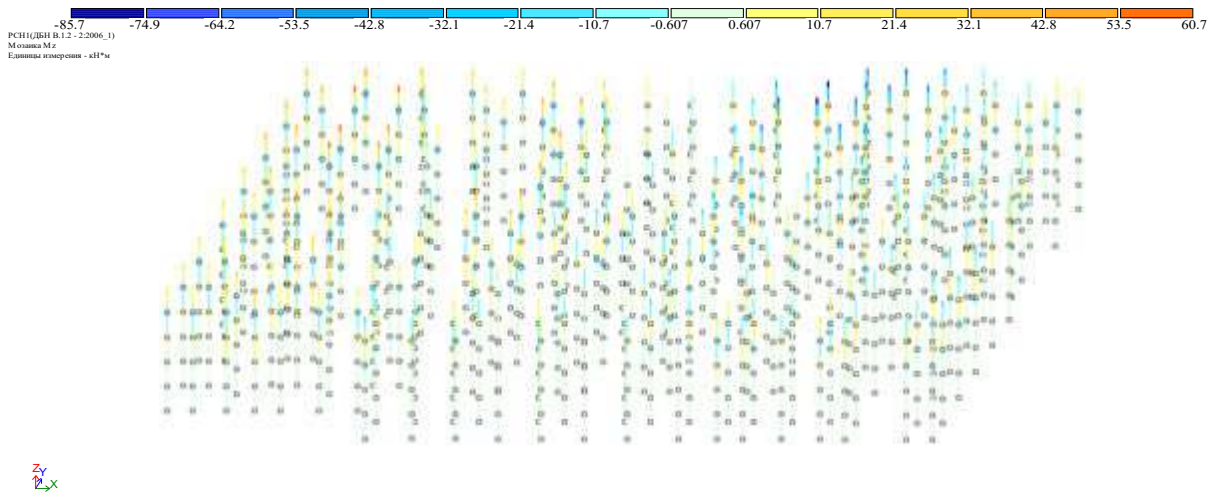


Рис. 5.7. Мозаїка максимальних зусиль по  $M_z$

Очікувана величина навантажень на оголовки паль:

Мінімальне значення становить  $N=419$  кН

Максимальне значення становить  $N=484$  кН.

Таблиця 5.1

Зведена таблиця екстремальних значень	Значення
Найбільше осідання палі	-2 см
Найбільше значення $M_z$	60.7 кН*м
Найменше значення $M_z$	-85.7 кН*м
Найбільше значення $M_y$	71.6 кН*м
Найменше значення $M_y$	-45.8кН*м
Найбільше значення $N$ на палю	484 кН

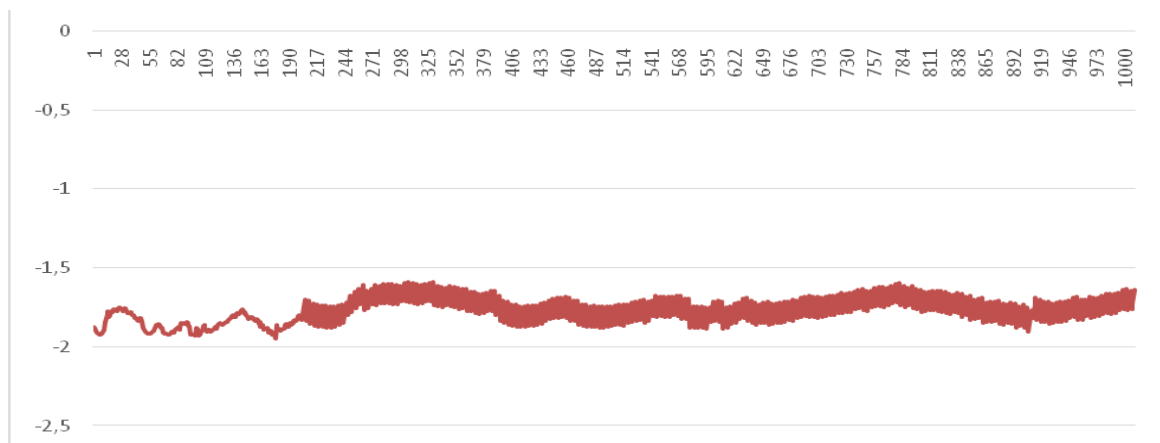


Рис. 5.8. Графік переміщень по вісі  $OZ$  за варіантом 1

### 5.3.2. Основні результати моделювання за другим варіантом

**Варіант №2** → буронабивні пальові фундаменти довжиною 8м та діаметром 400мм

Початкові розрахунки були виконані для плитного ростверку товщиною 600 мм. У розрахунках використовувалися бурин'єкційні пали діаметром 400 мм та довжиною 8 м, з несучою здатністю  $F_{d,g}=806.7\text{кН}$ .

З метою забезпечення необхідної несучої здатності фундаментних конструкцій було використано 204 палі.

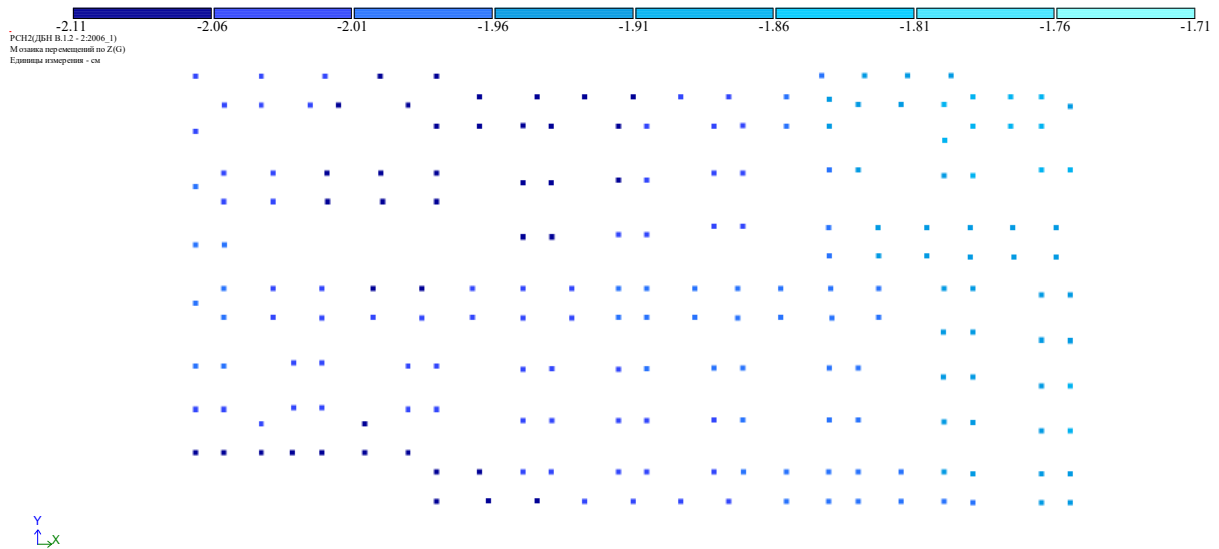


Рис. 5.9. Ізополя переміщень плити вздовж осі «0Z», мм

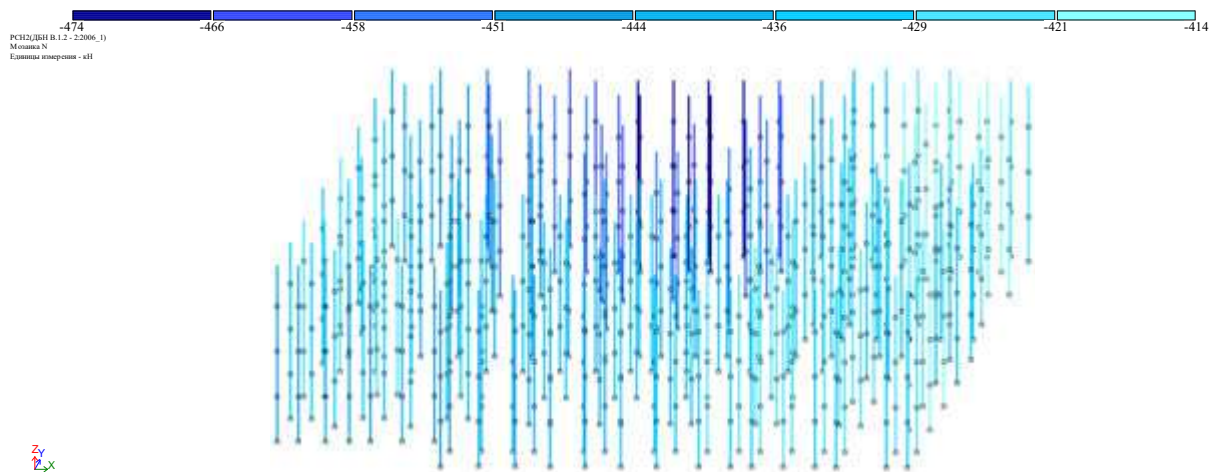


Рис. 5.10. Мозаїка максимальних зусиль по N

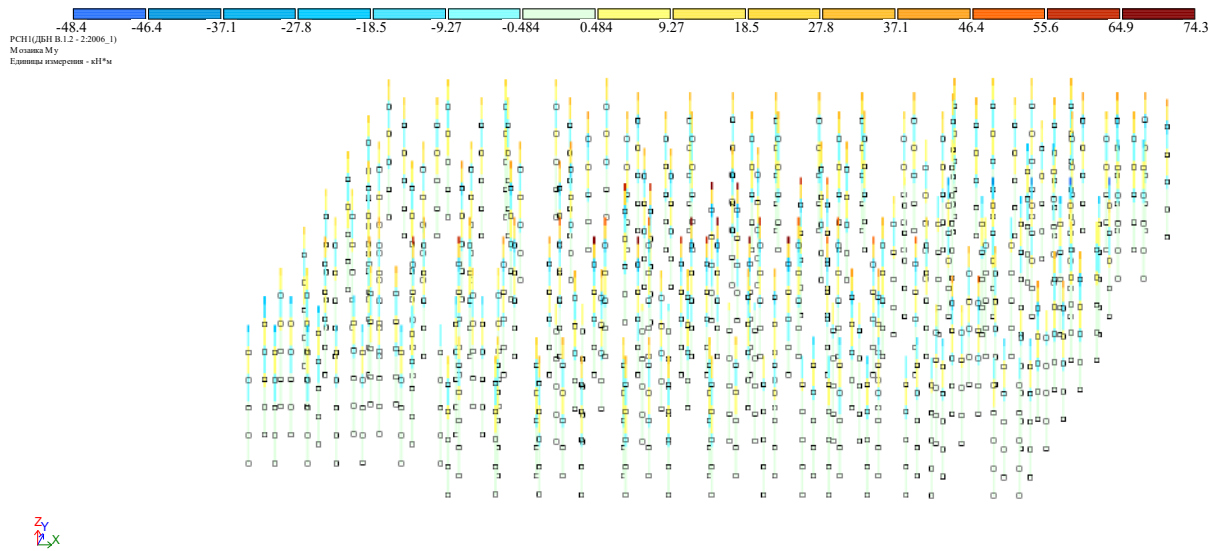


Рис. 5.11. Мозаїка максимальних зусиль по  $M_y$

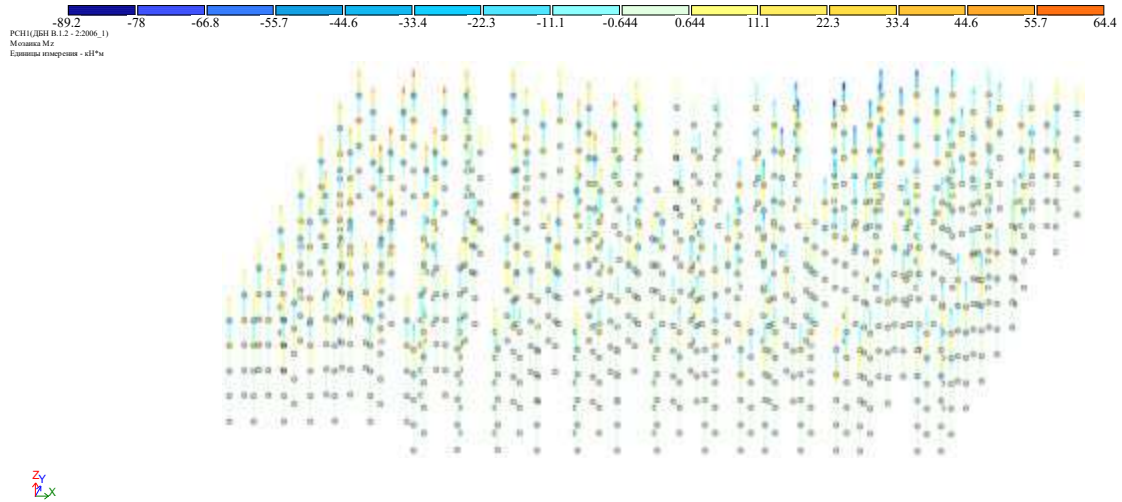


Рис. 5.12. Мозаїка максимальних зусиль по  $M_z$

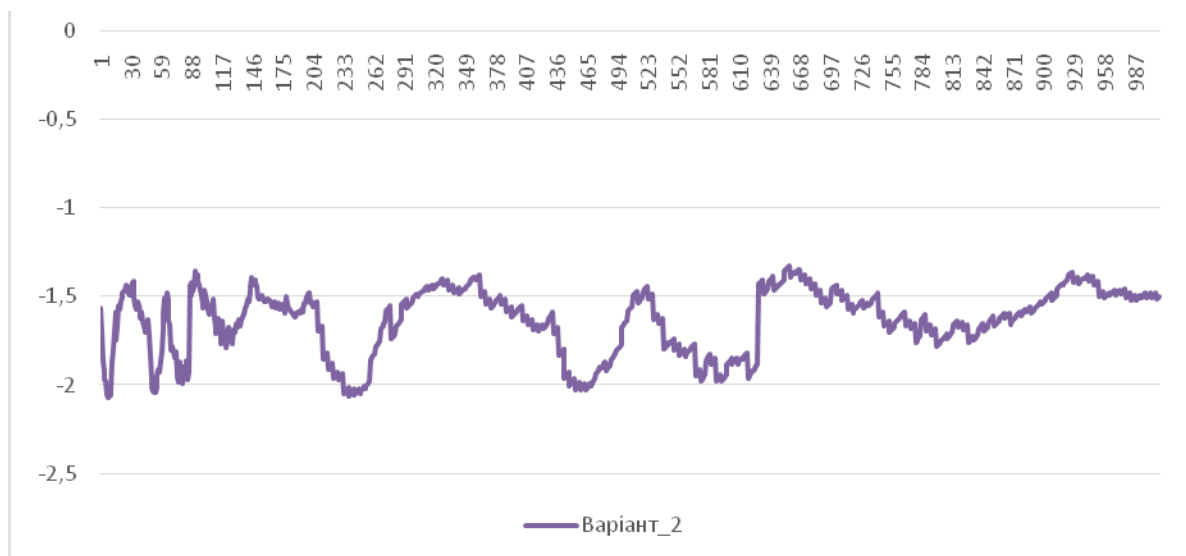


Рис. 5.13. Графік переміщень по вісі  $OZ$  за варіантом 2

Очікувана величина навантажень на оголовки паль:

Мінімальне значення становить  $N = 414$  кН

Максимальне значення становить  $N = 474$  кН.

Таблиця 5.2

Зведена таблиця екстремальних значень	Значення
Найбільше осідання палі	-2.11 см
Найбільше значення $M_z$	64.4 кН*м
Найменше значення $M_z$	-89.2 кН*м
Найбільше значення $M_y$	74.3 кН*м
Найменше значення $M_y$	-48.4 кН*м
Найбільше значення $N$ на палю	474 кН

### 5.3.2. Основні результати моделювання за третім варіантом

**Варіант №3** → забивні пальові фундаменти довжиною 5м та перерізом 400×400мм

Початкові розрахунки були виконані для плитного ростверку товщиною 600 мм. У розрахунках використовувалися забивні пали діаметром 400 мм та довжиною 5 м, з несучою здатністю  $F_{d,g}=806.7$ кН. З метою забезпечення необхідної несучої здатності фундаментних конструкцій було використано 204 палі, рис. 5.14–5.19.

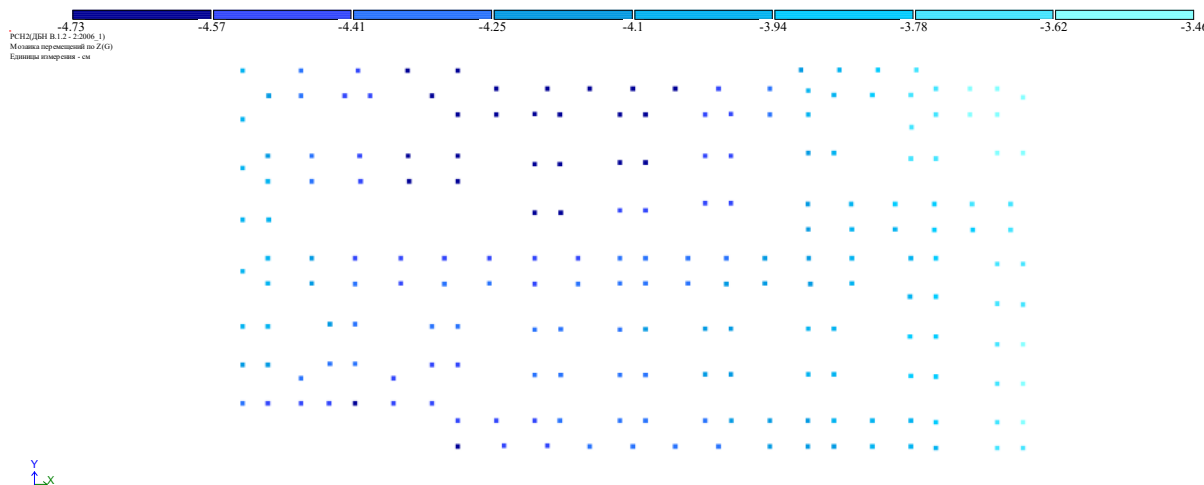


Рис. 5.14. Ізополя переміщень плити вздовж осі «OZ», мм

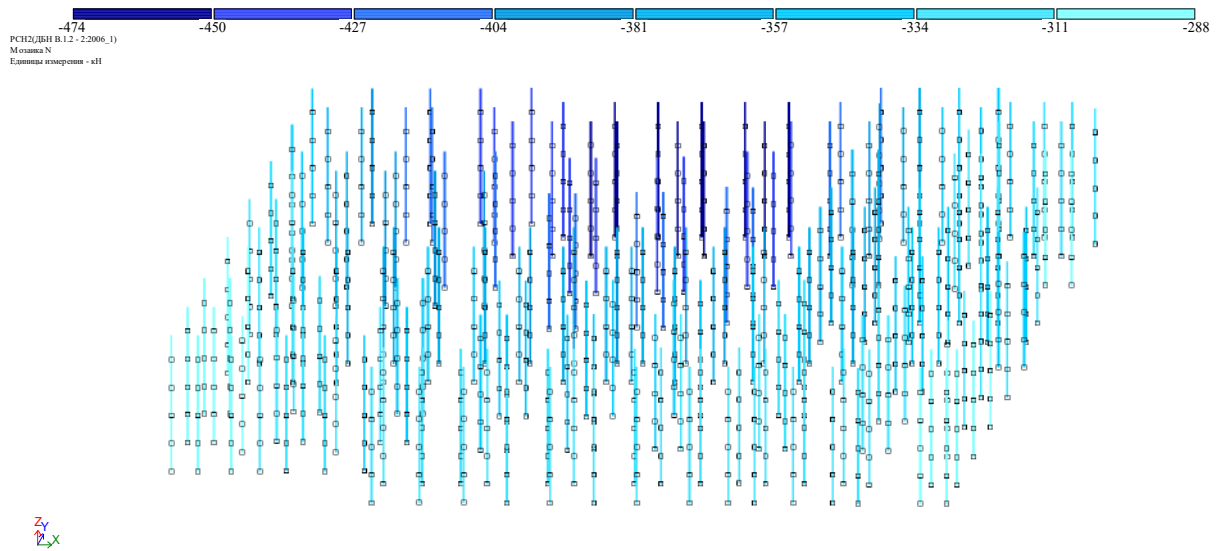


Рис. 5.15. Мозаика максимальных усилий по N

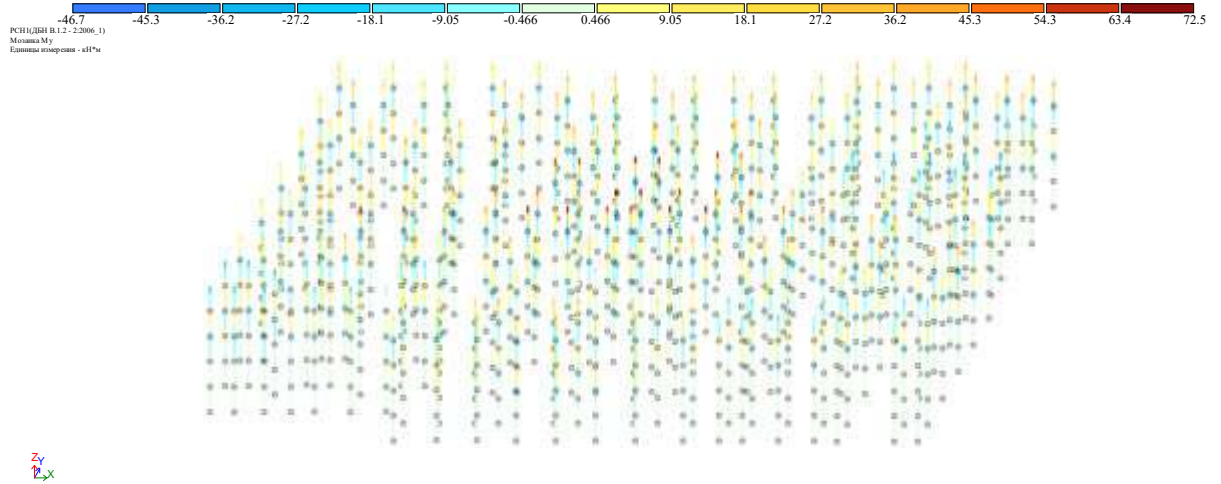


Рис. 5.16. Мозаика максимальных усилий по  $M_y$

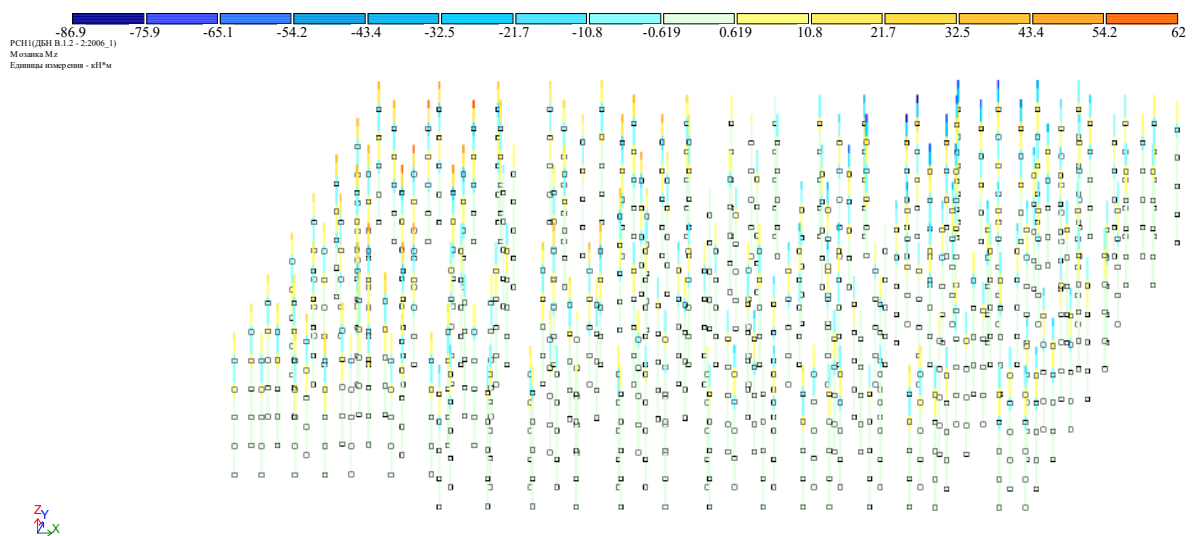


Рис. 5.17. Мозаика максимальных усилий по  $M_z$

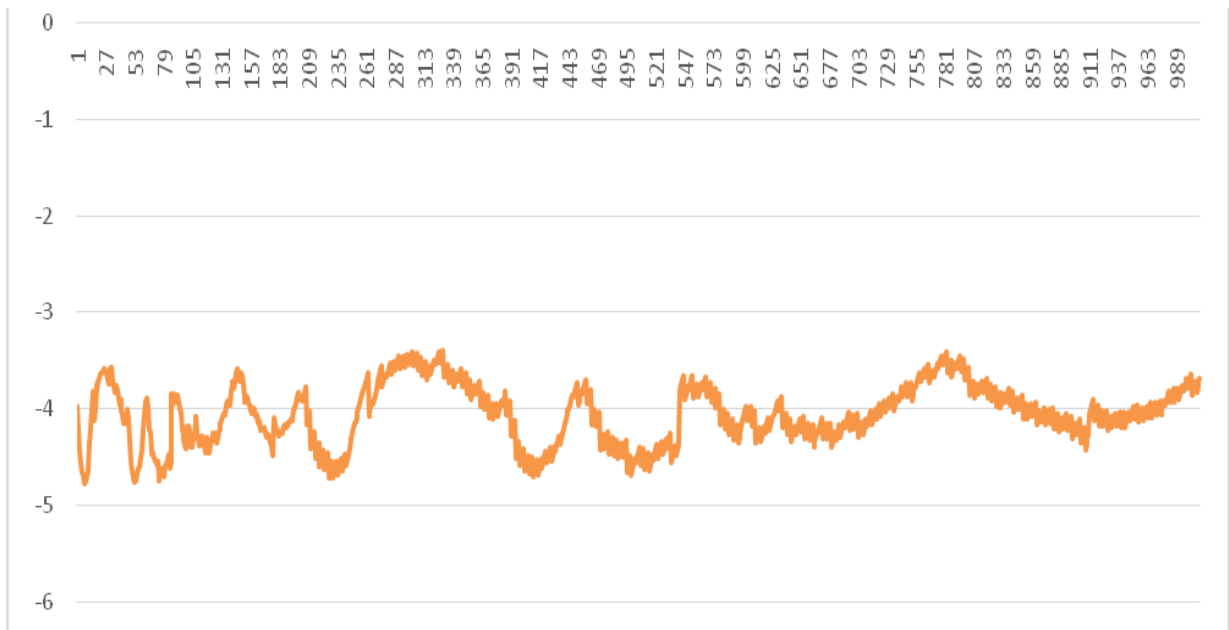


Рис. 5.18. Графік переміщень по вісі  $OZ$  за варіантом 3

Очікувана величина навантажень на оголовки паль:

Мінімальне значення становить  $N = 228$  кН

Максимальне значення становить  $N = 474$  кН.

Таблиця 5.3

Зведена таблиця екстремальних значень	Значення
Найбільше осідання палі	-4.73 см
Найбільше значення $Mz$	62 кН*м
Найменше значення $Mz$	-86.9 кН*м
Найбільше значення $Mu$	72.5 кН*м
Найменше значення $Mu$	-46.7 кН*м
Найбільше значення $N$ на палю	474 кН

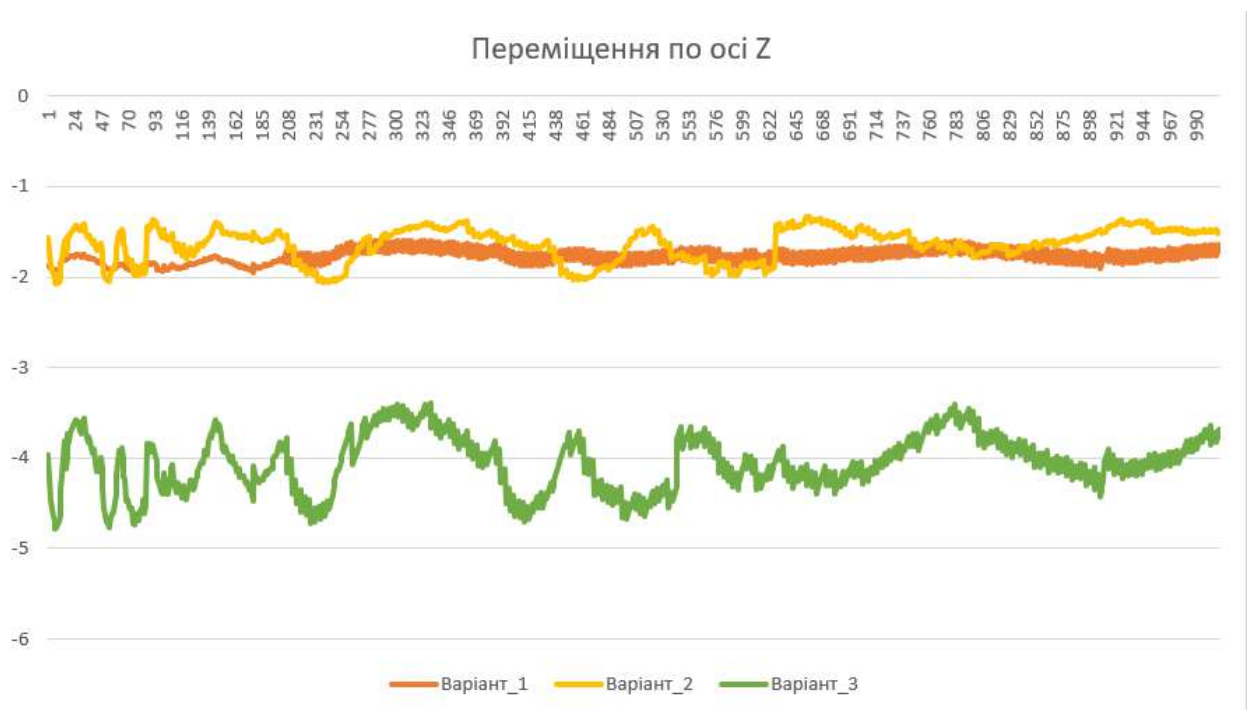
#### 5.4. Аналіз отриманих результатів чисельного моделювання

Згідно отриманих даних можна скласти порівняльну таблицю трьох розглянутих варіантів пальового фундаменту, табл. 5.4:

Зведена таблиця екстремальних значень зусиль

	Осідання, см	Найбільше значення $M_z$ , $кН \times м$	Найменше значення $M_z$ , $кН \times м$	Найбільше значення $M_y$ , $кН \times м$	Найменше значення $M_y$ , $кН \times м$	Найбільше значення $N$ , $кН$ на палю
варіант №1	-2	60.7	-85.7	71.6	-45.8	484
варіант №2	-2.11	64.4	-89.2	74.3	-48.4	474
варіант №3	-4.73	62	-86.9	72.5	-46.7	474

Наведені результати графіків переміщень по вісі  $OZ$  за трьома варіантами, рис. 5.19.

Рис. 5.19. Графік переміщень по вісі  $OZ$  за трьома варіантами

Таблиця 5.5

## Значення знайдених зусиль за варіантом 1

Зусилля(стержні)		Варіант_1				
		Зусилля				
№ елем	№ перер	N (кН)	My (кН*м)	Qz (кН)	Mz (кН*м)	Qy (кН)
2	1	-457.765	36.21835	-39.0806	37.67097	40.64801
2	2	-457.765	13.2585	-39.0806	13.79027	40.64801
2	3	-457.765	-9.70134	-39.0806	-10.0904	40.64801
4	1	-457.765	-9.70134	10.45819	-10.0904	-10.8776
4	2	-457.765	-3.55716	10.45819	-3.69983	-10.8776
4	3	-457.765	2.587025	10.45819	2.690784	-10.8776
6	1	-457.765	2.587025	-2.75215	2.690784	2.862536
6	2	-457.765	0.970134	-2.75215	1.009044	2.862536
6	3	-458.899	-0.64676	-2.75215	-0.6727	2.862536
8	1	-458.899	-0.64676	0.550431	-0.6727	-0.57251
8	2	-458.899	-0.32338	0.550431	-0.33635	-0.57251
8	3	-458.899	0	0.550431	0	-0.57251
11	1	-458.899	32.71141	-35.2965	71.51105	77.16238
11	2	-458.899	11.97471	-35.2965	26.17815	77.16238
11	3	-458.899	-8.76199	-35.2965	-19.1547	77.16238
13	1	-458.899	-8.76199	9.445544	-19.1547	-20.6491
13	2	-468.135	-3.21273	9.445544	-7.02341	-20.6491
13	3	-468.135	2.336529	9.445544	5.107932	-20.6491
15	1	-468.135	2.336529	-2.48567	5.107932	5.43397
15	2	-468.135	0.876199	-2.48567	1.915474	5.43397
15	3	-468.135	-0.58413	-2.48567	-1.27698	5.43397
17	1	-468.135	-0.58413	0.497134	-1.27698	-1.08679
17	2	-468.135	-0.29207	0.497134	-0.63849	-1.08679
17	3	-468.135	0	0.497134	0	-1.08679
20	1	-470.884	24.23626	-26.1516	62.49228	67.43087
20	2	-470.884	8.872204	-26.1516	22.87664	67.43087

Таблиця 5.6

## Значення знайдених зусиль за варіантом 2

Зусилля(стержні)		Варіант_2				
№ елем	№ перер	N (кН)	My (кН*м)	Qz (кН)	Mz (кН*м)	Qy (кН)
2	1	-357.794	26.26826	-35.4326	40.19312	54.21549
2	2	-357.794	9.614934	-35.4326	14.71183	54.21549
2	3	-357.794	-7.03838	-35.4326	-10.7694	54.21549
4	1	-357.794	-7.03838	9.493259	-10.7694	-14.5257
4	2	-357.794	-2.57655	9.493259	-3.94239	-14.5257
4	3	-357.794	1.885281	9.493259	2.884673	-14.5257
6	1	-357.794	1.885281	-2.54045	2.884673	3.887149
6	2	-357.794	0.69127	-2.54045	1.057714	3.887149
6	3	-357.794	-0.50274	-2.54045	-0.76925	3.887149
8	1	-357.794	-0.50274	0.668539	-0.76925	-1.02293
8	2	-390.497	-0.18853	0.668539	-0.28847	-1.02293
8	3	-390.497	0.125685	0.668539	0.192312	-1.02293
10	1	-390.497	0.125685	-0.13371	0.192312	0.204587
10	2	-390.497	0.062843	-0.13371	0.096156	0.204587
10	3	-390.497	0	-0.13371	0	0.204587
13	1	-390.497	24.36991	-32.872	56.36033	76.02304
13	2	-390.497	8.920087	-32.872	20.6295	76.02304
13	3	-390.497	-6.52974	-32.872	-15.1013	76.02304
15	1	-390.497	-6.52974	8.807206	-15.1013	-20.3684
15	2	-390.497	-2.39035	8.807206	-5.52817	-20.3684
15	3	-427.26	1.749037	8.807206	4.045	-20.3684
17	1	-427.26	1.749037	-2.35686	4.045	5.450709
17	2	-427.26	0.641313	-2.35686	1.483167	5.450709
17	3	-427.26	-0.46641	-2.35686	-1.07867	5.450709
19	1	-427.26	-0.46641	0.620226	-1.07867	-1.4344
19	2	-427.26	-0.1749	0.620226	-0.4045	-1.4344

## Значення знайдених зусиль за варіантом 3

Зусилля(стержні)		Варіант_3				
		Зусилля				
№ елем	№ перер	N (кН)	My (кН*м)	Qz (кН)	Mz (кН*м)	Qy (кН)
2	1	-376.703	30.94778	-41.7447	31.97884	43.13546
2	2	-376.703	11.32778	-41.7447	11.70517	43.13546
2	3	-376.703	-8.29223	-41.7447	-8.56849	43.13546
4	1	-376.703	-8.29223	11.18443	-8.56849	-11.557
4	2	-376.703	-3.03555	11.18443	-3.13668	-11.557
4	3	-376.703	2.221133	11.18443	2.295132	-11.557
6	1	-376.703	2.221133	-2.99302	2.295132	3.092731
6	2	-376.703	0.814415	-2.99302	0.841548	3.092731
6	3	-403.335	-0.5923	-2.99302	-0.61204	3.092731
8	1	-403.335	-0.5923	0.787636	-0.61204	-0.81388
8	2	-403.335	-0.22211	0.787636	-0.22951	-0.81388
8	3	-403.335	0.148076	0.787636	0.153009	-0.81388
10	1	-403.335	0.148076	-0.15753	0.153009	0.162775
10	2	-403.335	0.074038	-0.15753	0.076504	0.162775
10	3	-403.335	0	-0.15753	0	0.162775
13	1	-403.335	28.96695	-39.0728	50.00517	67.45074
13	2	-431.295	10.60274	-39.0728	18.30333	67.45074
13	3	-431.295	-7.76148	-39.0728	-13.3985	67.45074
15	1	-431.295	-7.76148	10.46856	-13.3985	-18.0717
15	2	-431.295	-2.84126	10.46856	-4.90481	-18.0717
15	3	-431.295	2.078968	10.46856	3.588888	-18.0717
17	1	-431.295	2.078968	-2.80145	3.588888	4.836091
17	2	-431.295	0.762288	-2.80145	1.315926	4.836091
17	3	-431.295	-0.55439	-2.80145	-0.95704	4.836091
19	1	-443.952	-0.55439	0.737223	-0.95704	-1.27266
19	2	-443.952	-0.2079	0.737223	-0.35889	-1.27266

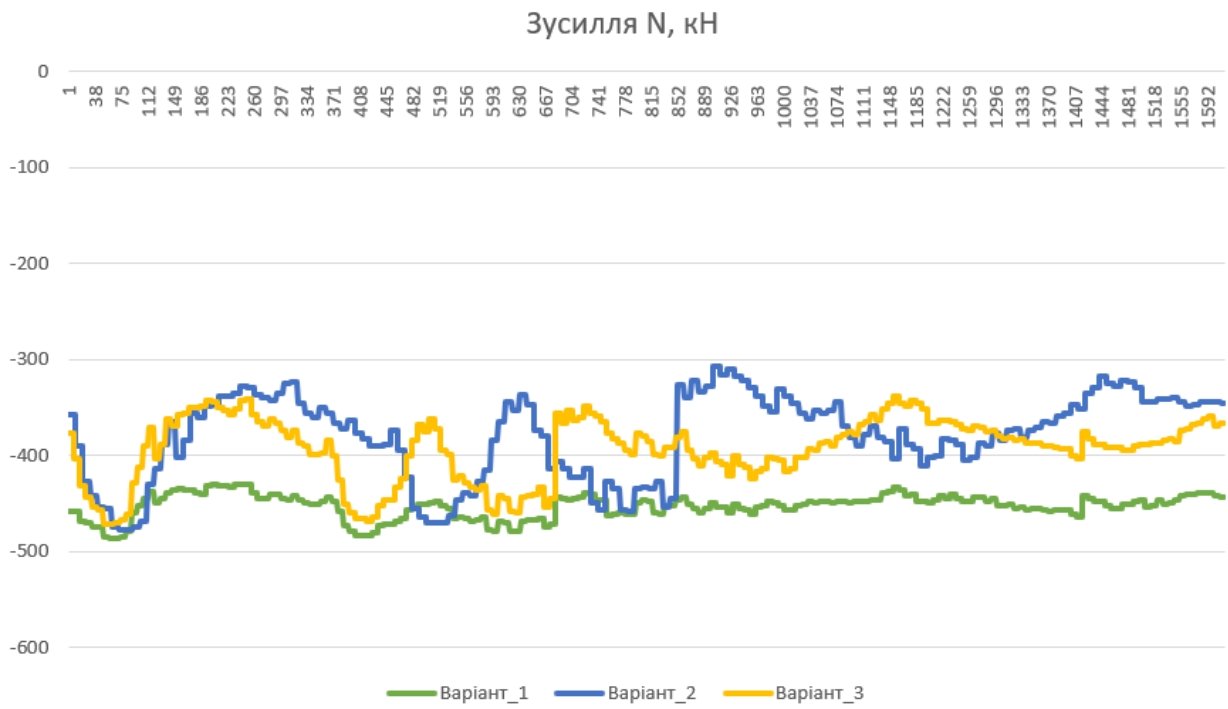


Рис. 5.20. Графіки повздовжніх зусиль  $N$  за трьома варіантами

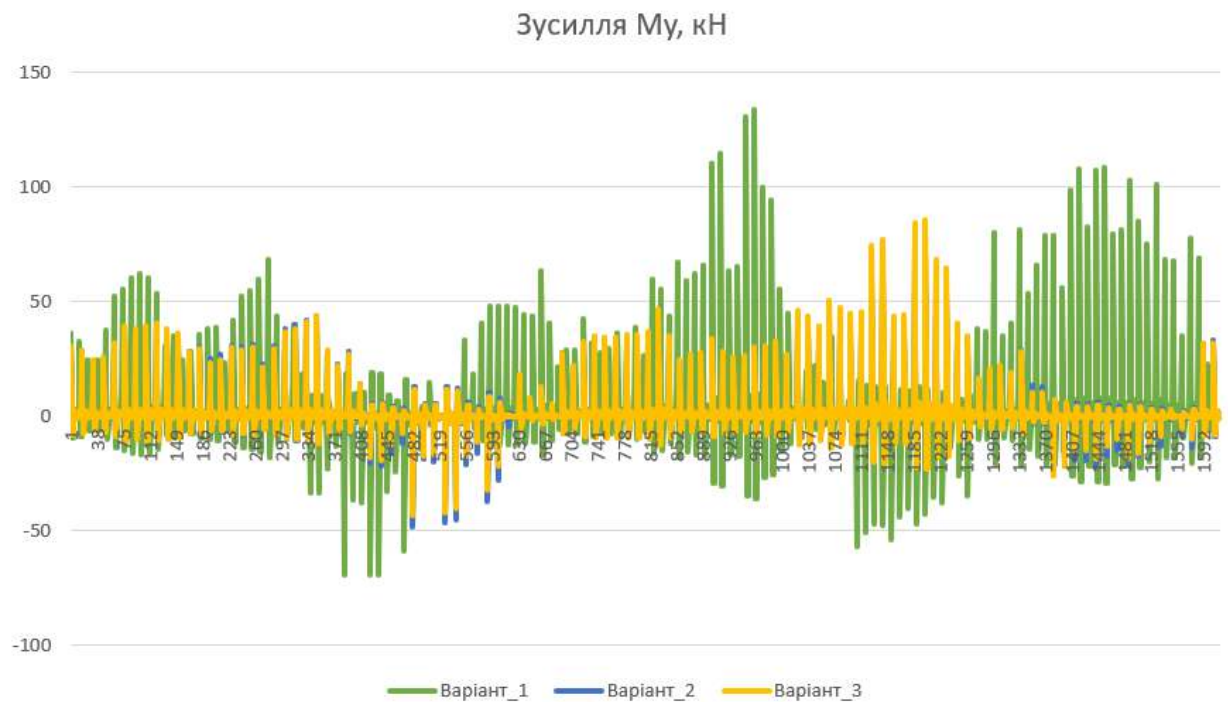


Рис. 5.21. Графіки зусиль згинальних моментів  $M_y$  за трьома варіантами

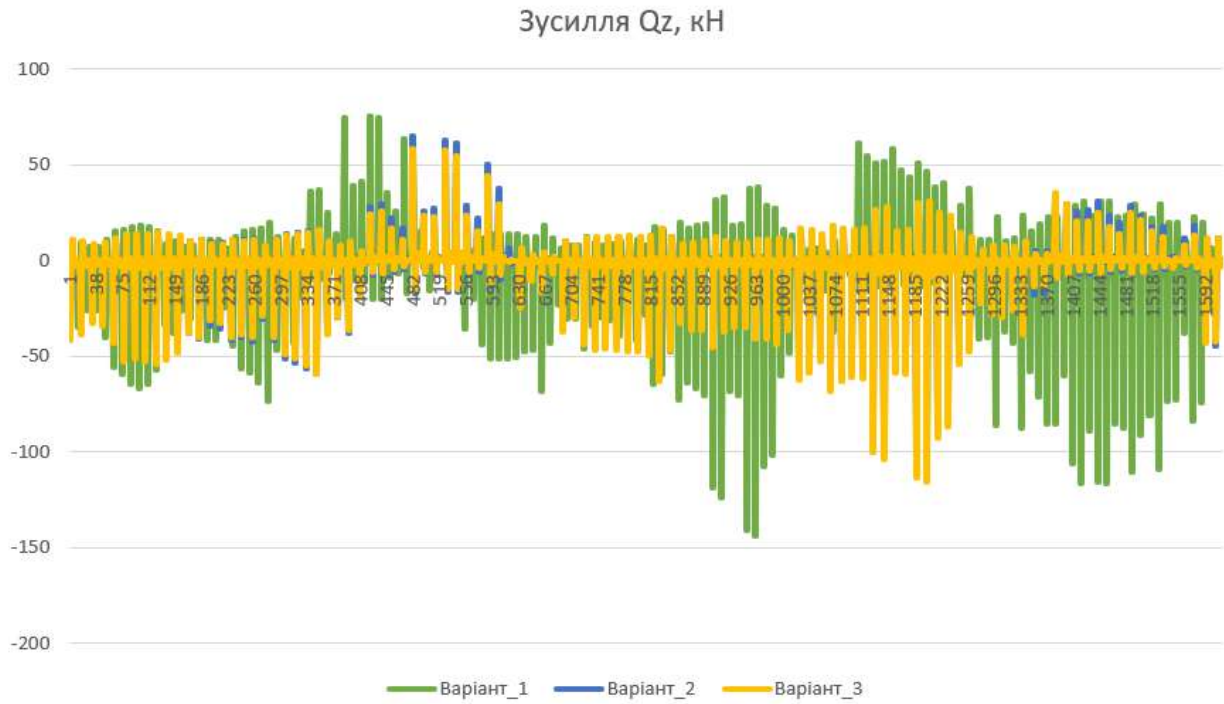


Рис. 5.22. Графіки зусиль поперечних зусиль  $Q_z$   
за трьома варіантами

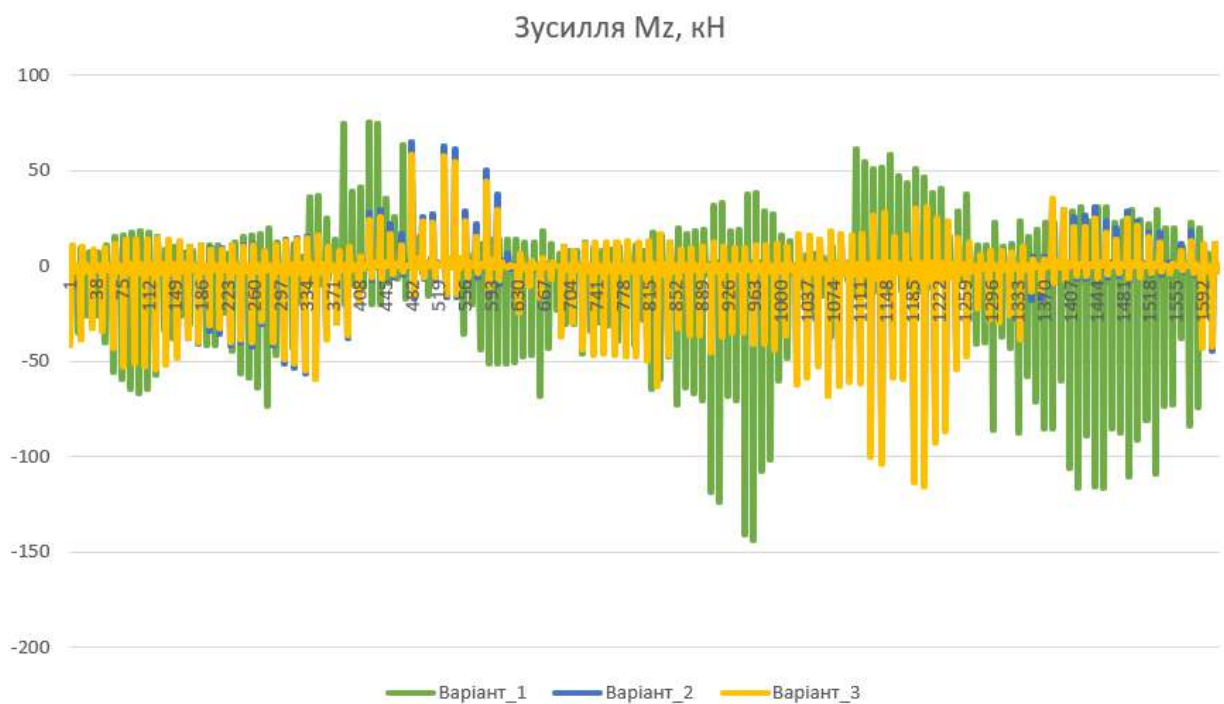


Рис. 5.23. Графіки зусиль згинальних моментів  $M_z$   
за трьома варіантами

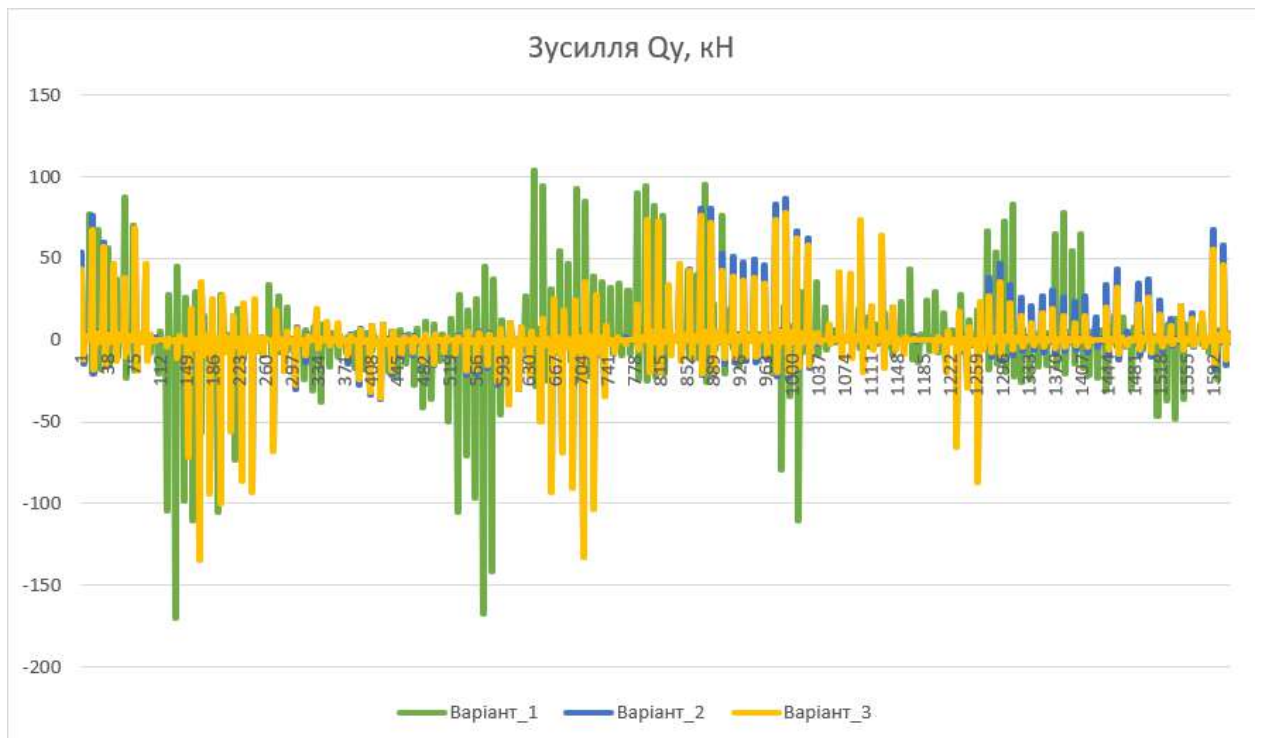


Рис. 5.24. Графіки зусиль поперечних зусиль  $Q_z$  за трьома варіантами

Орієнтовна вартість робіт та матеріалів на  $1\text{м}^2$  зданого в експлуатацію житла у запроєктованому житловому комплексі за трьома варіантами використання паливих фундаментів, зображено на рис. 5.25.



Рис. 5.25. Порівняльна характеристика  $1\text{м}^2$  зданого в експлуатацію житла

## **6. ОРГАНІЗАЦІЯ ТА ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА**

### **6.1. Загальні відомості щодо улаштування буронабивних паль**

При реалізації весь комплекс земельних робіт для викопування котлованів в основі основної техніки використовується одноківшовий екскаватор, тоді як допоміжні машини використовують транспортні засоби для вивезення ґрунту з будівельного майданчика [19].

Ширина котлованів і траншей на дні визначається з урахуванням розмірів конструкції, гідроізоляції, опалубки і кріплення, з додаванням 0,2 м.

Для розробки ґрунту враховано об'єм та використано екскаватор марки ЭО-4121А з ковшем об'ємом 0,65 м<sup>3</sup>. Оптимальним вважається розміщення 8-12 ковшів екскаватора в кузові автосамоскида, яка має бути МАЗ-503А з вантажопідйомністю 7 тонн.

Кількість автосамоскидів обрано, враховуючи дальність транспортування ґрунту (6 км), об'єм ковша екскаватора та режим роботи екскаватора, що становить 10 одиниць.

Бетонні роботи плануються з урахуванням технологічного процесу зведення монолітних залізобетонних фундаментів (ростверку). Цей процес включає встановлення, розбірку опалубки, встановлення арматурних сіток і каркасів, ущільнення бетонної суміші і відстеження за бетоном під час його затвердіння.

Оскільки слід враховувати дальність транспортування бетонної суміші, її рухливість та тип дорожнього покриття для доставки бетонної суміші на об'єкт, обрано авто-бетонозмішувач у режимі В (періодичне включення під час транспортування).

Бетонну суміш, доставлену на будівельний майданчик, подальше транспортують до місця укладання бетононасосом марки С-252. Для арматури використовуються зварні і готові арматурні сітки, а підлогу ущільнюють вібропакетами [20].

## Калькуляція витрат праці на земляні роботи

Найменування робіт і процесів	Од. вим. об'єму робіт	Об'єм робіт, м <sup>3</sup>	Норма часу	Витрати праці на	Розцінка за од. вим.	Зарплата на весь об'єм робіт	Склад ланки
2	3	4	5	6	7	8	9
Зрізання рослинного шару бульдозером	1000 м <sup>2</sup>	3,2	0,69	2,21	0,73	2,34	машиніст бр-1
Розробка ґрунту екскаватором ЭО4121А	100 м <sup>3</sup>	35,1	2,30	80,73	2,44	85,64	машиніст бр-1
Розробка недобору бульдозером	100 м <sup>3</sup>	3,5	0,55	1,9	0,58	2,03	машиніст бр-1
Зворотня засипка	100 м <sup>3</sup>	7,7	0,31	2,38	0,33	2,54	машиніст бр-1
Разом:				87,22		92,55	

Процес улаштування фундаментів на бурових палях і стовпах передбачає: підготовлення будівельного майданчика для проведення робіт; буріння свердловин у ґрунті; установлення в свердловину арматурного каркаса й заповнення його бетонною сумішшю; улаштування фундаментної плити (рис. 6.1).



Рис. 6.1. Улаштування фундаментів на бурових палях

Армовані й заповнені бетоном свердловини діаметром 1 м і більше називають буровими стовпами, діаметром до 1 м – буровими палями [19].

За нормативними документами розрізняють такі методи улаштування буронабивних палей:

– набивні бетонні та залізобетонні, що влаштовують у ґрунті будівельного майданчика шляхом укладання бетонної суміші у свердловини, утворені внаслідок примусового витіснення ґрунту (рис. 6.2);

– бурові залізобетонні, що влаштовують у ґрунті шляхом заповнення заздалегідь пробурених свердловин бетонною сумішшю.

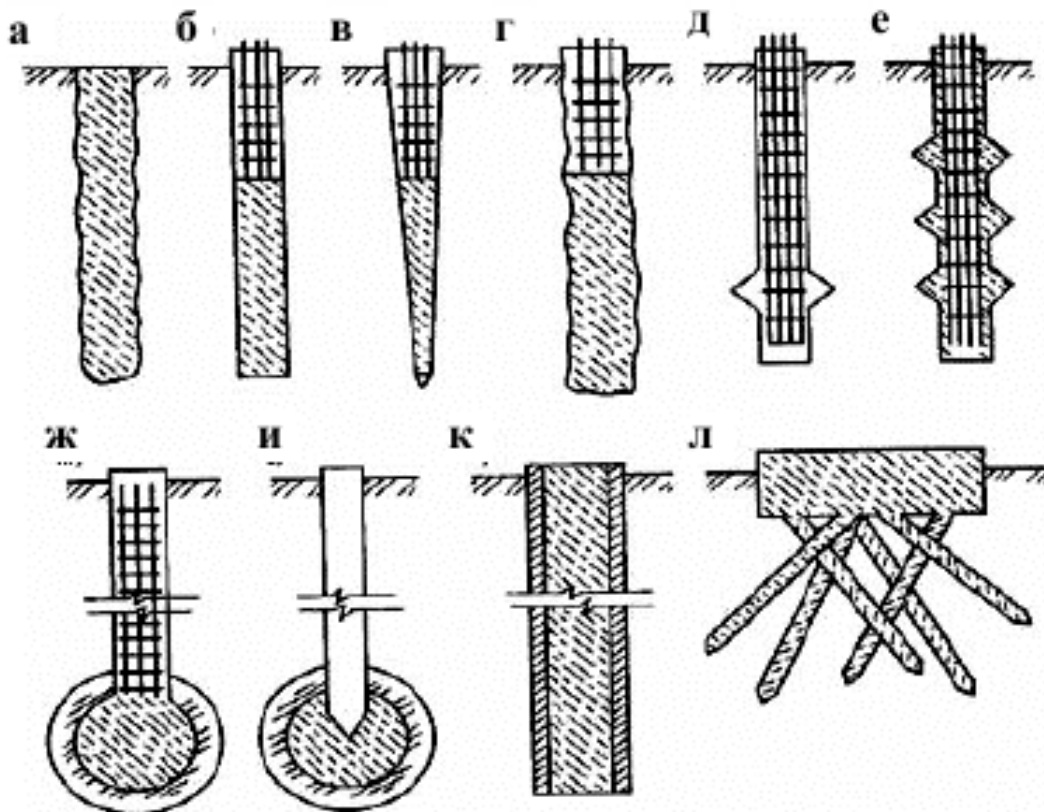


Рис. 6.2 – Набивні палі: а – бетонна; б – залізобетонна циліндрична; в – конічна; г – із профільованою поверхнею; д – з одним розширенням; е – з декількома розширеннями; ж – із камуфлетним розширенням; и – комбінована камуфлетна; к – в залізобетонній оболонці; л – коренеподібні палі

***Набивні палі за способом улаштування розподіляють на такі:***

– улаштовувані шляхом занурення інвентарних труб, нижній кінець яких закритий металевим башмаком, що залишається в ґрунті, або бетонною пробкою, із подальшим вилученням цих труб у процесі заповнення свердловин бетонною сумішшю;

– віброштамповані, що влаштовуються у свердловинах шляхом заповнення їх жорсткою бетонною сумішшю, ущільнюваною вібраційним штампом у вигляді труби із загостреним нижнім кінцем і закріпленим на ньому вібраційним занурювачем;

– у виштампуваному ложі, улаштовувані шляхом виштампування в ґрунті свердловин пірамідальної або конусної форми з подальшим заповненням їх бетонною сумішшю.

**За способом улаштування** бурові палі розподіляють на такі види:

– із суцільним перетином та розширеннями або без них, бетоновані в свердловинах, пробурених із кріпленням стінок свердловин обсадними трубами, що вилучаються, і без них;

– порожнисті з круглим перетином, що влаштовують із застосуванням багатосекційного віброосердя;

– з ущільненим забоем, що влаштовують шляхом утрамбовування в забій свердловини щебеню;

– із камуфлетною п'ятою, які влаштовують шляхом буріння свердловин з подальшим утворенням розширення вибухом або шляхом використання інвентарного розширювача з подальшим заповненням свердловин бетонною сумішшю;

– буронабивні з діаметром 0,15...0,25 м, що улаштовують в пробурених свердловинах шляхом нагнітання (ін'єкції) в них дрібнозернистої бетонної суміші або цементно-піщаного розчину або буроін'єкційні з ущільненням довколишнього ґрунту шляхом оброблення свердловини за розрядно-імпульсним методом;

– буроін'єкційні, що влаштовуються за допомогою порожнистого шнека.

## 6.2. Етапи виконання робіт

Виконання прокладання свердловин для бурінекційних паль виконується за допомогою обертального буріння з використанням шнекового бура. При прокладанні свердловин у нестійких ґрунтах, які мають високий рівень водонепроникності, застосовується захист у вигляді глинистого (бентонітового) розчину або захисних обсадних труб, рис. 6.3. Після завершення шарошечного буріння проводиться промивання свердловини від шламу через буровий став за допомогою свіжого глинистого розчину тривалістю 3-5 хвилин.

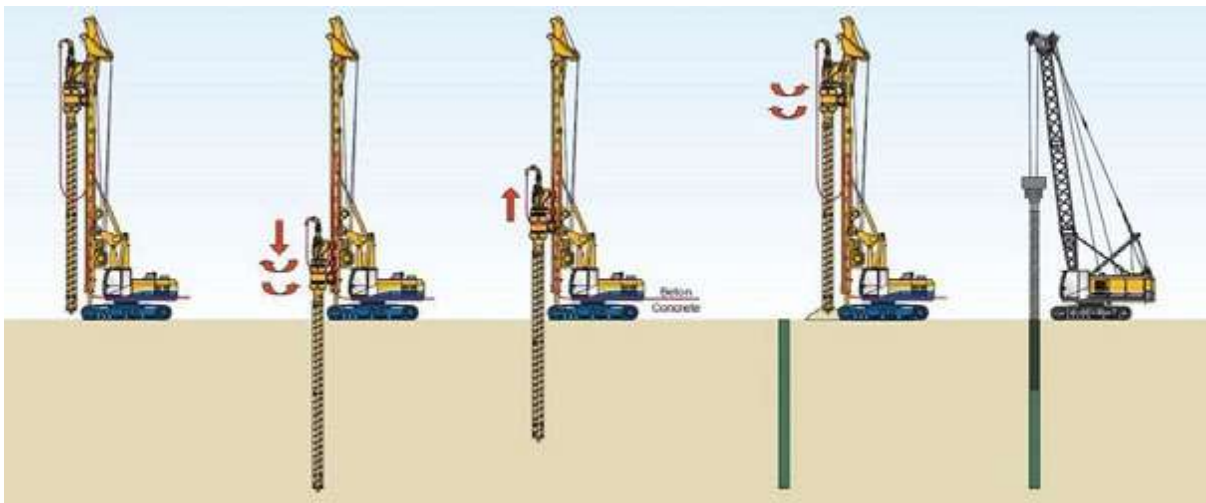


Рис. 6.3. Етапи виконання робіт улаштування бурінекційних паль

Рекомендована щільність глинистого (бентонітового) розчину становить  $1,05-1,15 \text{ г/см}^3$ , але це значення слід уточнювати в лабораторних умовах для конкретних ґрунтових умов. Відхилення від заданого кута буріння не повинно перевищувати  $\pm 2^\circ$ , і відхилення по довжині пали не повинні перевищувати  $\pm 30 \text{ см}$  від проектної довжини.

Зазвичай встановлення арматурного каркасу відбувається перед проведенням ін'єкційних робіт. Однак при належному обґрунтуванні можливо встановлення арматурного каркасу в свердловину, яка вже

заповнена ін'єкційним розчином. Час, необхідний для зборки та монтажу арматурного каркасу, повинен гарантувати його встановлення у проектне положення до початку застигання ін'єкційного розчину і не перевищувати 1 годину.

Установку арматурного каркасу бурінекційної палі в свердловину слід проводити етапами. З'єднання арматурних стержнів секцій виконується за допомогою ручного дугового зварювання. Арматурний каркас повинен включати фіксуючі елементи для центрування його в свердловині та забезпечення необхідної товщини захисного шару. Перед установкою секції каркасу очищають від залишків ґрунту.

Принцип будівництва фундаментів із бурінекційних паль полягає у використанні бурильної установки BAUER BG 36 для цих робіт.

Армування монолітного залізобетонного ростверку виконується за допомогою плоских каркасів, які постачаються на будівельний майданчик з заводу з виготовлення залізобетонних виробів (ЖБК). На будівельному майданчику ці каркаси з'єднуються та зварюються у просторові конструкції.

Монтаж арматурних виробів включає в себе такі етапи:

- 1) розвантаження та доставка виробів на тимчасове зберігання на майданчик;
- 2) встановлення в проектне положення та фіксація стиків з використанням електрозварювання;
- 3) перевірка виконаних робіт та здача їх майстру.

Розвантаження бетонної суміші використовується поворотна баддя, яку завантажують за допомогою самоскида. Далі кран піднімає баддю у вертикальній площині та направляє її до місця вивантаження. З метою уникнення застрягання бетонної суміші на корпусі бадді, встановлюють навісний вібратор.

При вивантаженні бетонної суміші з бадді рівень дна бадді не повинен перевищувати 1 метра від бетонованої поверхні. Під час установки та переміщення бадді заборонено перебувати під нею.

Процес бетонування включає в себе підготовчі, допоміжні та основні операції. Підготовчі операції включають у себе підготовку території, під'їзних шляхів та місць розвантаження, а також підготовку місць для прийому бетонної суміші перед її постачанням.

Основні операції полягають в укладанні бетонної суміші. Допоміжні операції включають в себе очищення арматури, заставних деталей та анкерних болтів від бруду та іржі.

Прийом та постачання бетонної суміші на місце укладання проводяться в поворотних баддях об'ємом 1 м<sup>3</sup> при вантажопідйомності крана 5 тонн. Бадді, під час завантаження, розміщують на переносний настил для запобігання втрат розчину.

Ущільнення бетонної суміші виконується з дотриманням встановлених вимог. При тривалих перервах в укладанні бетонної суміші цементну плівку в робочих швах фундаменту видаляють за допомогою водоповітряної форсунки струменем води під тиском 3-5 атмосфер.

Бетонні та монолітні залізобетонні конструкції виконуються згідно з робочими кресленнями та вимогами ДБН "Бетонні та монолітні залізобетонні..." [14].

Очищення опалубки перед бетонуванням та захист арматури від іржі є обов'язковими етапами. Контроль правильності забивки палі здійснюється за допомогою розбивочних осей, і допустимі відхилення регулюються відповідно до відповідних нормативів ДБН [26].

Під час бетонування майстер або виконроб повинен вести спостереження за виробництвом робіт у відповідності з ДБН і фіксувати результати в журналі бетонних робіт згідно з встановленою формою.

Ущільнення бетонної суміші при укладанні в конструкції виконується з метою отримання щільного, міцного і довговічного бетону. Цей процес зазвичай включає вібрування, під час якого вібратор, занурений у свіжу бетонну суміш, передає їй коливання. Під впливом цих коливань бетонна суміш стає рідкою, що дозволяє їй добре заповнювати опалубку та видаляти

повітря з суміші. Результатом є щільний бетон. Ущільнення бетонної суміші може виконуватися за допомогою глибинних чи поверхневих вібраторів. Для ростверків зазвичай використовується глибинний вібратор з гнучким валом та вбудованим електродвигуном.

## **7. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **7.1. Оцінка ризиків та аналіз шкідливих факторів на виробництві**

Охорона праці представляє собою систему заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я людини під час трудової діяльності. Таким чином, для ефективного управління охороною праці важливо мати науково обгрунтований метод оперативного визначення систем та оцінки рівня ризику та безпеки, які існують на конкретних виробничих об'єктах.

Основним завданням охорони праці є мінімізація ймовірності травм або захворювань працівників за умови забезпечення комфорту при максимальній продуктивності праці [28].

Проведемо аналіз у табличній формі, виходячи з положень про розслідування нещасних випадків, профілактику та реагування на аварійні ситуації на підприємствах.

### **7.2. Загальні вимоги щодо забезпечення охорони праці під час виконання земляних робіт**

Під час улаштування і закріплення штучних основ, зведення фундаментів, виконання бурових робіт необхідно вживати заходів із запобігання впливу на працівників таких небезпечних і шкідливих **виробничих факторів** [33]:

- обвалення гірських порід(ґрунтів);
- машини та їх робочі органи, що рухаються, конструкції, предмети, що ними пересуваються;
- розташування робочих місць поблизу перепаду по висоті 1,3 м і більше;
- підвищене значення напруги в електричному колі,замикання якого може відбутися через тіло людини.

За наявності небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зазначених вище, безпека улаштування штучних основ і фундаментів повинна бути забезпечена відповідно до вимог [27] та проектно-технологічної документації (ПОБ, ПВР тощо) на виконання цих робіт зокрема:

- дотримання вимог допуску працюючих до виконання робіт;
- дотримання безпечних способів і методів виконання робіт з улаштування штучних основ і фундаментів;
- вибір засобів механізації для виконання робіт;
- розроблення та дотримання схем монтажу, демонтажу, переміщення по будівельному майданчику засобів механізації;
- забезпечення безпечної експлуатації бурового інструменту, палебійних механізмів, віброзанурювачів, механізмів із вдавлювання паль;
- забезпечення безпеки занурення віброзанурювачів, опускних колодязів, забивання та витягання обсадних труб;
- забезпечення безпечного виконання робіт у зонах обводнених ґрунтів, штучного закріплення ґрунтів, діючих підземних комунікацій;
- забезпечення безпеки праці під час виконання робіт на одному будівельному майданчику кількома машинами, механізмами;
- забезпечення безпеки праці під час використання спеціального обладнання для зведення протифільтраційних завіс, споруд типу «стіна у ґрунті», хімічного, термічного та інших видів закріплення ґрунтів;
- визначення номенклатури та забезпечення необхідної кількості засобів колективного та індивідуального захисту працівників.

Роботи з улаштування штучних основ і фундаментів необхідно виконувати з дотриманням вимог [26 та ін.].

До початку робіт наказом роботодавця повинна бути призначена особа, відповідальна за безпечне виконання робіт. Ця особа повинна вивчити геологічні та гідрогеологічні умови, розміщення підземних та наземних комунікацій.

Під час виконання робіт особливу увагу необхідно приділяти:

- підземним комунікаціям;
- старим виробкам і фундаментам;
- поверхневим водам (зі швидким підніманням їх рівня);
- напірним підземним водам;
- незатампованим розвідувальним свердловинам;
- наземним установкам, що призводять до вібрації ґрунту;
- повітряним електричним мережам.

До виконання робіт з улаштування штучних основ і фундаментів допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичне обстеження, попереднє навчання, відповідні інструктажі.

**На будівельних об'єктах необхідно мати [27]:**

- список номерів телефонів чергових служб підприємств та організацій, у віданні яких перебувають комунікації та інші об'єкти в зоні виконання робіт;
- схеми комунікацій із позначенням місць перекриття напірних трубопроводів, відключення електромереж.

Усі робітники повинні бути ознайомлені з ПВР, технологічними картами виконання земляних та інших робіт, схемою розміщення підземних комунікацій з позначенням місць перекриття напірних трубопроводів, відключення електромереж. У разі виявлення під час виконання робіт нових комунікацій необхідно викликати представників організацій, яким належать ці комунікації, та вирішити питання щодо продовження робіт.

Установлювати бурову машину для улаштування бурових паль дозволяється на спланованому майданчику з урахуванням категорії та характеру ґрунту.

Машиніст бурової установки під час забивання паль зобов'язаний використовувати устаткування і методи, що забезпечують його особисту безпеку та безпеку членів бригади. Він несе безпосередню відповідальність

за порушення норм і правил безпечної експлуатації установки, а також за безпеку працівників, що беруть участь у виконанні робіт.

У бригаді (ланці) у складі осіб, які зайняті на забиванні бурових паль, повинно бути не менше двох стропальників.

Палейні і бурові машини повинні бути обладнані обмежувачами висоти піднімання бурового інструменту або вантажозахоплювального пристрою та звуковою сигналізацією.

На канати повинен бути сертифікат виробника або акт про їх випробування; вантажозахоплювальні засоби повинні бути випробувані та мати бирки або клейма, що підтверджують їх вантажопідіймальність і дату випробування.

Гранична маса молота і палі для копра відповідно до паспорта копра повинна бути зазначена на його фермі або рамі.

Відстань між палейними або буровими машинами та розташованими поблизу них будівлями визначається ПВР. Небезпечна зона під час роботи зазначених машин повинна бути визначена в радіусі не менше ніж 15 м від гирла свердловини або місця забивання палі.

Пересування палейних і бурових машин необхідно виконувати по заздалегідь спланованому горизонтальному шляху та за умови перебування конструкцій машин у транспортному положенні.

Улаштування бурових паль у зоні діючих підземних комунікацій необхідно виконувати за нарядом-допуском під керівництвом особи, що відповідає за безпечне виконання робіт, а в охоронній зоні діючого газопроводу або кабелів електроживлення—ще і у присутності представників організацій, що експлуатують ці комунікації.

Віброзанурювачі для занурення паль повинні бути обладнані підвісними інвентарними площадками для розміщення робітників, які виконують приєднання наголовника віброзанурювача до палі(оболонки).

Ширина настилу площадки повинна бути не менше ніж 0,8 м. Настил площадки повинен бути огорожений на висоту не менше ніж 1,1 м.

Перед використанням віброзанурювача необхідно перевірити цілісність ізоляції живильних проводів, заземлення.

Стіни опускного колодязя зсередини повинні бути обладнані не менше ніж двома надійно закріпленими навісними сходами.

По внутрішньому периметру опускного колодязя повинні бути захисні козирки. Розміри, міцність і порядок встановлення козирків повинні бути визначені у ПВР.

Пробурені свердловини у разі припинення робіт повинні бути закриті щитами або огорожені. На щитах і огорожах повинні бути нанесені попереджувальні знаки безпеки та встановлено сигнальне освітлення згідно з вимогами ДБН В.2.5-28, ГОСТ12.1.046.

Під час виконання робіт на одному робочому майданчику двома механізмами (бурова установка і кран) відстань між ними повинна бути не менше довжини стріли крана або башти бурильної установки плюс 5,0 м.

За неможливості дотримання цих умов під час монтажу арматурного каркаса палі машиніст бурової установки та бурильники, які не беруть участі у монтажі каркаса, повинні вийти за межі небезпечної зони. Після завершення монтажу каркаса кран необхідно вивести з небезпечної зони.

У разі виникнення аварійної ситуації під час забивання бурових паль **бурильник повинен** залишити небезпечну зону, а машиніст – діяти відповідно до інструкції з експлуатації установки.

Під час заглиблення і витягання обсадних труб та ліквідації аварій перебування осіб, не зайнятих на виконанні цих робіт, на відстані менше ніж 1,5 висоти бурової установки заборонено. Роботи з улаштування траншейних і палевих стін необхідно виконувати згідно з ПОБ і ПВР.

Починати роботи методом «**стіна у ґрунті**» дозволяється за наявності затвердженого та погодженого із зацікавленими організаціями ПВР, а також дозволу на виконання цих робіт [20].

На місцях виконання робіт необхідно вивісити плакати зі схемами та зображенням засобів стропування, обмежувальних пристроїв, арматурних каркасів, бетоновозів, бункерів, іншого

Згідно з НПАОП 0.00-2.01 закріплення ґрунтів хімічним і термічним способами належить до робіт з підвищеною небезпекою.

Всі працівники, зайняті на роботах з хімічного і термічного закріплення ґрунту, повинні забезпечуватись спецодягом—бавовняним щільним костюмом або комбінезоном, під час роботи з кислотами – суконним костюмом, гумовими рукавичками і взуттям, захисними окулярами, касками; у разі необхідності – респіраторами згідно з ДСТУ ГОСТ 12.4.041.

На робочому місці необхідно мати засоби колективного захисту, а також аптечку.

Заборонено перебування робітників без спецодягу і засобів індивідуального захисту в атмосфері, що містить пил, туман чи пару хімічних речовин.

Приміщення, де готують розчини для хімічного закріплення ґрунту, повинні бути обладнані штучною вентиляцією і відповідними ємностями для зберігання матеріалів.

Будівельний майданчик, на якому виконуються ін'єкційні роботи, повинен бути огорожений і обладнаний попереджувальними знаками безпеки та світловими сигналами.

Під час виконання робіт у темний час доби розчинний та ін'єкційний вузли, підходи, ділянки роботи і траса напірних магістралей повинні бути освітлені.

Зведення підпірних стін, стін підвалів і кріплень котлованів на будівельних об'єктах, у тому числі під час геотехнічних реконструкцій у зоні розміщення підземних комунікацій, дозволяється з письмового дозволу організації, що експлуатує ці комунікації.

Роботи з пневматичними установками необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП0.00-1.07.

Для виконання робіт із закріплення ґрунтів у цехах діючих промислових підприємств необхідно оформити наряд-допуск (згідно з додатком Ж) на виконання бурових та ін'єкційних робіт на визначеній ділянці підприємства.

Під час закріплення ґрунтів на діючих підприємствах без зупинки виробництва необхідно контролювати стан вентиляції в приміщеннях, якість повітря на наявність газів СО та СН<sub>4</sub>, особливо у підвальних та напівпідвальних приміщеннях, розміщених у радіусі 20 м – 25 м від зони термічного закріплення ґрунтів (глибинного випалювання ґрунтів).

### **7.3. Безпека робіт при експлуатації будівельних машин і механізмів**

#### **Експлуатація вантажопідйомних машин**

Залежно від типу крана і роду привода (електричний, механічний) кран забезпечується рядом приладів і пристроїв, що забезпечують його безпечну експлуатацію [29, 30].

До таких приладів відносять:

- кінцеві вимикачі, призначені для автоматичного зупинення механізмів кранів із електричним приводом при їх переміщенні до можливих меж. На кранах із механічним приводом кінцеві вимикачі не застосовуються;
- блокувальні контакти, які служать для електричного блокування дверей виходу з кабіни крана поза положення її за межами посадочного майданчика, кришки люка виходу на настил мосту і в інших місцях;
- обмежувачі вантажопідйомності, призначені для запобігання аварій кранів, пов'язаних з підйомом вантажів масою, що перевищує їх вантажопідйомність. Улаштування приладу обов'язкове на стрілових, баштових і порталних кранах. Крани мостового типу повинні оснащуватися

обмежувачем вантажопідйомності у тому випадку, коли не виключається їх перевантаження за технологією виробництва;

- обмежувачі перекосу, призначені для запобігання небезпечного перекосу металлоконструкцій козлових кранів унаслідок випередження однією з опор іншої при переміщенні крана;

- показчик вантажопідйомності, який встановлюється на кранах стрілового типу, в яких вантажопідйомність змінюється відповідно до зміни вильоту стріли. Прилад автоматично показує вантажопідйомність крана при даному вильоті стріли. Це допомагає запобігти перевантаженням крана;

- анемометром повинні оснащуватися баштові та порталні крани для автоматичної подачі звукового сигналу при небезпечній для роботи швидкості вітру;

- протиугоні пристрої на кранах, які працюють на наземних рейкових коліях, для запобігання згону їх вітром;

- автоматичний сигналізатор небезпечної напруги (АСНН) сигналізує про небезпечне наближення стріли крану до дротів лінії електропередачі, які перебувають під напругою. Приладом оснащуються стрілові самохідні крани (за винятком залізничних);

- опорні деталі, якими забезпечуються крани мостового типу, пересувні консольні, баштові, порталні, а також вантажні візки для зменшення динамічних навантажень на металлоконструкцію у випадку поломки осей ходових коліс;

- упори на кінцях рейкової колії для запобігання сходу з них вантажопідйомних машин, а також на стрілоподібних кранах із вильотом стріли, що змінюється, для запобігання її перекидання;

- звуковий сигнальний прилад на кранах, керованих із кабіни або пульту (при дистанційному керуванні). На кранах, керованих з підлоги, сигнальний прилад не встановлюється.

У кранах усіх типів, що мають телескопічні висувні стріли або башти, обов'язково передбачається надійна фіксація в робочому положенні

висунутої стріли. На кранах із гідроприводом функцію фіксатора виконує запобіжний зворотний клапан [29].

На кожному будівельному майданчику або будь-якій іншій ділянці робіт вантажопідйомних машин наказом адміністрації будівництва в кожному зміні з числа ІТП, начальників змін, майстрів, виконробів, у розпорядженні яких перебувають вантажопідйомні машини, призначається особа, відповідальна за безпечне виконання робіт з переміщення вантажів кранами.

До наказу вносяться особи тільки після перевірки їх знань відповідних розділів правил і інструкцій.

Особа, відповідальна за безпечне виконання робіт з переміщення вантажів кранами, зобов'язана організувати на ділянці, де застосовуються вантажопідйомні машини, ведення робіт із дотриманням правил безпеки. Для цього вона повинна:

- не допускати використання немаркованих, несправних і невідповідних вантажопідйомності і характеру вантажу вантажозахватних пристроїв і тари;

- указувати кранівникам і стропальникам місце, порядок і габарити складування вантажів;

- не допускати до обслуговування кранів ненавчений і неатестований персонал, визначати необхідне число стропальників, а також необхідність призначення сигнальників при роботі крана;

- простежити за виконанням кранівниками і стропальниками виробничих інструкцій і у разі необхідності інструктувати їх з безпечного виконання майбутньої роботи на місці її проведення, звертаючи особливу увагу на недопущення перевантаження крану, на правильність установки стрілових самохідних кранів, на правильність обв'язування і закріплення вантажів, на безпеку виконання робіт при навантажуванні і розвантаженні вагонів і платформ, на дотримання стропальниками особистої безпеки;

- не допускати без наряду-допуску виконання робіт в охоронній зоні ЛЕП ближче 30 м до крайнього дроту, напругою понад 36 В.

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Тема виконаної магістерської кваліфікаційної роботи є актуальною. У ній розв'язано задачу визначення оптимальних параметрів фундаментних конструкцій. Ця задача є критично важливою у зв'язку з особливостями ґрунтового покриття та інженерно-геологічними умовами міста Івано-Франківська.

Здійснення будівельної діяльності у цьому регіоні вимагає глибокого розуміння властивостей ґрунтів, їхньої взаємодії з будівельними конструкціями та здатності витримувати навантаження.

Основні чинники, такі як слабкі ґрунти, можливі геологічні ризики, та потенційна нестабільність, роблять цю тему актуальною для практичного застосування.

Врахування усіх цих факторів дозволить розробити ефективні та безпечні фундаментні рішення, що забезпечать тривалу та надійну експлуатацію будівель в умовах міста Івано-Франківська.

Результати досліджень у цій області можуть мати велике значення для будівельної галузі та сприяти сталому розвитку міського середовища.

**Специфікації фундаменту:** визначено, що оптимальним варіантом для умов даного будівельного майданчика є використання забивних палей з перерізом 400×400 мм та довжиною 5 метрів.

**Адаптація до ґрунтових умов:** враховано складні інженерно-геологічні умови, зокрема особливості ґрунтів, що можуть впливати на стійкість фундаменту.

**Стійкість та безпека:** проведені розрахунки та моделювання підтверджують, що обраний тип фундаменту забивних палиць відповідає вимогам стійкості та безпеки.

**Ефективність та економічність:** визначено, що вибір забивних палиць є ефективним з точки зору економії часу та ресурсів порівняно з іншими типами фундаментів в умовах даного проекту.

**Дотримання стандартів:** усі обрані параметри відповідають вимогам будівельних стандартів та норм, що гарантує високу якість та безпеку конструкції.

**Моніторинг та обслуговування:** рекомендується встановлення системи моніторингу для постійного контролю стану фундаменту протягом експлуатації будинку.

**Орієнтовна вартість** 1м<sup>2</sup> багатоповерхової житлової будівлі складає 37652 грн.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Яковенко І.А. Напрями наукових досліджень кафедри будівництва НУБіП України / І.А. Яковенко, Є.А. Бакулін // Зб. тез доп. X Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 116-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН В.С. Крамарова (1906–1987) та 125 річниці НУБіП України (24–25 лютого 2023 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2023. – С. 488–491.

2. Яковенко І.А. Розвиток self та soft skills у майбутніх фахівців будівельної галузі / І.А. Яковенко, **О.В. Лященко** // Зб. тез доп. XI Міжн. наук.-техн. конф. «Крамаровські читання» з нагоди 117-ї річниці від дня народження д.т.н., проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ, віцепрез. УАСГН Крамарова В.С. (1906-1987) ( 22–23 лютого 2024 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2024. – С. 425–429.

3. Лященко О.В. Використання технології цифрових двійників у будівництві та цивільній інженерії / **О.В. Лященко**, І.А. Яковенко // Зб. тез доп. 77-ї всеукр. наук.-практ. студ. конф. «Наукові здобутки студентів у дослідженнях технічних та біоенергетичних систем природокористування: конструювання та дизайн» (18–19 квітня 2024 р., м. Київ). – К. : НУБіП України, 2024. – С. 107–111.

4. 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).

5. Будівлі та споруди. Визначення класів наслідків (відповідальності) : : ДСТУ 8855:2019. – [Чинний з 2019-12-01]. – К. : Державне підприємство «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. – 14 с. – (Державний стандарт України).

6. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель : ДБН В.2.6–31:2021. – [Чинний від 2022-09-01]. – К. : Мінрегіон України, 2022. – 23 с.

7. Бакулін Є.А. Об'ємно-просторові рішення будівель і споруд : навчальний посібник / Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира. – К. : Видавничий центр НУБіП України, 2024. – 264 с. <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/11201>

8. Будівництво у сейсмічних районах України : ДБН В.1.1–12–2014. – [Чинний з 2014–10–01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2014. – 110 с. – (Державні будівельні норми України).

9. Інженерні вишукування для будівництва : ДБН А.2.1–1–2014. – [Введені в дію з 2014–03–24]. – К. : Держбуд України, 2014. – 126 с. – (Державні будівельні норми України).

10. Інженерний захист територій, будівель і споруд від зсувів та обвалів. Основні положення : ДБН В.1.1-46:2017. – [Чинний з 2017–09–01]. – К. : Мінрегіонбуд, 2017. – 47 с. – (Державні будівельні норми України).

11. 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.

12. 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).

13. Бамбура А.М., Павліков А.М., Колчунов В.І. та ін. Практичний посібник із розрахунку залізобетонних конструкцій за діючими нормами України (ДБН В.2.6–98:2009) та новими моделями деформування, що розроблені на їхню заміну. К.: Толока, 2017. 627 с.

14. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування : ДСТУ Б.В.2.6–156:2010. – [Чинний з 2011-06-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2011. – 118 с. – (Національний стандарт України).

15. Прокат арматурний для залізобетонних конструкцій. Загальні технічні умови : ДСТУ 3760:2019.–[Чинний з 2019–08–01]. – К. : ДП «УкрНДНЦ», 2019. – (Державний стандарт України).

16. Настанова з проектування підпірних стін : ДСТУ–Н Б В.2.1–31:2014. – [Введені в дію з 2015–10–01]. – К. : Мінрегіон України, 2015. – 86 с. – (Національний стандарт України).

17. Зоценко М.Л. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів. Основи та фундаменти. - Полтава, 2004. - 568с.

18. 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).

19. Парфентьєва І.О. Основи та фундаменти : навчальний посібник для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія / І.О. Парфентьєва, О.В. Верешко, Д.А. Гусачук. – Луцьк : ЛНТУ, 2017. – 296с.

20. 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.

21. Інженерна геологія (з основами геотехніки): підручник для студентів ВНЗ / [Суярко В.Г. , В. М. Величко, О. В. Гаврилук та ін.]; за заг. ред. проф. В. Г. Суярка. – Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2019. – 278 с.

22. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт із дисципліни "Основи автоматизованого проектування в будівництві" для студентів за спеціальністю 192 – «Будівництво та цивільна інженерія» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 91 с.

23. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт за дисциплінами «САПР у будівництві», «Моделювання будівель та споруд сільськогосподарського призначення» підготовки фахівців ОС «Магістр» за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» / уклад.: Є.А. Дмитренко, І.А. Яковенко, О.А. Фесенко. – К. : НУБіП України, 2021. – 104 с.

24. Барабаш М.С. Основи комп'ютерного моделювання : навчальний посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язєв, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. – К. : НАУ, 2018. – 492 с.

25. Угненко Є.Б. Основи організації будівництва та будівельного виробництва : конспект лекцій / Є.Б. Угненко, О.М. Тимченко, Н.В. Белікова . – Харків : УкрДУЗТ, 2019. – Ч. 1. – 81 с.

26. 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).

27. Планування та забудова територій: ДБН Б.2.2-12:2019. - [Чинний з 2019-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2019. – (Державні будівельні норми).

28. 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).

29. Правила визначення вартості будівництва : ДСТУ Б.Д.1.1–1:2013. – [Чинний з 2014-01-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2013. – 88 с. – (Національний стандарт України).

30. Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень. Система проектної документації для будівництва : ДСТУ Б А.2.4-7:2009. – [Чинний від 2009-24-01]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 71 с. – (Державні будівельні норми України).

31. Розрахунок і конструювання кам'яних та армокам'яних конструкцій будівель та споруд : ДСТУ Б В.2.6-207:2015. – [Чинний з 2016-04-01]. – К. : Мінгеріонбуд України, 2016. – 258 с. – (Національний стандарт України).

32. 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).

33. Дудар, І. Н. Технологія будівельного виробництва (курсове та дипломне проєктування) : навчальний посібник / І.Н. Дудар, О.М. Лівінський, Т.В. Прилипко. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 75 с.

34. Клименко Є.В. Технічна експлуатація та реконструкція будівель і споруд : навчальний посібник. – К., 2004. – 304 с.

35. Ковальчук Я.О. Технологія та організація будівництва : навчальний посібник / Я.О. Ковальчук. – Тернопіль : ТНТУ, 2017. – 191 с.

36. Дмитренко Є. А. Особливості розрахунку міцності нормальних перерізів згинальних залізобетонних конструкцій за методом Вуда в ПК «ЛІРА САПР» / Є. А. Дмитренко, Ю. В. Гензерський, І. А. Яковенко, Є. А. Бакулін // Український журнал будівництва та архітектури : науково-практичний журнал. – Дніпро : ДВНЗ ПДАБА, 2021. – № 5 (005). – С. 41–49.  
<http://uajcea.pgasa.dp.ua/issue/view/15004>

37. Яковенко І. А. Експериментальні дослідження міцності і тріщиностійкості у залізобетонних складених конструкціях / І. А. Яковенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : зб. наук. праць. – Рівне, 2014. – Вип. 28. – С. 319–328.

38. Emelyanov, S., Nemchinov, Y., Kolchunov, V., & Yakovenko, I. (2016). Details of large-panel buildings seismic analysis. *Enfoque UTE*, 7(2), pp. 120 – 134. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v7n2.100>

39. Dmytrenko, Y., Usenko, M., Yakovenko, I. (2024). Collisions of Strength Determination Modeling for Eccentrically Compressed Reinforced Concrete Constructions with Small Eccentricities by Normal Sections in Lira-FEM Software. In: Blikharskyy, Z., Zhelykh, V. (eds) *Proceedings of EcoComfort 2024. EcoComfort 2024. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol 604. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-67576-8_5)

40. Yakovenko I.A. Influence of reinforcement parameters on the width of crack opening in reinforced concrete structures / I.A. Yakovenko, Ye.A. Dmytrenko // *Achievements of Ukraine and EU countries in technological innovations and invention : collective monograph*. – Riga: Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2022. – P. 510–536. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-254-8-18>

# ДОДАТКИ