

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавра

(назва освітнього ступеня)

на тему: Проект багатоквартирного житлового будинку з приміщеннями
громадського призначення в Тернополі.

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МБс-41
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)

<u>Гаврилюк В. М.</u>
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник	<u>Підгурський М. І.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль	<u>Мещерякова О. М.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри	<u>Ясній В. П.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент	<u>Бобик М. П.</u>
	(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд і технологій
(повна назва факультету)
Кафедра Будівельної механіки
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Ясній В.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«__» _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня Бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Гаврилюку Володимирі Михайловичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект багатоквартирного житлового будинку з приміщеннями громадського призначення в Тернополі.

Керівник роботи Підгурський Микола Іванович, доктор технічних наук, професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» січня 2026 року № 4/9-53

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 червня 2026

3. Вихідні дані до роботи Район будівництва, з відповідними йому інженерно-геологічними, сейсмічними та кліматологічними особливостями – місто Тернопіль. Споруда що проектується багатоповерхова житлова будівля

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Архітектурно-будівельний розділ. Розрахунково-конструктивна частина проекту. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів):

План підвального приміщення. План першого поверху з житловими квартирами та громадськими приміщеннями на відм. +0.000 План типового житлового поверху із заповненням отворів. План покрівлі Фасад в осях "14-1". Розріз 1-1 Схема улаштування пальового поля. Схема улаштування монолітних ростверків. Паля бурова ПБ-1. Ростверк РМ-1 Схема улаштування вертикальних монолітних елементів типового поверху. Кладочний план типового поверху. Колона К-1 Опалубочне креслення типової плити перекриття монолітної. Схема додаткового армування плити перекриття монолітної типового поверху

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., к.т.н., зав.каф. МТ		

7. Дата видачі завдання 26 січня 2026 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз містобудівного розташування об’єкта проєктування, природних і кліматичних умов ділянки.	03.02.2026	
2	Розробка архітектурно-планувальної концепції, зонування, схеми розміщення приміщень.	15.02.2026	
3	Підбір конструктивної схеми, матеріалів, типу перекриттів, сходів.	08.06.2026	
4	Розрахунок навантажень на несучі елементи (стіни, перекриття, покрівля).	12.06.2026	
5	Розрахунок каркасу будівлі у програмному комплексі ЛІРА-FEM	14.06.2026	
6	Аналіз ґрунтових умов, підбір типу фундаменту.	16.06.2026	
7	Розрахунок фундаментів у програмному комплексі ЛІРА-FEM («ГРУНТ»).	18.06.2026	
8	Аналіз ризиків у надзвичайних ситуаціях, оцінка наслідків, заходи з охорони праці та безпеки при організації будівельного майданчика	20.06.2026	

Студент

(підпис)

Гаврилюк В. М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Підгурський М. І.

(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1 АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ	6
1.1 Коротка характеристика об'єкта та ділянки будівництва	6
1.2 Конструктивна схема будинку.....	7
1.3 Особливості влаштування громадських приміщень у житлових будинках	9
1.3.1 Вентиляція приміщень громадського призначення	11
1.3.2 Заходи щодо підвищення енергоефективності та звукоізоляції житлових будинків, зокрема з громадськими приміщеннями	11
РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	17
2.1 Особливості інженерних розрахунків будівельних конструкцій.....	17
2.2 Конструктивні рішення	19
2.3 Інженерно-геологічні умови	19
2.4 Моделювання та розрахунок конструкцій каркасу	20
2.5 Моделювання фундаментів і основи.....	21
2.6 Моделювання вертикальних несучих елементів	29
2.7 Формування завантажень та розрахункових сполучень	34
2.8 Розрахунок і аналіз моделі	37
РОЗДІЛ 3 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	49
3.1 Охорона праці та техніка безпеки. Заходи з охорони праці та безпеки при організації будівельного майданчика.	49
3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	51
3.2.1 Стійкість будівель та споруд при виникненні надзвичайної ситуації.	51
3.2.2 Оцінка стійкості будівель та споруд при виникненні надзвичайної ситуації.....	52
3.2.3 Способи підвищення стійкості роботи будівель та споруд	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	55
БІБЛІОГРАФІЯ	56

ВСТУП

Будівництво житла є одним з найважливіших аспектів в Україні. Питання стосується не лише про відбудову зруйнованих будівель, а й створення нового безпечного та якісного житла. Однією з найбільш безпечних, як показали умови війни, є каркасно-монолітна технологія будівництва, яка забезпечує найбільш високу просторову жорсткість і стійкість багатоповерхових будівель.

Каркасно-монолітна технологія поєднує високу надійність, довговічність та архітектурну гнучкість, що робить її однією з найбільш ефективних для зведення сучасних багатоповерхових житлових та громадських будівель. Незважаючи на підвищену трудомісткість та складність технологічного процесу, переваги даної технології спорудження будівель у більшості випадків переважають її недоліки, особливо при будівництві об'єктів підвищеної відповідальності та складної конфігурації.

Для розрахунку складних просторових об'єктів, якими є монолітно-каркасні системи будівель застосовують пакети спеціалізованих програм, однією з яких є ЛІРА-FEM. Основою розрахункових програм ЛІРА-FEM є метод скінчених елементів. Цей метод дозволяє моделювати складні будівельні конструкції різноманітної конфігурації. Дана програма моделює просторову роботу каркасу з врахуванням взаємодії різних конструктивів, що створюють цей каркас, їх реальних фізичних властивостей, умов закріплення та комплексу навантажень, що діють на цей каркас.

У даній кваліфікаційній роботі за допомогою спеціалізованого пакету програм ЛІРА-FEM проведено розрахунок каркасу та фундаменту з буронабивних паль для двосекційної дев'ятиповерхової будівлі.

Також сучасні вимоги до комфортного житлового середовища передбачають зведення будинків з розміщенням у них громадських приміщень різного функціонального призначення. Такі рішення підвищують рівень забезпеченості населення різноманітними доступними послугами.

Відповідно до українських норм, громадські приміщення, що розташовані в будинках повинні функціонувати, не створюючи погіршення умов проживання мешканців і мати функціональне та інженерне відокремлення від житлової частини будинку, що передбачено у проєкті.

РОЗДІЛ 1

АРХІТЕКТУРНО-БУДІВЕЛЬНИЙ

1.1 Коротка характеристика об'єкта та ділянки будівництва

Планується будівництво дев'ятиповерхового багатоквартирного житлового будинку з приміщеннями громадського призначення. Будинок є двосекційним. Будівля, що проєктується, розташована на вулиці з інтенсивним транспортним рухом.

В основу рішення вертикального планування ділянки закладені:

- максимальне збереження рельєфу;
- відведення дощових вод на існуючі проїзди і вулиці, які прилягають до ділянки і частково на існуючий рельєф.

Проєктом передбачено мощення підходів і під'їздів, що при прийнятих нахилах забезпечує нормальне стікання атмосферних вод. Вільна від забудови та мощення територія засівається багаторічними газонними травами. Озеленення ділянки вирішено, в основному декоративними деревами і чагарниками, стійкими у даних кліматичних умовах.

При розробці генплану та розміщення об'єкту враховано дотримання санітарних норм, протипожежних розривів до існуючої забудови, забезпечення інсоляції навколишньої житлової забудови.

Проєктні рішення об'єкта повинні забезпечувати його надійність та безпеку, здатність зберігати необхідні експлуатаційні якості протягом встановленого терміну експлуатації, а саме:

- гарантію безпеки для здоров'я і життя людей, майна та довкілля;
- збереження цілісності об'єкта та його основних частин і виконання інших вимог, які гарантують можливість використання об'єкта за призначенням і нормального функціонування технологічного процесу, включаючи вимоги до жорсткості будівельних конструкцій і основ, тепло- і звукоізоляційних огорожень, їх герметичності, акустичних характеристик, тощо;

- забезпечення можливості подальшої експлуатації споруди відповідно до технічних, економічних або соціальних умов, що можуть змінюватися;
- створення необхідного рівня зручностей і комфорту для користувачів та експлуатаційного персоналу, включаючи вимоги до кліматичного режиму в приміщеннях (повітрообмін, температура , вологість, рівень освітлення, тощо), а також доступність для оглядів і ремонтів, можливість заміни і модернізації окремих елементів, тощо:
- обмеження ступеня ризику шляхом виконання вимог до вогнестійкості , безвідмовності роботи захисних пристроїв, надійності систем і мереж життєзабезпечення, живучості будівельних конструкцій, тощо.

Забезпечення надійності та конструктивної безпеки проєктованого об'єкта досягається шляхом дотримання нормативних вимог.

Щодо заходів, що попереджують небезпеку, або знижують її вплив, то проєктування об'єкта проведено таким чином, щоб конструкції, відмова яких може бути причиною аварійної ситуації, при виникненні небезпеки (пожежа, землетрус та ін.) зберігали працездатність протягом часу достатнього для заходів, з евакуації людей з будівлі.

1.2 Конструктивна схема будинку

Конструктивною схемою будівлі є залізобетонний монолітний каркас з діафрагмами жорсткості. Просторова жорсткість споруди забезпечується монолітними колонами, діафрагмами та плитами перекриття, які з'єднуються в одну систему.

Каркасно-монолітна технологія будівництва є однією з найбільш поширених у сучасному цивільному та промисловому будівництві. Її сутність полягає у влаштуванні просторового несучого каркаса з монолітного залізобетону, який складається з колон, балок, діафрагм жорсткості та перекриттів.

До основних переваг каркасно-монолітного будівництва належать:

- висока просторова жорсткість і стійкість будівлі, що особливо важливо для багатоповерхових будівель та споруд в сейсмічних районах, а також на відкритій місцевості з сильними вітрами. Каркасно-монолітна схема є найбільш ефективною з-поміж інших технологій зведення будинків щодо протидії ударним хвилям у воєнний час.
- можливість реалізації складних архітектурних форм і нестандартних планувальних рішень контурів будівлі, що виконуються з залізобетону;
- відсутність великої кількості внутрішніх несучих стін, що забезпечує вільне планування приміщень. Це дозволяє створювати простори з відкритими великими приміщеннями.
- можливість влаштування великих вікон та панорамного скління;
- можливість реконструкції та перепланування приміщень без втручання у несучу систему будівлі;
- забезпечення високої довговічності і надійності конструкцій, що підтверджується у воєнний час.

Зазначимо, що порівняно зі збірнопанельним будівництвом каркасно-монолітна технологія забезпечує більшу архітектурну виразність, кращу просторову жорсткість та меншу залежність від типових конструктивних схем. Крім того, відсутність великої кількості монтажних швів підвищує довговічність і експлуатаційну надійність будівлі.

Якщо порівнювати з цегляним будівництвом, то каркасно-монолітні споруди мають меншу масу несучих конструкцій, більші можливості щодо перекриття значних прольотів та вищу швидкість зведення при великому обсязі робіт. Також суттєво зменшується товщина несучих елементів, що дозволяє ефективніше використовувати внутрішній простір будівлі.

Разом із перевагами каркасно-монолітна технологія має певні недоліки:

- значна трудомісткість виконання монолітних робіт;
- необхідність використання опалубних систем та спеціалізованого обладнання;

- потреба у високій кваліфікації персоналу для забезпечення належної якості виконання бетонних робіт;
- необхідність витримування технологічних перерв для досягнення бетоном необхідної міцності;
- залежність темпів будівництва від погодних умов, що є особливо характерним в зимовий період;
- складність контролю якості прихованих робіт після завершення бетонування.

Отже, каркасно-монолітна технологія поєднує високу надійність, довговічність та архітектурну гнучкість, що робить її однією з найбільш ефективних для зведення сучасних багатоповерхових житлових, громадських і промислових будівель. Незважаючи на підвищену трудомісткість та складність технологічного процесу, переваги даної системи у більшості випадків переважають її недоліки, особливо при будівництві об'єктів підвищеної відповідальності, висотності та складної конфігурації.

1.3 Особливості влаштування громадських приміщень у житлових будинках

Сучасна практика проєктування будинків для житла часто передбачає розміщення у їх складі громадських приміщень, які мають різне функціональне призначення, зокрема магазинів, офісів, аптек, закладів громадського харчування, побутового обслуговування та інших об'єктів повсякденного користування. Таке архітектурно-планувальне рішення сприяє формуванню комфортного житлового середовища та дозволяє підвищувати рівень забезпеченості населення необхідними послугами. Варто зазначити, що влаштування громадських приміщень у житлових будинках регламентується будівельними нормами та має низку особливостей, пов'язаних із забезпеченням комфорту і безпеки мешканців.

При проєктуванні громадських приміщень у складі житлових будинків необхідно забезпечувати їх функціональне відокремлення від житлової частини

будівлі. Для цього передбачаються окремі входи для відвідувачів і персоналу, незалежні шляхи евакуації та автономне функціонування інженерних систем.

Особливу увагу приділяють забезпеченню нормативних санітарно-гігієнічних умов проживання мешканців будинку. Діяльність громадських закладів не повинна супроводжуватися підвищеним рівнем шуму, вібрацій, неприємних запахів або інших негативних впливів. Для цього між громадськими та житловими приміщеннями передбачено звукоізоляційні конструкції, а інженерне обладнання розміщується таким чином, щоб врахувати вимоги щодо шумозахисту.

Важливою вимогою є забезпечення пожежної безпеки. Громадські приміщення повинні відокремлюватися від житлової частини протипожежними конструкціями відповідного класу вогнестійкості. Крім того, проєктом мають бути передбачені нормативні евакуаційні виходи, системи протипожежного захисту та безпечні шляхи евакуації людей.

Інженерне забезпечення громадських приміщень рекомендується виконувати незалежним від житлової частини будинку або з максимальним рівнем функціонального розмежування. Системи вентиляції повинні виключати потрапляння забрудненого повітря до житлових приміщень. Для окремих видів громадських об'єктів можуть передбачатися автономні системи водопостачання, каналізації та електропостачання.

При розташування у житловій будівлі торгівельних закладів необхідно передбачати зручні зони завантаження та розвантаження товарів, які б не створювали незручностей для мешканців будинку. Такі зони слід розташовувати в місцях, що не межують безпосередньо з житловими вікнами, дитячими майданчиками, тощо.

Однією з обов'язкових умов сучасного проєктування є забезпечення доступності для маломобільних груп населення. Для цього входи до громадських приміщень (у нашому проєкті – стоматологічний та косметологічний кабінети) обладнуються пандусами, тактильними елементами та іншими засобами безбар'єрного доступу відповідно до чинних нормативних вимог.

Таким чином, проектування громадських приміщень у житлових будинках повинно забезпечувати ефективне поєднання житлової та громадської функцій будівлі без погіршення умов проживання населення, з дотриманням вимог безпеки, комфорту та експлуатаційної надійності.

1.3.1 Вентиляція приміщень громадського призначення

Вентиляція приміщень громадського призначення є припливно-витяжна з природнім спонуканням. Приплив повітря здійснюється через віконні кватирки та провітрювачі.

Видалення повітря із приміщень здійснюється природньо через окремо запроєктовані вентканали. Вентиляційні канали виведені вище даху будинку даху на нормовану висоту.

Вентиляція трьох допоміжних приміщень стоматології та косметологічного кабінету, що без природнього освітлення, запроєктована з механічним спонуканням.

Притічна вентсистема - каналний вентилятор Vent-125L, з підігрівом притічного повітря в холодний період року електрокалорифером ЕКD-1.2/125, N=1.2кВт.

Витяжна вентсистема - каналний вентилятор NVE-230-A, з кожного із трьох приміщень, та видаленням повітря через окремі для кожного приміщення вентканали, які виводяться вище даху на нормовану висоту.

1.3.2 Заходи щодо підвищення енергоефективності та звукоізоляції житлових будинків, зокрема з громадськими приміщеннями

Однією з головних вимог до сучасного житлового будівництва є забезпечення мінімальних експлуатаційних витрат для створення комфортних умов проживання. Досягти цього можна шляхом зниження енерговитрат на підтримання оптимального температурно-вологісного режиму всередині будинку,

зокрема на його опалення, охолодження та вентиляцію. Саме тому ефективна ізоляція огорожувальних конструкцій від впливу зовнішнього середовища та формування сприятливого мікроклімату у квартирах та приміщеннях є одними з ключових функцій будівлі.

Підвищення енергоефективності та забезпечення належного рівня звукоізоляції є одними з основних завдань під час проєктування сучасних житлових будинків, у тому числі з вбудованими громадськими приміщеннями. Реалізація відповідних заходів дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, покращити комфорт проживання мешканців та забезпечити відповідність будівлі сучасним нормативним вимогам.

Для підвищення енергоефективності будівлі доцільно влаштовувати максимально герметичний тепловий контур будівлі. Для цього застосовували ефективну систему зовнішнього утеплення фасадів, покриття, цокольної частини фундаментів будівлі із використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів. Також використовували енергоефективні віконні конструкції із дво- або трикамерними склопакетами та низькоемісійним покриттям (у нашому проєкті застосовували двокамерні віконні пакети).

Оскільки запроєктована будівля розташована на вулиці з інтенсивним рухом транспорту, то особливу увагу приділено ефективними звукоізоляційним матеріалам для влаштування зовнішніх стін.

Відповідно, одним із найважливіших аспектів при зведенні житла є правильний вибір матеріалу для стін, а також збереження його властивостей у процесі експлуатації. У зв'язку з цим при проєктуванні проведено порівняльний аналіз експлуатаційних характеристик сучасних стінових матеріалів, зокрема керамічних блоків і газобетону, визначити їхні переваги та недоліки.

Одним із найпопулярніших матеріалів для будівництва є газобетон, який поєднує в собі легкість, міцність та енергоефективність. Його великі блоки (600x300x200 мм) значно прискорюють процес зведення стін, а добрі теплоізоляційні властивості дозволяють зменшити витрати на опалення. Також

газобетон відзначається екологічністю, що робить його безпечним для здоров'я людини та навколишнього середовища.

Попри всі переваги, газобетон має і певні недоліки, які варто враховувати перед вибором цього матеріалу. Найбільша проблема – його пористість, яка спричиняє вбирання вологи. Крім того, газобетон доволі крихкий, а для його кладки потрібні спеціальні клеї. Також будівля з газобетону потребує якісного фундаменту, щоб уникнути появи тріщин у зовнішніх стінах та внутрішніх перегородках.

Керамоблоки є сучасним будівельним матеріалом, який поєднує в собі міцність, екологічність та енергоефективність. Вони мають покращені теплоізоляційні властивості порівняно з традиційною цеглою, а також забезпечують гарну звукоізоляцію. Завдяки пористій структурі та щільним порожнечам керамоблоки мають відносно невелику вагу, що зменшує навантаження на фундамент і полегшує транспортування.

Попри численні переваги, керамічні блоки вимагають точного дотримання технології будівництва. Особливості кладки та використання спеціального клею можуть збільшувати витрати. Крім того, через пористу структуру керамоблоки можуть бути вразливими до неякісного виробництва, що може позначитися на їхній міцності. Якщо дотримуватися всіх рекомендацій виробника та використовувати якісні матеріали, керамічні блоки стають надійним вибором для будівництва енергоефективного, довговічного та екологічного житла.

При виборі будівельного матеріалу для зведення житла також важливо враховувати його експлуатаційні характеристики, адже від цього залежить довговічність та безпека як будівлі, так і комфорт мешканців. Газобетон і керамічні блоки мають різні фізико-механічні властивості, що впливають на їхню ефективність у різних умовах експлуатації.

Так, керамічні блоки виготовляються з глини, яка проходить технологічну підготовку, вакуумне пресування та випалюється при температурі близько 900°C. Для покращення теплофізичних властивостей керамічних блоків до складу суміші додають вигоряючі компоненти, такі як дерев'яна тирса або продукти переробки

паперу та целюлози. Під час випалювання зазначені добавки повністю вигоряють. Таким чином утворюються пори, що забезпечують легкість і екологічність матеріалу, з якого виготовляються керамоблоки.

Газобетон виготовляється на основі піску, вапна та цементу з додаванням газоутворювача (алюмінієвої пудри). Після змішування складові піддаються автоклавній обробці при температурі близько 200°C і тиску 8-12 атм. Газоутворення відбувається завдяки алюмінієвій пудрі, яка взаємодіє з іншими компонентами, утворюючи, при цьому пористу структуру. При використанні якісної сировини та дотриманні технології виробництва газобетон є безпечним для здоров'я людини та екологічним для навколишнього середовища.

Аналіз літературних даних порівняння експлуатаційних характеристик керамічних блоків і газобетону показує, що кожен із цих матеріалів має свої переваги та недоліки, а вибір залежить від конкретних умов будівництва та вимог до будівлі в цілому. Керамічні блоки забезпечують високу міцність, довговічність, низьку усадку (зменшення об'єму) та кращу морозостійкість, що робить їх оптимальним варіантом для будівництва багатоповерхових і довговічних будівель. Керамічні блоки також характеризуються стабільними теплоізоляційними властивостями завдяки низькій експлуатаційній вологості, що дозволяє одразу після будівництва отримати енергоефективні та звукоізолюючі стіни без додаткового часу на висихання матеріалу.

Газобетон, у свою чергу, має нижчу теплопровідність у сухому стані (від 0,09 до 0,12 Вт/(м·К), тоді як у керамічного блоку цей показник становить близько 0,21 Вт/(м·К).) Це означає, що газобетон забезпечує кращу теплоізоляцію. Однак висока початкова вологість і значна усадка (зменшення об'єму) можуть вимагати додаткових заходів під час експлуатації, зокрема захисту від вологи та довшого часу очікування стабілізації матеріалу.

Щодо оцінки вартості, то керамоблоки є дорожчими за газоблоки на 20-30%, проте ця різниця зазвичай не є визначальною при виборі матеріалу.

Оскільки будинок, що проектується знаходиться на вулиці з інтенсивним рухом транспорту, а також завдання на проєкт передбачає наявність вбудованих

громадських приміщень, то для забезпечення комфортного перебування людини в приміщенні важливу роль відіграє звукоізоляція стінових конструкцій. Ця характеристика визначається здатністю матеріалу знижувати рівень звукового тиску при наявності шуму. Цей параметр характеризується індексом ізоляції повітряного шуму R_w , дБ.

Керамічні блоки мають високі показники звукоізоляції. Так, цей показник для товщини стіни з керамоблоків становить:

- 100 мм – 43-47 дБ;
- 250 мм – 49-52 дБ;
- понад 375 мм – 52-56 дБ.

Газобетонні конструкції мають нижчі показники звукоізоляції R_w через меншу густину та високу пористість матеріалу:

- 100 мм – 39-43 дБ,
- 250 мм – 45-48 дБ,
- понад 375 мм – 47-52 дБ.

Як бачимо, керамоблок товщиною 250 мм співставний з газобетонним блоком товщиною 400 мм для поглинання такого ж....

У проєкті зовнішні стіни будівлі виконували з керамоблоків товщиною 250 мм з подальшим утепленням фасадної системи пінополістирольними плитами, товщиною 120 мм (рис. 1.1)



Рисунок 1.1 – Влаштування зовнішніх стін з керамоблоків

Таке рішення дозволяє забезпечити нормативні показники теплозахисту, зменшити експлуатаційні витрати на опалення та кондиціонування, а також підвищити комфорт проживання завдяки покращеним акустичним характеристикам огорожувальних конструкцій.

Для забезпечення нормативного рівня звукоізоляції між житловими та громадськими приміщеннями було передбачено збільшення звукоізоляційної здатності міжповерхових перекриттів за рахунок влаштування додаткових звукоізоляційних підвісних стель; влаштування перегородок з керамоблоків та оздоблювальних матеріалів; влаштування відокремлених вентиляційних та інших інженерних систем.

Реалізація відповідних заходів дозволяє зменшити витрати при експлуатації будівель, покращити комфорт проживання мешканців, забезпечити відповідність будівлі сучасним нормативним вимогам.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

2.1 Особливості інженерних розрахунків будівельних конструкцій

У сучасному будівництві інженерний розрахунок є основою міцності, надійності та безпечної експлуатації будівель і споруд. Проєкт кожної будівлі чи інфраструктурної споруди передбачає перевірку несучої здатності конструкцій.

Інженерний розрахунок дозволяє визначити, як будівля чи споруда працює під дією постійних і тимчасових навантажень: власної ваги, експлуатаційних впливів, вітрового напору, сейсмічних впливів, температурних деформацій. Проєктант отримує дані про внутрішні зусилля в конструкціях, прогини, напруження та можливі критичні зони ще на стадіях проєктних рішень, а не під час експлуатації об'єкта.

Складність сучасних архітектурних рішень та використання нових матеріалів значно підвищують вимоги до точності розрахунків. Великі прольоти будівель, їх нестандартні форми, висотне будівництво – усе це вимагає детального аналізу, який складно, а то й неможливо виконати без прикладних програм. Саме тут застосовуються спеціалізовані системи інженерного розрахунку, зокрема ЛІРА-FEM, які дозволяють моделювати реальну поведінку конструкції з урахуванням чинних нормативних вимог.

Однією з ключових можливостей ЛІРА- FEM є створення розрахункових моделей будівель і споруд різної складності.

Зазначений програмний пакет дозволяє моделювати залізобетонні каркасні (збірні чи монолітні), сталеві та комбіновані будівлі та споруди. У моделі задаються елементи будівлі: балки, колони, плити, стіни, фундаменти та інші конструкції з конкретними характеристиками матеріалів і перетинів. Кожен елемент описується як частина єдиної розрахункової схеми, що враховує зв'язки між вузлами та граничні умови.

Спеціалізований пакет розрахункових програм співпрацює з CAD- або BIM-середовищем і інтегрується в загальний цифровий процес проєктування.

Найчастіше будівлі створюється в CAD- або BIM-середовищі, після чого передається на розрахункову платформу для інженерного аналізу.

Після розрахунку результати використовуються для коригування перерізів, елементів конструкцій, матеріалів або уточнюється схема роботи конструкції. Таким чином, CAD-система відповідає за форму та документацію, а ЛІРА – за перевірку працездатності цієї форми в реальних умовах.

Взаємодія програм ЛІРА-FEM з BIM-середовищем є глибшою. Інформаційна модель будівлі містить не лише геометричні розміри, а й дані про матеріали, навантаження та характеристики елементів. ЛІРА-FEM має можливість використовувати зазначені параметри для створення розрахункової моделі, після чого отримані результати аналізу можуть уточнювати BIM-моделі. Це забезпечує узгодженість архітектурних, конструктивних та інженерних рішень. Застосування такого підходу дозволяє зменшити розбіжність між проєктною документацією та розрахунками. Таким чином проєкт інтегрується в єдине цифрове середовище, де модель будівлі чи споруди постійно уточнюється на основі розрахункових результатів.

У результаті програма ЛІРА-FEM виступає як ключовий елемент цифрового ланцюга проєктування: CAD формує геометричні параметри будівлі, BIM об'єднує дані, а розрахункова система підтверджує технічну обґрунтованість і надійність прийнятих рішень. Таким чином, правильно оптимізована конструкція чи будівля в цілому дозволяє уникнути перевитрати матеріалів, призводить до зменшення ваги споруди. Це у свою чергу призводить до зниження вартості будівництва при дотриманні показників надійності.

Отже, інженерні розрахунки за допомогою комп'ютерних програм стали невід'ємною частиною BIM-середовища та комплексного проєктування. Це забезпечує обґрунтованість технічних рішень і формує основу відповідального будівництва, де кожен елемент конструкції має підтверджені параметри міцності, жорсткості, стійкості, довговічності.

2.2 Конструктивні рішення

Споруда «багатоквартирна будівля з вбудованими громадськими приміщеннями» має прямокутну форму в плані із розмірами 45,35x15,93 м по зовнішніх стінах і висотою 27,4 м.

Споруда запроєктована каркасного типу із несучими залізобетонними елементами, горизонтальні елементи – монолітні залізобетонні плити, вертикальні елементи – монолітні залізобетонні колони, пілони та стіни. Геометрична незмінність та стійкість споруди забезпечується жорсткими вузлами стикування фундаментів із вертикальними несучими елементами, а їх із монолітним перекриттям, і також виконання діафрагм жорсткості у складі сходової клітки та шахти ліфта.

2.3 Інженерно-геологічні умови

Ґрунти в межах будівельного майданчика представлені чотирма інженерно-геологічними елементами:

ІГЕ-1 – ґрунт чорноземний, глинистий – супісок пластичний, запісочений, темно-сірий з питомою вагою 16,8 кН/м³ (не може служити природною основою під фундамент);

ІГЕ-2 – суглинок мякопластичний, заболочений, замулений, заторфований, запісочений, темно-сірий з питомою вагою 13,8 кН/м³ (не може служити природною основою під фундамент);

ІГЕ-3 – супісок легкий, пілуватий, пластичний з напливами гумусу, запісочений, жовто-коричневий з питомою вагою 18,0 кН/м³ (не може служити природною основою під фундамент);

ІГЕ-4 – суглинок легкий, пілуватий, тугопластичний, з прошарками піску дрібнозернистого, з жорствою вапняку, темно-жовтий з питомою вагою 18,0 кН/м³, показником текучості 0,36, коефіцієнтом пористості 0,72, кутом

внутрішнього тертя 20° , питомим щепленням 25 кПа, модулем деформації 15 МПа (рекомендується як природна основа під фундаменти).

В розвідувальних свердловинах зафіксовано підземні води на глибині 5,5 м від поверхні землі, у водозбагачені періоди року прогнозоване підвищення РГВ на 1 м.

Виходячи із інженерно-геологічних умов ділянки будівництва як фундамент прийнято залізобетонні буронабивні палі, що об'єднуються монолітними ростверками у вигляді куців під колонами та стрічками під стінами, основою під фундаментом прийнято ІГЕ-4. Для перешкодження затоплення бурових свердловин палі виготовляються в обсадних сталевих трубах.

2.4 Моделювання та розрахунок конструкцій каркасу

Моделювання каркасу та розрахунок елементів виконано в програмному комплексі ЛІРА-FEM із використанням модулів ВІЗОР, ҐРУНТ, ЛАРМ-САПР. Для даного розрахунку призначена 5-та ознака схеми (рис. 2.1) і шістьома степенями вільності.

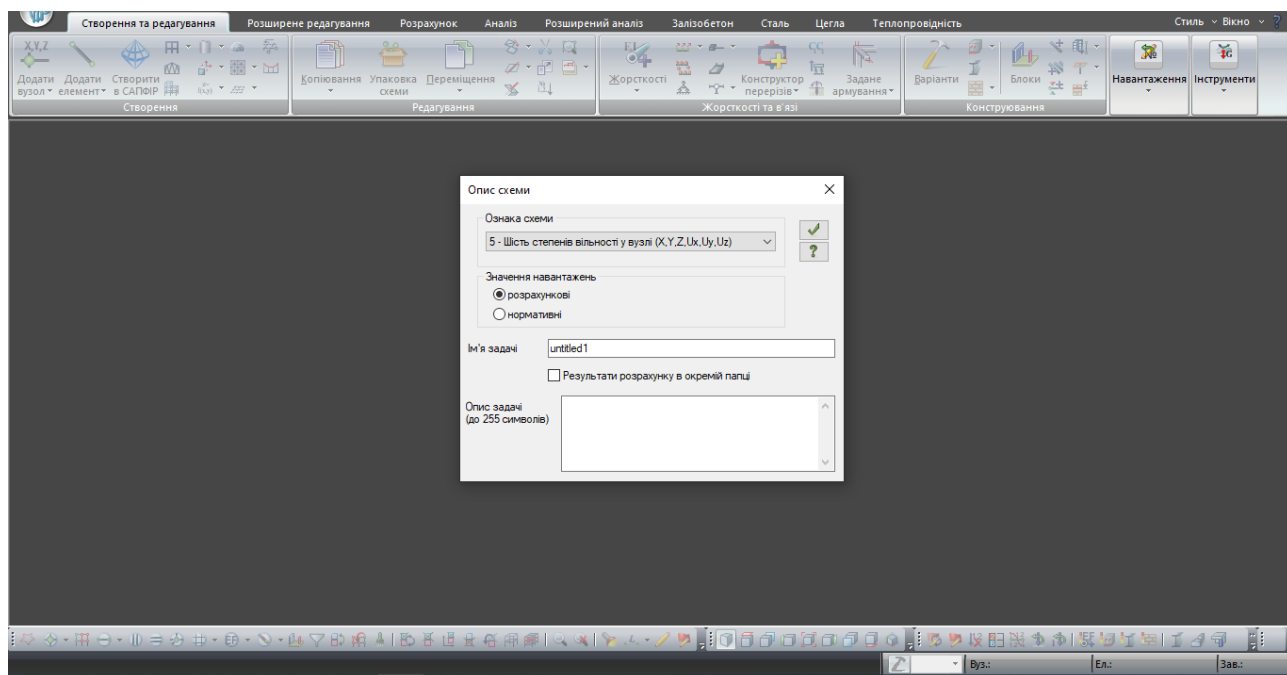


Рисунок 2.1 – Стартове вікно проєкту в ЛІРА- FEM

2.5 Моделювання фундаментів і основи

Попередньо прийнято бурові палі діаметром 500 мм і довжиною 4 м в кількості 3-4 штуки в кущі, та в 2 ряди із середнім кроком 1,5 м під стінами в стрічкових ростверках.

Відповідно до їхнього попереднього розміщення змодельовано сітку вузлів палей одного типового ростверка (рис. 2.2).

Завантаження 1

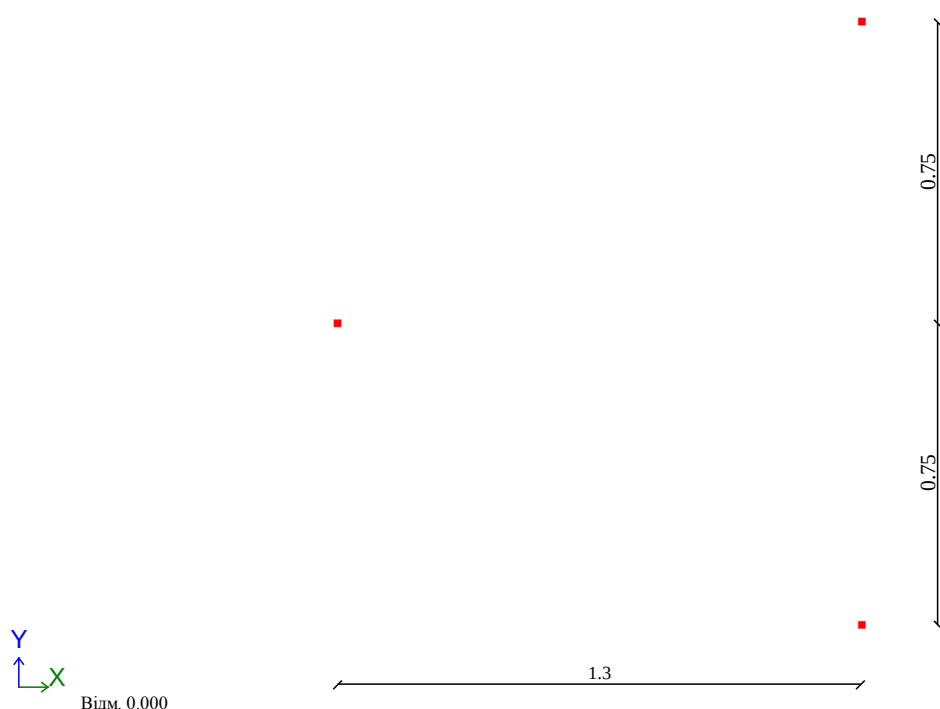


Рисунок 2.2 – Вузли розташування бурових палей у типовому ростверку

Через вкладку «Розрахунок жорсткості палей» змодельовано попередні розміри палей (рис. 2.3). Попередньо задано навантаження на одну палю 100 кН, це значення в подальшому розрахунку буде уточнено під час ітераційних розрахунків з врахуванням моделі ґрунту.

Для визначення розрахункових характеристик палей заповнено вікно, що описує метод виготовлення палей (рис. 2.4), задано вид бурових висячих палей, що виготовляються у попередньо виритих свердловинах із повним вийманням ґрунту і вкладанням бетонного розчину із використанням обсадних труб.

На рис. 2.3 та 2.4 представлені початкові параметри буронабивних паль та вікно параметрів для визначення несучої здатності паль.

Групи паль

№	Комен...	L...	Розміри	d...	Y...	k...	Ec...	L...	h...	M...	N...	S...	P...	г...	B...	R...
1-1		4	50	0...	1	0	2.94...	4	0	2X	1...		T...	4 м	Bp	a...

№ 1 - 1

L 4 м Ec 2.942e+ кН/м2

D 50 см d 0 см

B см H см

db 0 см dh 0 см

Ycz 1 Lv 4

hd 0 м

k 0.2 Колір

Моделювання палі:

Спосіб моделювання 1 2

Обгирання плити на палі X O

Врахування взаємного впливу Y

Навантаження 100 кН s мм

Розподіл опору ґрунту по довжині палі:

☐ за результатами польових випробувань t

☒ теоретичне, з моделі ґрунту T2R4Yrr3Yrf3

Обчислення горизонтальної жорсткості палі:

Радіус впливу палі на інші палі r 4 м

Використовувати умовну ширину Bp R=Cz*dL*Bp

Обчислення вертикальної жорсткості палі по моделі умовного фундаменту ☒ Rym auto

Підтвердити ?

Рисунок 2.3 – Початкові параметри буронабивних паль

Параметри визначення теоретичної несучої здатності пальнової основи за СП 24.13330.2011

T2R4Yrr3Yrf3 Підтвердити ?

Ідентифі... Коментар

T2R4Yrr3Yrf3

В ☐ Фундамент мосту

☐ Врахування сейсміки

T 1 ☐ Висячі забивні, вдавлювані всіх видів і палі-оболонки, що занурюються без виїмки ґрунту (забивні палі тертя)

2 ☒ Висячі набивні, бурові і палі-оболонки, що занурюються з виїмкою ґрунту і заповнюються бетоном (палі тертя)

R 1 ☐ Палі фундаментів під внутрішні перегородки одноповерхових виробничих будівель

2 ☐ Щільність пісків визначена за даними статичного зондування. Палі занурені без підмиву і лідерних свердловин бурові палі:

3 ☐ палі по п.6.4а* або набивні віброштамповані, що влаштовуються в пробитих свердловинах шляхом заповнення свердловин жорсткою бетонною сумішшю

4 ☒ набивна і бурова паля з розширенням і без розширення, паля-оболонка, що занурюється з повним видаленням ґрунтового

5 ☐ паля-оболонка, що занурюється зі збереженням ґрунтового ядра на висоту 0,5 м

6 ☐ паля-оболонка, що занурюється з частковою виїмкою ґрунту, але зі збереженням ґрунтового ядра висотою не менше трьох діаметрів оболонки на останньому етапі її занурення (за умови, що ґрунтове ядро утворене з ґрунту, що має ті ж самі характеристики, що й ґрунт під нижнім кінцем палі-оболонки)

YR,R 1 ☐ Палі з камуфлетним розширеннями або буройн'єкційні РІТ (розрядно-імпульсна технологія)

2 ☐ Палі з розширеннями, бетоновані підводним способом ☐ механічне розбурювання ґрунту, без бурового шлангу "

3 ☒ Інша (жодна з пп. 1, 2, 4)

4 ☐ Палі з розширеннями, бетоновані насухо, механічне розбурювання ґрунту ☐ без бурового шлангу "

YR,f 1 ☐ Набивні, а також палі, влаштовані з витісненням ґрунту по 6.4а* при зануренні інвентарної труби з наконечником, що залишається в ґрунті, або бетонною пробкою

2 ☐ Набивні віброштамповані

Бурові, в тому числі з розширенням, бетоновані:

3 ☒ при відсутності води в свердловині (сухим способом) і при використанні обсадних інвентарних труб, а також при виконанні їх методом неперервно перемішувального шнека (НПШ)

4 ☐ під водою або під глинистим розчином

5 ☐ жорсткими бетонними сумішами, що вкладаються за допомогою глибинної вібрації (сухим способом)

6 ☐ Палі-оболонки, що занурюються вібрацією з виїмкою ґрунту

7 ☐ Палі-стовпи

8 ☐ Буройн'єкційні, виготовлені під захистом обсадних труб або бентонітового розчину з обпресуванням тиском 200-400 кПа (2-4 атм), а також при виконанні їх з ін'єкцією бетонної суміші через колонну прохідних порожнистих шнеків

9 ☐ Буройн'єкційні РІТ (розрядно-імпульсна технологія)

*Палі по п.6.4а - це набивні палі, що влаштовуються шляхом занурення (забивання, вдавлювання або загвинчування) інвентарних труб, нижній кінець яких закритий залишає в ґрунті башмаком (наконечником) або бетонною пробкою, з подальшим втяганням цих труб у міру заповнення свердловин бетонною сумішшю, в тому числі після влаштування розширення з утранбованої сухої бетонної суміші

Рисунок 2.4 – Вікно параметрів для визначення несучої здатності паль

Задані характеристики призначено на відповідні вузли моделі, де створено спеціальні скінчені елементи, що моделюють роботу паль в ґрунті (рис. 2.5).

Завантаження 1

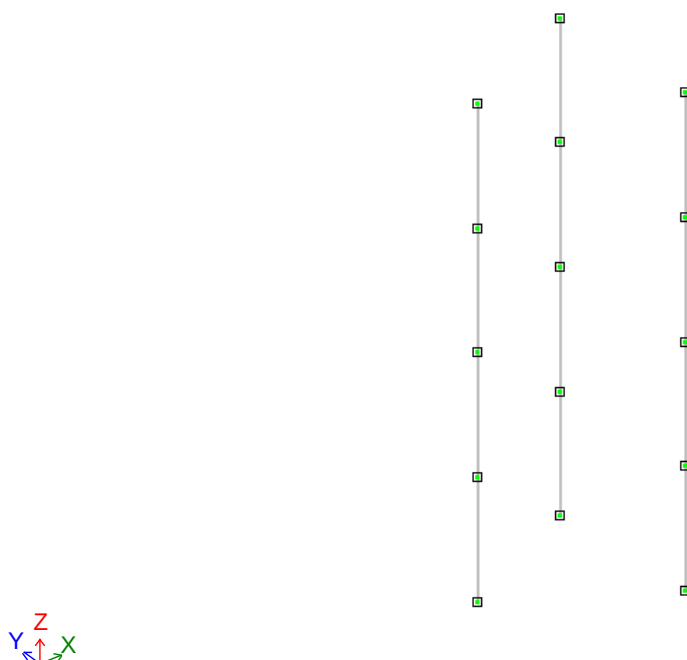
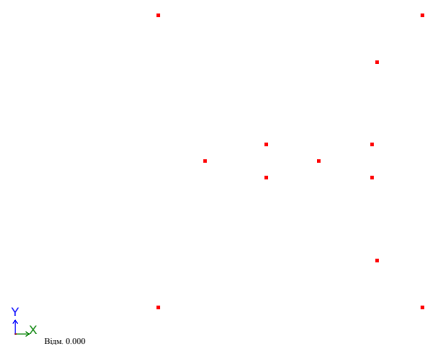


Рисунок 2.5 – Модель паль одного ростверка із скінченних елементів

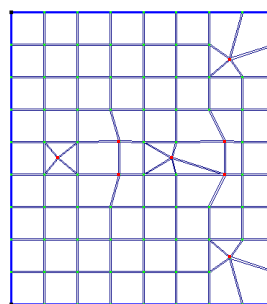
Відповідно до попередніх розмірів виконано контури ростверка (рис. 2.6(а)) для більш коректного підбору арматури, в ньому виконано абсолютно жорстку вставку по периметру колони (чи пілону). За допомогою команди тріангуляції, виконано сітку плоских скінченних елементів, що моделюють ростверк (рис. 2.6(б)).

Завантаження 1



а)

Завантаження 1



б)

(а) – контури із вузлів; (б) – плоскі скінченні елементи.

Рисунок 2.6 – Елементи моделі ростверка

Задано параметри жорсткості ростверку, а саме товщину 800 мм, модуль деформації бетону 20 ГПа, коефіцієнт Пуассона 0,2, питому вагу 25 кН/м³ (рис. 2.7(а)) та характеристики матеріалу для паль та ростверку (рис. 2.7(б, в)). Палі запроєктовано із важкого бетону класу C20/25, а ростверки із важкого бетону класу C16/20 із арматури класу A400C та A240C. Встановлені характеристики призначені палям та ростверкам (рис. 2.8).

а)

б)

в)

(а) – характеристики жорсткості ростверків; (б) – характеристики матеріалів ростверків; (в) – характеристики матеріалів паль

Рисунок 2.7 – Характеристики жорсткості та матеріалів ростверків і паль

concr frame build.13d

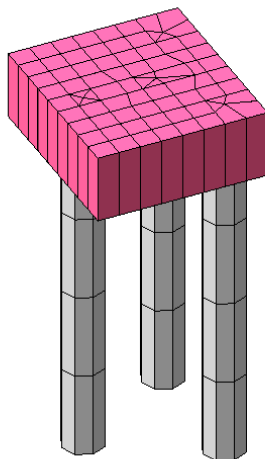


Рисунок 2.8 – Модель фундаменту з буровими палями та ростверком

Вищеописаними методами та копіюванням подібних об'єктів виконано палеве поле (рис. 2.9), що об'єднуються окремим та стрічковими ростверками (рис. 2.10).

Завантаження 1

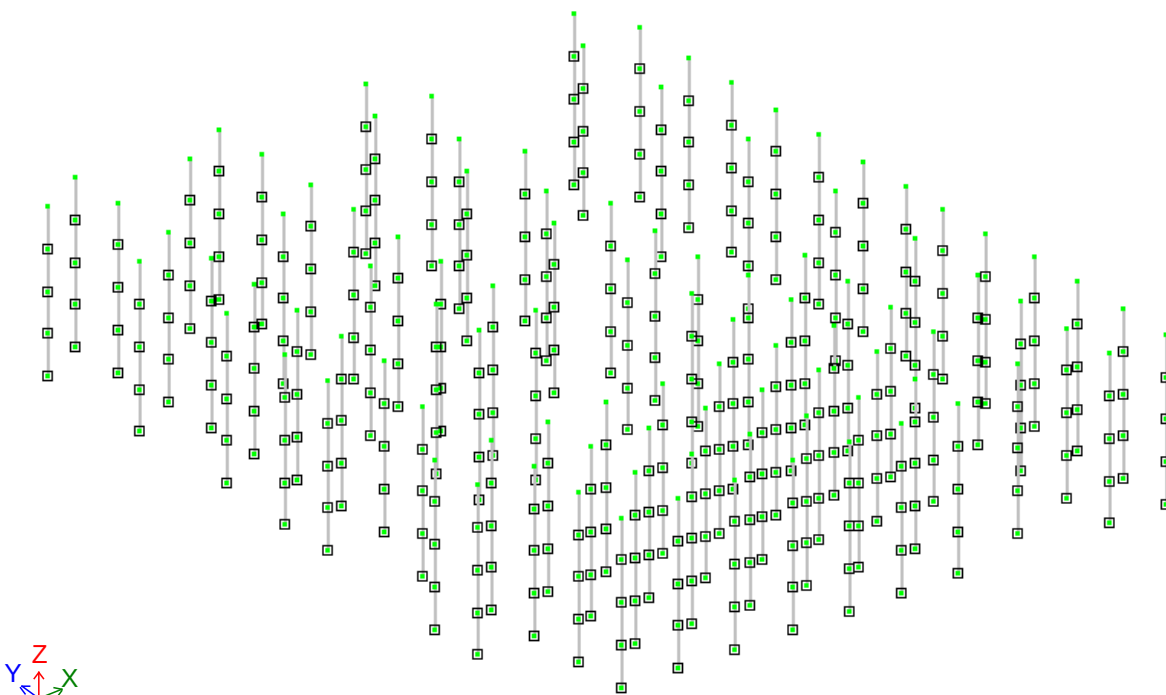


Рисунок 2.9 – Поле палів із скінченних елементів половини будівлі

concr frame build.13d

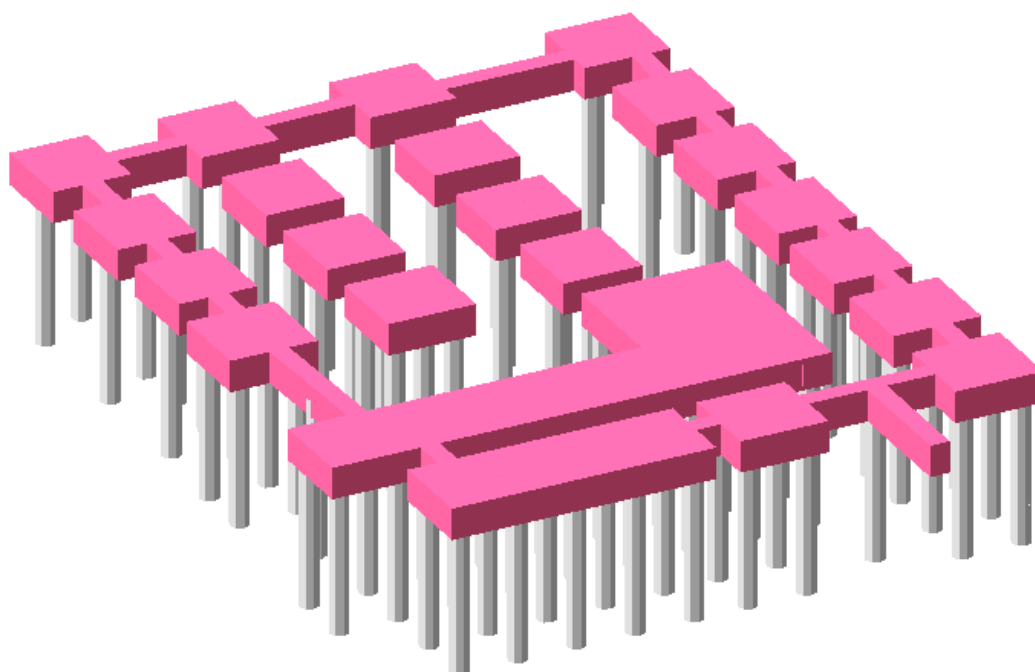


Рисунок 2.10 – Модель фундаментів (палі і ростверки) половини будівлі

Для спільної роботи будівлі із основою, у підсистемі ГРУНТ виконано моделювання основи із відповідними шарами та фізико-механічними властивостями (табл. 2.1). Основа змодельована по шістьом свердловинах (табл. 2.2) із врахуванням потужності шарів та абсолютної відмітки, що формує рельєф ділянки будівництва (рис. 2.11). Палі закладені в ґрунт на відмітці низу підвалу, з врахуванням товщини ростверків.

Після задання властивостей основи та її розрахунку отримуємо палеве поле в системі ГРУНТ (див. рис. 2.11) та геологічний розріз із палями (рис. 2.12).

Таблиця 2.1 – Характеристики інженерно-геологічних шарів основи

№	ІГЕ	Найменування ґрунту	Природна вологість (доля)	Показник текучості		Коефіцієнт пористості	Модуль деформації (кН/м ²)	Коефіцієнт Пуассона	Питома вага ґрунту (кН/м ³)
1		Чорнозем	0.05			0.70	5000.000	0.300	16.800
2		Суглинок	0.35	0.54		0.54	7500.000	0.300	13.800
3		Супісок	0.26			0.72	3200.000	0.300	18.000
4		Суглинок	0.23	0.36		0.72	15000.000	0.300	18.000
5		Суглинок	0.23	0.36	W	0.72	15000.000	0.300	18.000

Таблиця 2.2 – Характеристики свердловин основи

ІГЕ	Найменування ґрунту	Абс. відм. підшовк	Потужн ість	Глибина залягання
Свердловина 1				
Координати (0.00,0.00) Абсолютна відмітка устя 306.00 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	305.00	1.00	1.00
2	Суглинок	304.90	0.10	1.10
3	Супісок	303.10	1.80	2.90
4	Суглинок	300.50	2.60	5.50
5	Суглинок	291.00	9.50	15.00
Свердловина 2				
Координати (15.00,0.00) Абсолютна відмітка устя 307.50 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	306.30	1.20	1.20
2	Суглинок	306.00	0.30	1.50
3	Супісок	304.30	1.70	3.20
4	Суглинок	302.00	2.30	5.50
5	Суглинок	292.50	9.50	15.00
Свердловина 3				
Координати (0.00,-21.00) Абсолютна відмітка устя 306.80 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	305.90	0.90	0.90
2	Суглинок	305.70	0.20	1.10
3	Супісок	303.60	2.10	3.20
4	Суглинок	301.30	2.30	5.50
5	Суглинок	291.80	9.50	15.00
Свердловина 4				
Координати (15.00,-21.00) Абсолютна відмітка устя 307.60 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	306.30	1.30	1.30
2	Суглинок	306.10	0.20	1.50
3	Супісок	304.60	1.50	3.00
4	Суглинок	302.10	2.50	5.50
5	Суглинок	292.60	9.50	15.00
Свердловина 5				
Координати (0.00,-42.00) Абсолютна відмітка устя 305.50 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	304.70	0.80	0.80
2	Суглинок	304.50	0.20	1.00
3	Супісок	302.30	2.20	3.20
4	Суглинок	300.00	2.30	5.50
5	Суглинок	290.50	9.50	15.00
Свердловина 6				
Координати (15.00,-42.00) Абсолютна відмітка устя 307.10 Глибина свердловини 15.00				
1	Чорнозем	306.10	1.00	1.00
2	Суглинок	305.90	0.20	1.20
3	Супісок	304.10	1.80	3.00
4	Суглинок	301.60	2.50	5.50
5	Суглинок	292.10	9.50	15.00

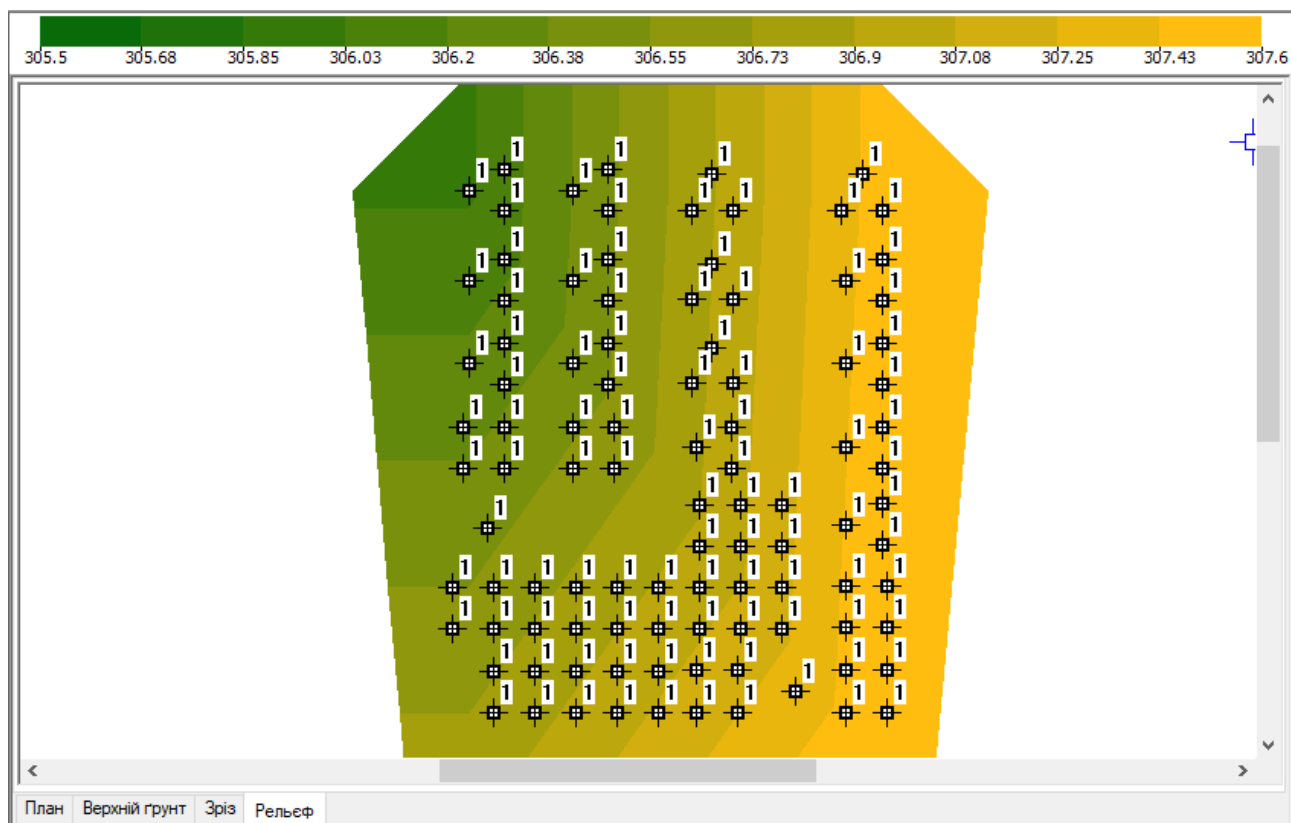


Рисунок 2.11 – Палеве поле на моделі основи із відповідним рельєфом

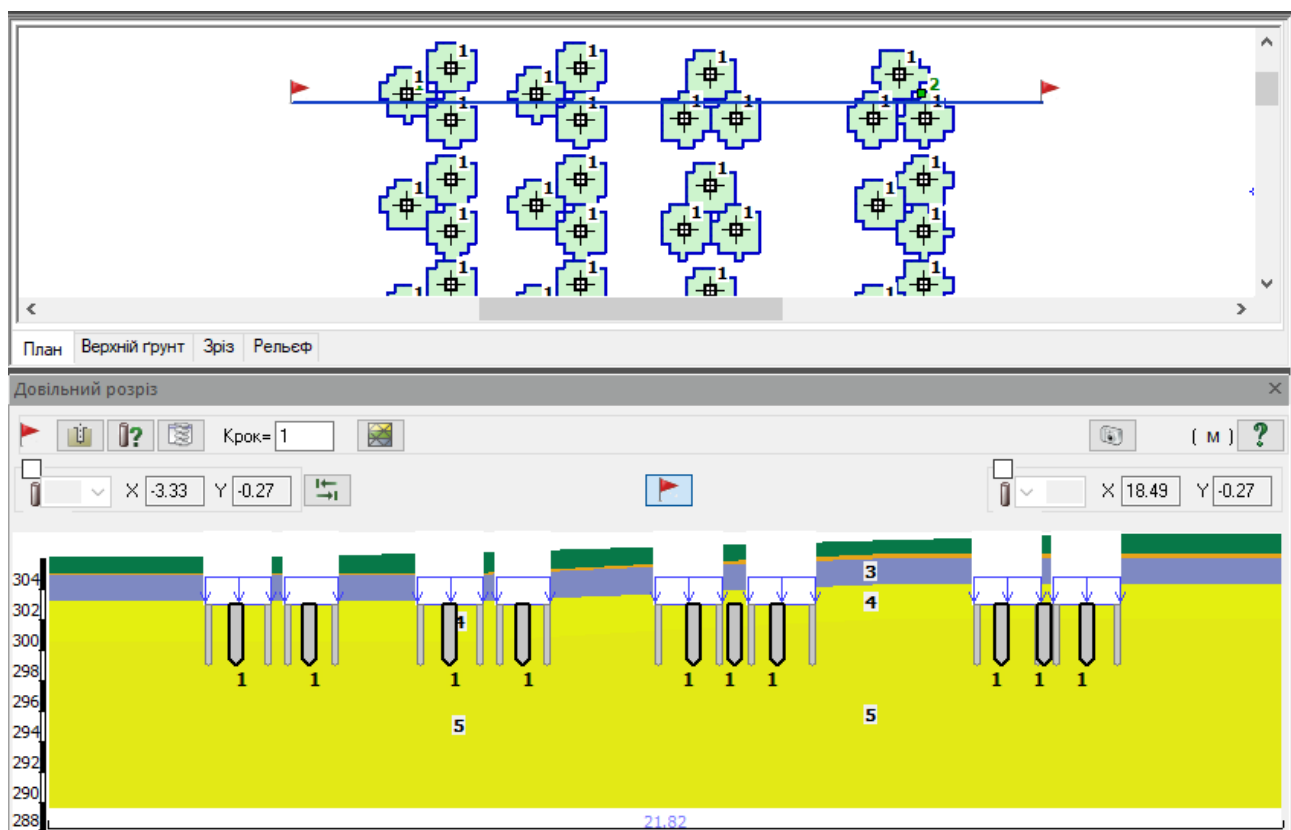
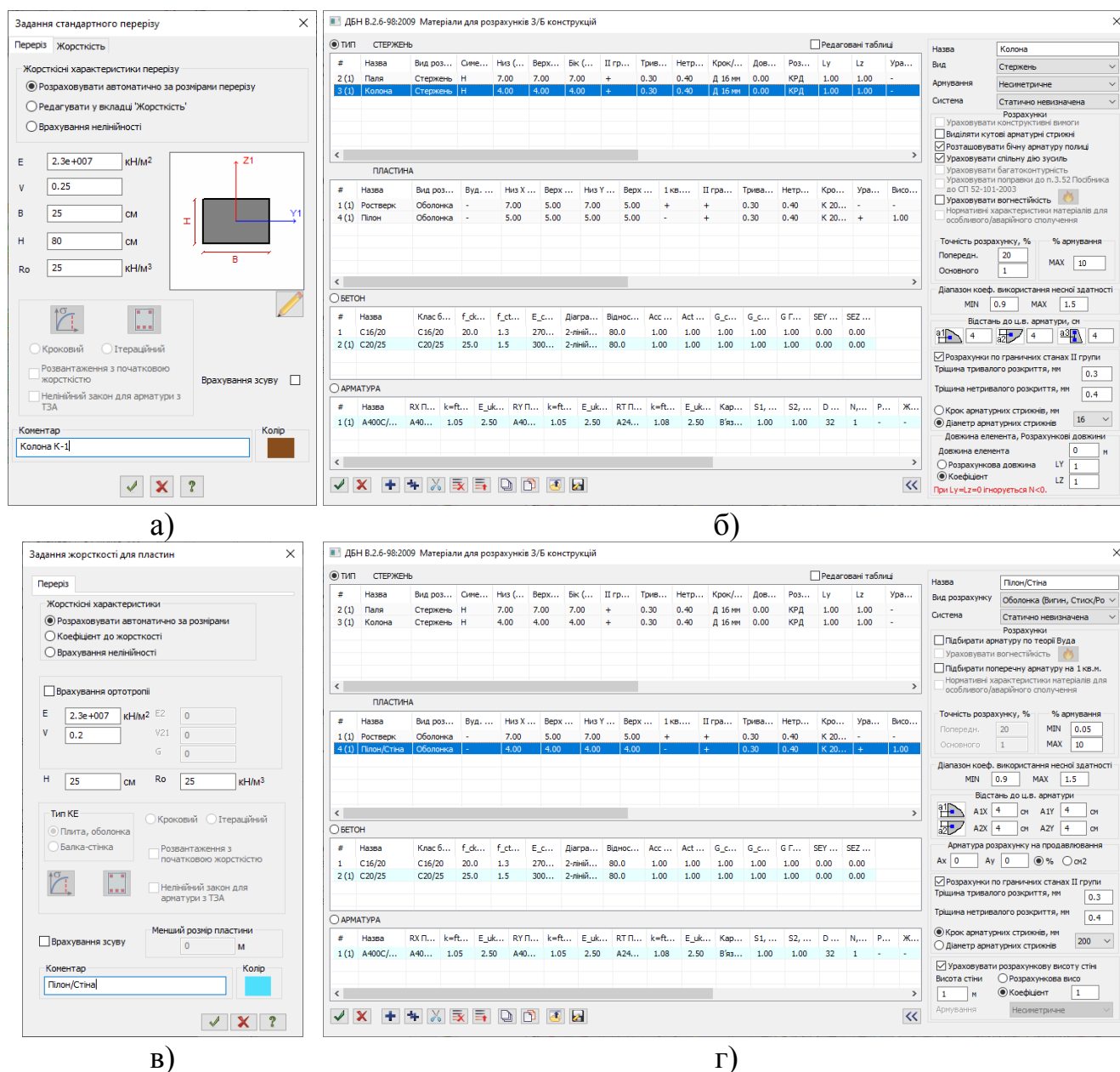


Рисунок 2.12 – Геологічний розріз моделі основи і фундаментів

2.6 Моделювання вертикальних несучих елементів

Оснoву вертикальних несучих елементів каркасу складають колони, пілони та стіни, які в свою чергу слугують діафрагмами жорсткості будівлі.

Вертикальні несучі елементи змодельовані стержневими (колони) та плоскими (пілони та стіни) скінченими елементами із бетону класу C20/25 (рис. 2.13).



(а) – характеристики жорсткості колон; (б) – характеристики матеріалів колон; (в) – характеристики жорсткості пілонів та стін; (г) – характеристики матеріалів пілонів та стін.
Рисунок 2.13 – Характеристики жорсткості колон, пілонів та стін і їх параметри матеріалів

Для більш коректної роботи колон (пілонів і стін) з плитами перекриття, у вузлі їх обпирання виконаний контур із абсолютно жорстких тіл, що відповідає периметру колони чи ширині стін (рис. 2.14).

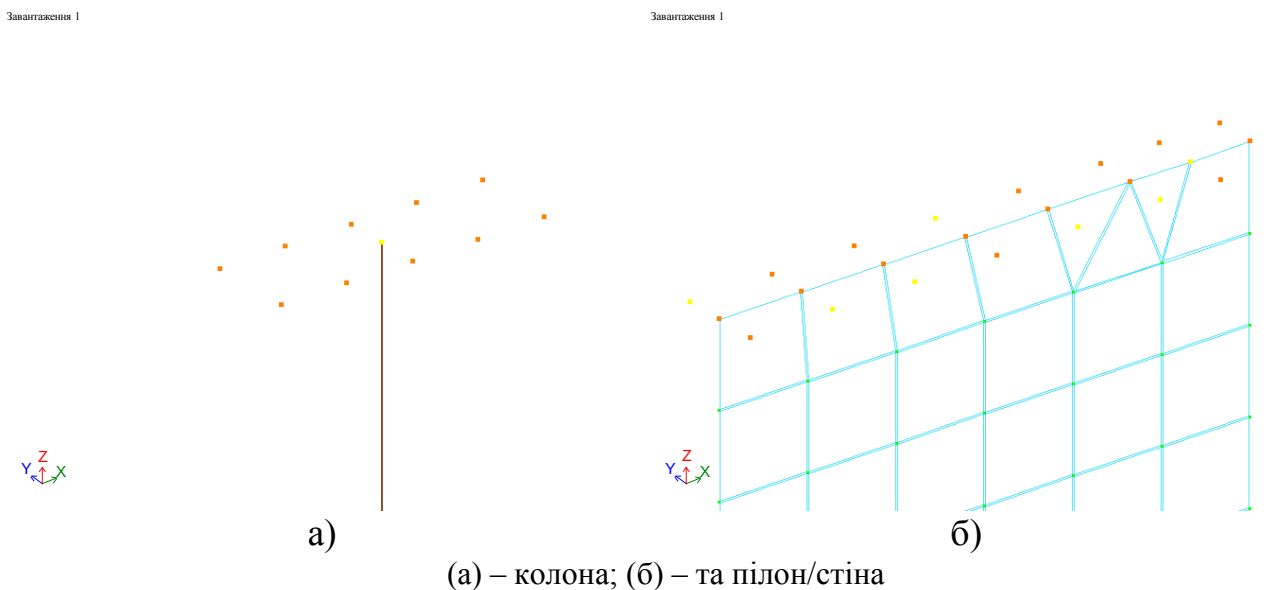


Рисунок 2.14 – Контури жорстких тіл колони та пілонів/стін

Відповідно до попередньо визначеного розташування змодельовано вертикальні несучі елементи підвального поверху каркасу будівлі (рис. 2.15).

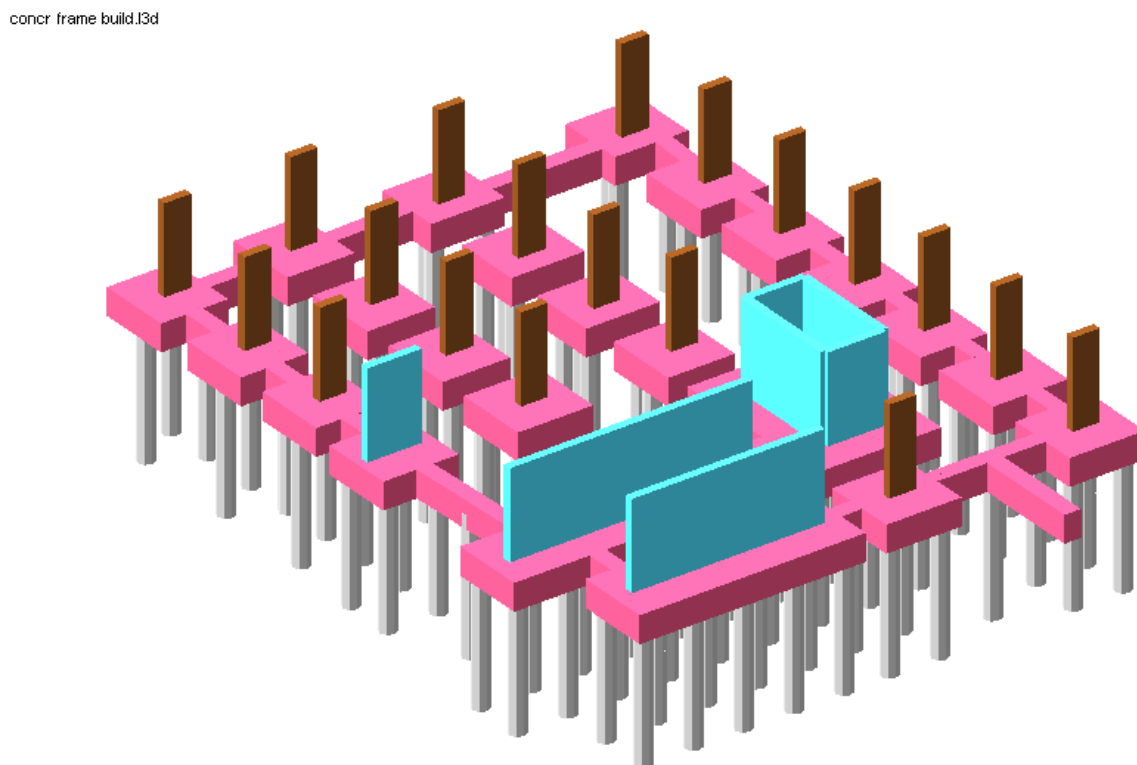
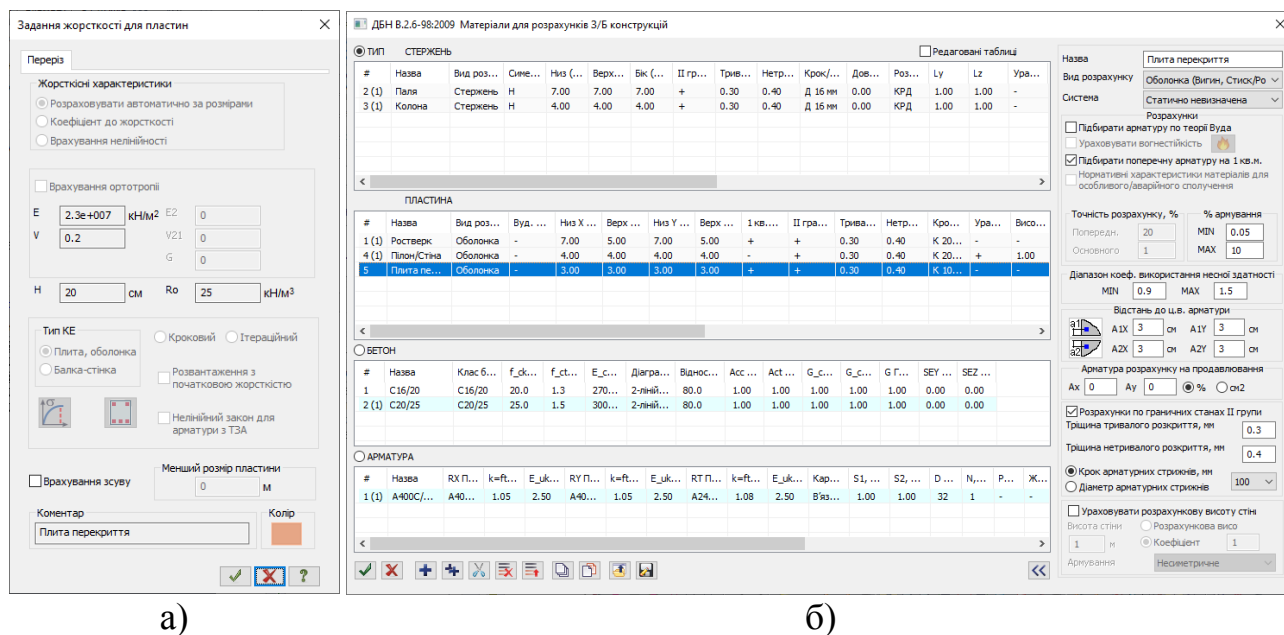


Рисунок 2.15 – Модель вертикальних несучих елементів підвального поверху

2.7 Моделювання горизонтальних несучих елементів

До складу горизонтальних несучих елементів входять плити перекриття та сходові марші з площадками. Ці конструкції запроєктовані товщиною 200 мм із бетону класу C20/25 (рис. 2.16).



(а) – характеристики жорсткості; (б) – характеристики матеріалів

Рисунок 2.16 – Характеристики жорсткості матеріалів плити перекриття та сходового маршу

По контурах першого поверху будівлі змодельовано плиту перекриття (рис. 2.17). Оскільки між підвальним та першим поверхом відсутнє сходове сполучення, то в даному місці сходова площадка заповнюється повністю плитою по всій ширині.

Завантаження 1

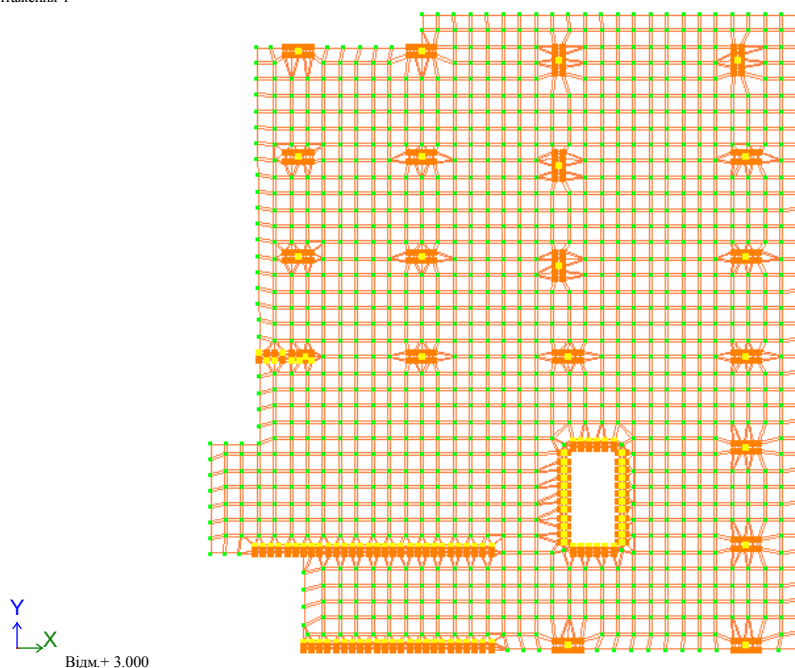


Рисунок 2.17 – Модель плити перекриття підвального поверху половини будівлі із скінченних елементів

Починаючи з першого до останнього поверху, виконано сходову клітку із маршами та площадками (рис. 2.18).

concr frame build.13d

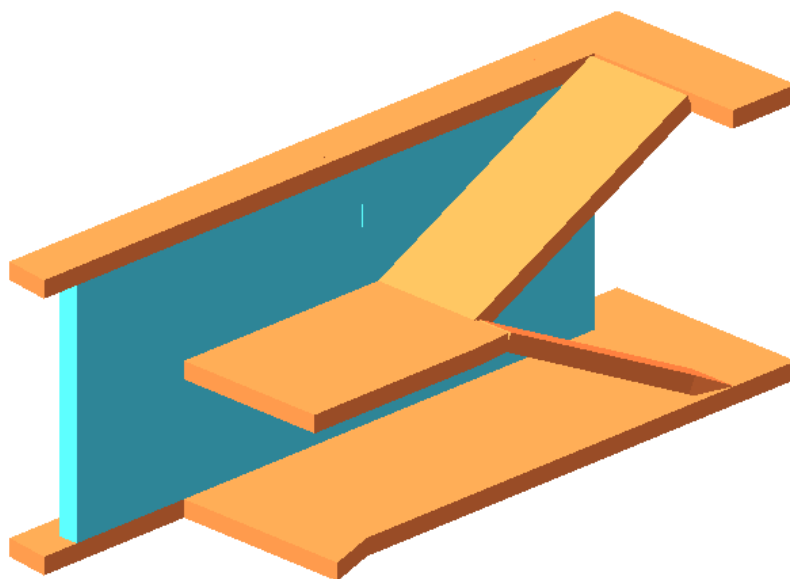


Рисунок 2.18 – Модель сходової клітки між 1-им і 2-им поверхом

Використовуючи вищезгадані методи створення та копіювання змодельована вся розрахункова схема будівлі (рис. 2.19) та її модель (рис. 2.20).

Завантаження 1

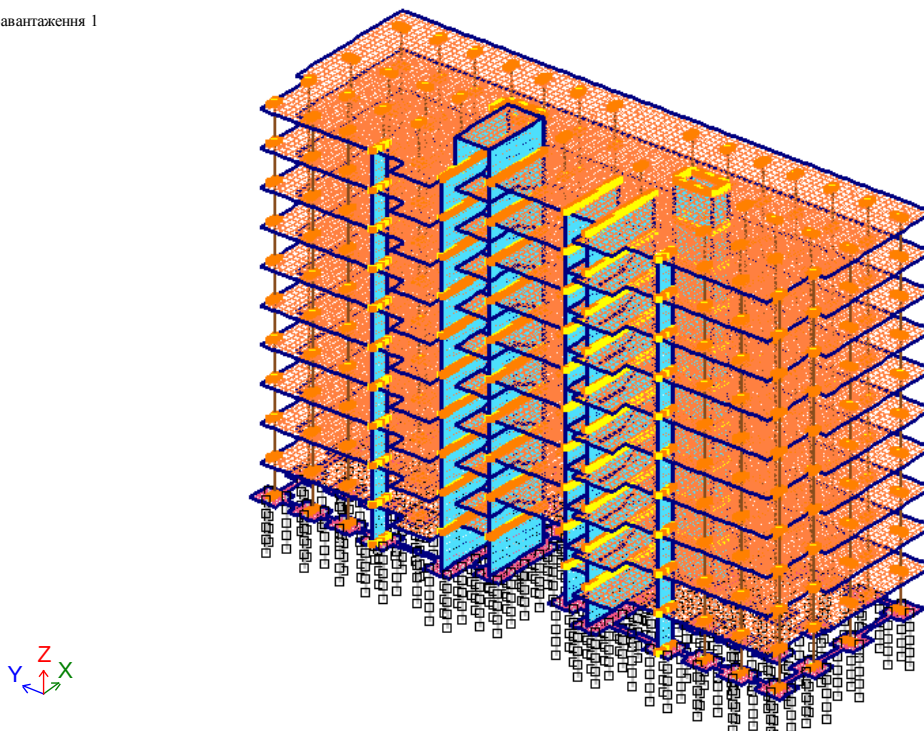


Рисунок 2.19 – Аналітична (розрахункова) модель каркасу будівлі

concr frame build.l3d

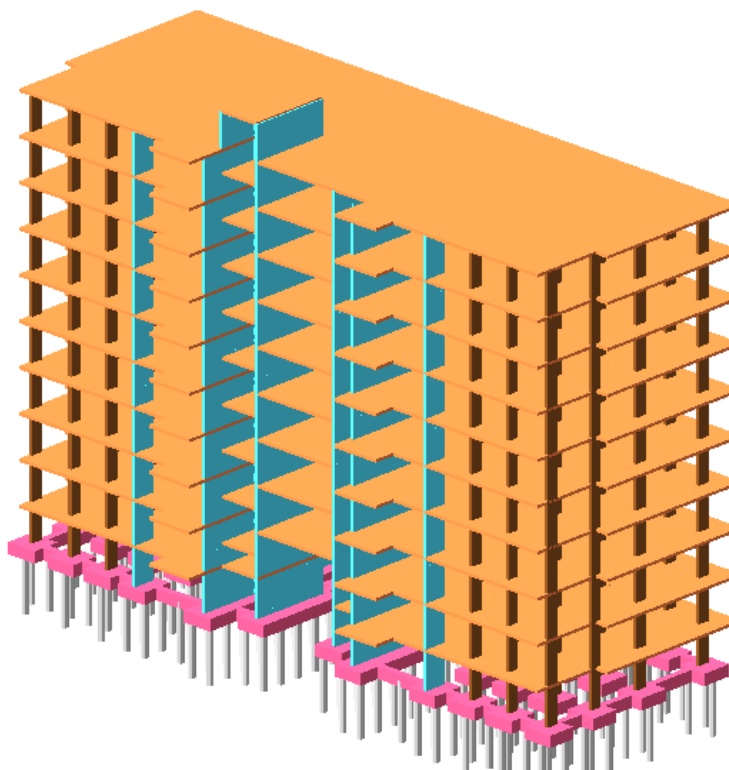


Рисунок 2.20 – Візуалізація несучих елементів каркасу будівлі

2.7 Формування завантажень та розрахункових сполучень

На будівлю діють постійні та змінні навантаження. До постійних навантажень відноситься власна вага несучих конструкцій, вага підлоги, покрівлі та стін. До змінних відноситься вага тимчасових перегородок, обладнання та інженерні комунікації, корисне навантаження для житлових та громадських приміщень, навантаження від снігового покриву, навантаження від тиску вітру та епізодичні сейсмічні навантаження. Відповідно до виду навантажень сформовано таблицю навантажень (рис. 21).

Редактор завантажень

Норми: ДБН В.1.2 - 2:2006

Редагування вибраного завантаження

Ім'я: 15 Сейсміка У

Вид: Сейсміка(С)

Вузлові навантаження: 0; Місцеві навантаження: 0;

Список завантажень

#	Ім'я завантаження	Вид	Тип
1	Власна вага ЗБ	Постійне(П)	
2	Шар підлоги	Постійне(П)	
3	Шар покрівлі	Постійне(П)	
4	Стіни	Постійне(П)	
5	Тимчасові перегородки	Тривале(Т)	
6	Обладнання і комунікації	Тривале(Т)	
7	Корисне громадські (2 кПа)	Короткочасне(К)	
8	Корисне житлові (1.5 кПа)	Короткочасне(К)	
9	Сніг	Короткочасне(К)	
10	Вітер X+	Миттєве(М)	
11	Вітер X-	Миттєве(М)	
12	Вітер Y+	Миттєве(М)	
13	Вітер Y-	Миттєве(М)	
14	Сейсміка X	Сейсміка(С)	
15	Сейсміка У	Сейсміка(С)	

Призначити поточним

Рисунок 2.21 – Список виді навантажень на будівлю

Власна вага залізобетонних несучих конструкцій задається автоматично із коефіцієнтом надійності 1,1. Навантаження від підлоги та покрівлі визначається безпосередньо від матеріалів підлоги та покрівлі (без врахування несучої плити перекриття). Для громадських приміщень вага підлоги становить 3,44 кПа із середнім значенням коефіцієнта надійності 1,28, для житлових приміщень вага підлоги становить 2,67 кПа із середнім значенням коефіцієнта надійності 1,28, вага покрівлі становить 3,91 кПа із середнім значенням коефіцієнта надійності 1,3. Зовнішні стіни виконані із керамоблоків товщиною 250 мм, тоді їхнє розрахункове навантаження, з врахуванням теплоізоляції та опоряджувальних шарів становить 2,75 кПа, із середнім значенням коефіцієнта надійності 1,22.

Розрахункове навантаження від тимчасових перегородок становить 0,65 кПа, обладнання і комунікацій – 0,26 кПа, корисне навантаження для громадських приміщень – 2,6 кПа, для житлових – 1,95 кПа.

Навантаження від покриву снігу для 4-го району становить 1,4 кПа, а його розрахункове значення – 1,596 кПа, в місцях парапету і вентиляційних каналів враховано скупчення снігу. Вітровий тиск є змінним по висоті і діє в чотирьох напрямках, але в розрахункових сполученнях враховано лише дію одного з них (тобто неможливість одночасної дії 2-х або більше вітрових завантажень). Характеристичне значення вітрового тиску для 4-го району – 0,55 кПа, а розрахункове – 0,627 кПа.

Сейсмічні навантаження враховані в аварійних сполученнях і діють в одному з напрямків осі X або Y.

Після задання всіх завантажень на розрахункову модель, створено таблиці розрахункових сполучень зусиль (рис. 2.22) та розрахункових сполучень навантажень (рис. 2.23).

Розрахункові Сполучення Зусиль

Номер таблиці РСЗ:

Ім'я таблиці РСЗ:

Номер завантаження: Власна вага ЗБ

Вид завантаження:

К надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС:
 для II-го ГС:
 для аварійних сполучень:

N групи об'єднаних тимчасових завантажень:

Враховувати знакозмінність: ☐

N групи взаємовиключаючих завантажень:

NN супутніх завантажень:

Відношення коефіцієнтів γ_m / γ_{fe} :

Відношення P_q / P_{ch} :

Не враховувати для II-го гран. стану: ☐

Обмеження для кранів та гальм:
 Кран: ☐ Гальмо: ☐

Коефіцієнти для РСЗ

#	1 основ.	2 основ.	Аварійн.	Авар.(б С)	5 сполуч.	6 сполуч.	7 спол.
1	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00
3	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00
4	1.00	1.00	0.90	1.00	0.00	0.00	0.00
5	1.00	1.00	0.80	0.95	0.00	0.00	0.00
6	1.00	0.95	0.80	0.95	0.00	0.00	0.00
7	1.00	1.00	0.50	0.80	0.00	0.00	0.00
8	1.00	1.00	0.50	0.80	0.00	0.00	0.00

Зведена таблиця для обчислення РСЗ:

№	Ім'я завантаж...	Вид	Параметри РСЗ	Коефіцієнти РСЗ
1	Власна вага ...	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.10 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
2	Шар підлоги	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.28 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
3	Шар покрівлі	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.30 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
4	Стіни	Постійне(0)	0 0 0 0 0 0 0 1.22 1.00	1.00 1.00 0.90 1.00
5	Тимчасові пе...	Тривале ...	1 0 0 0 0 0 0 1.30 1.00	1.00 1.00 0.80 0.95
6	Обладнання і...	Тривале ...	1 0 0 0 0 0 0 1.30 1.00	1.00 0.95 0.80 0.95
7	Корисне гро...	Короткочасн...	2 0 0 0 0 0 0 1.30 0.40	1.00 1.00 0.50 0.80
8	Корисне жит...	Короткочасн...	2 0 0 0 0 0 0 1.30 0.40	1.00 1.00 0.50 0.80
9	Сніг	Короткочасн...	2 0 0 0 0 0 0 2.32 0.30	1.00 0.90 0.50 0.80
10	Вітер X+	Миттєве(7)	7 0 0 1 0 0 0 4.76 0.00	1.00 0.70 0.50 0.80

Рисунок 2.22 – Вікно розрахункових сполучень зусиль

Розрахункові сполучення навантажень

Номер таблиці РСН: 1 + - ✂ 📄 📁 Ім'я таблиці РСН: ДБН В.1.2 - 2:2006_1

ДБН В.1.2 - 2:2006

Коеф. надійності за відповідальністю:
 для I-го ГС: 1
 для II-го ГС: 1
 для аварійних сполучень: 1

☐ Динаміка по модулю
☐ Визначальні РСН

У розрахунковій схемі задані:
☒ розрахункові навантаження
☐ нормативні навантаження

☒ Не враховувати сейсміку для II-го ГС
☒ Не враховувати особливе завантаж. для II-го ГС

N завантаж.	Найменування	Вид	Знакозмінн.	Взаємовикл.	Y _{lm} / Y _{fe}	P _q / P _{ch}	1.PCH1	2.PCH2
1	Власна вага ЗБ	Постійне(П)	+		1.1	1.0	1.	1.
2	Шар підлоги	Постійне(П)	+		1.28	1.0	1.	1.
3	Шар покрівлі	Постійне(П)	+		1.3	1.0	1.	1.
4	Стіни	Постійне(П)	+		1.22	1.0	1.	1.
5	Тимчасові перегородки	Тривале(T)	+		1.3	1.0	0.	1.
6	Обладнання і комунікації	Тривале(T)	+		1.3	1.0	0.	0.
7	Корисне громадські (2 кПа)	Короткочасне(K)	+		1.3	0.4	0.	0.
8	Корисне житлові (1.5 кПа)	Короткочасне(K)	+		1.3	0.4	0.	0.

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

$\Sigma P + 0.95 \Sigma D + 0.8 \Sigma K + 3n + 0.8 \Sigma M$

Додати Коефіцієнти

Рисунок 2.23 – Вікно розрахункових сполучень навантажень

2.8 Розрахунок і аналіз моделі

Оскільки розрахунок виконується із врахуванням ґрунтової основи, потрібно виконати декілька ітераційних розрахунків, щоб встановити несучу здатність паль, та врахування жорсткості будівлі, при визначенні розрахункових параметрів основи. Після декількох ітераційних розрахунків встановлено, що несуча здатність попередньо встановлених паль є недостатньою, тому її довжина збільшена до 7 м.

Після основного розрахунку отримано навантаження на палі (рис. 2.24), а також їх жорсткість у вертикальному напрямку (рис. 2.25).

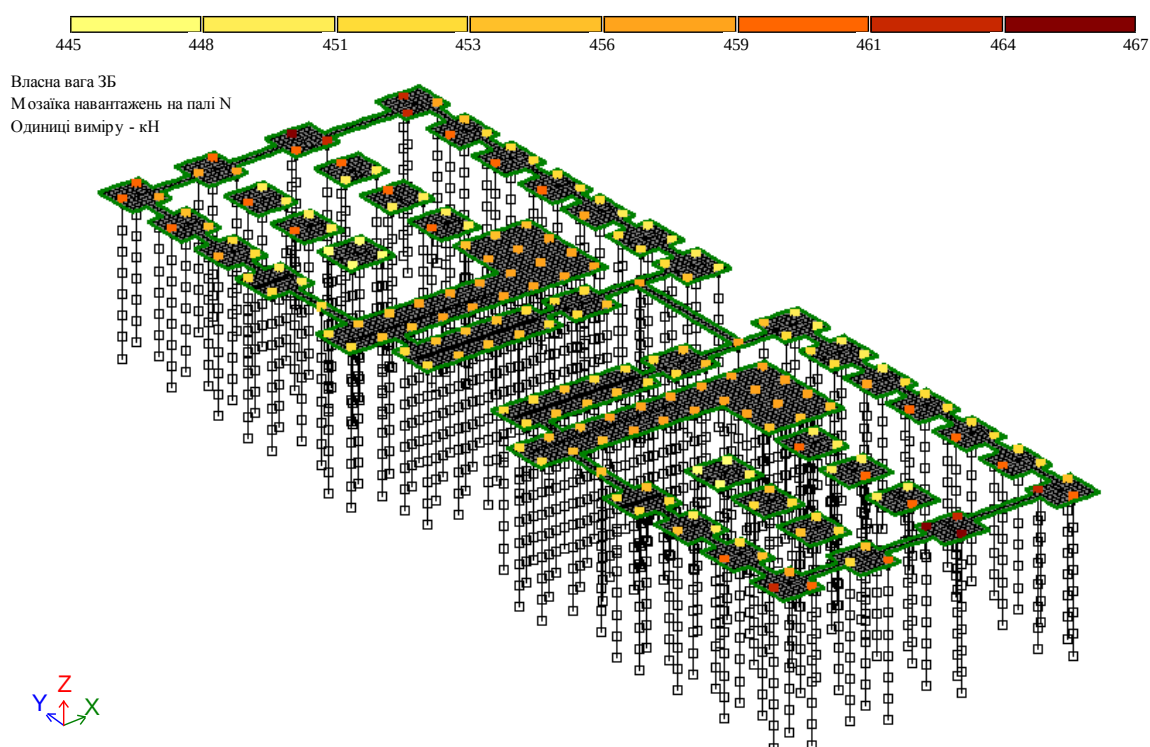


Рисунок 2.24 – Навантаження на палі

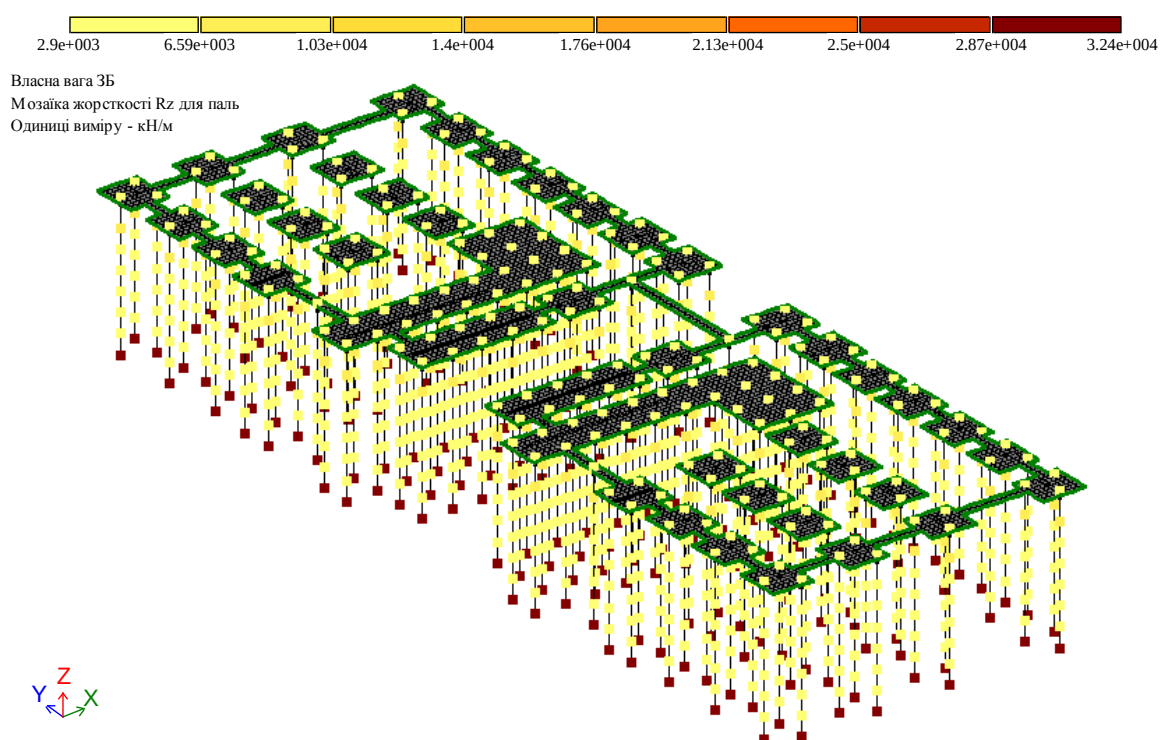


Рисунок 2.25 – Жорсткість палі в напрямку Z

Після розрахунку отримано результати напружень в ростверку (рис. 2.27) та прогин плити перекриття типового поверху (рис. 2.28).



Рисунок 2.27 – Еквівалентні напруження в ростверку половини будівлі

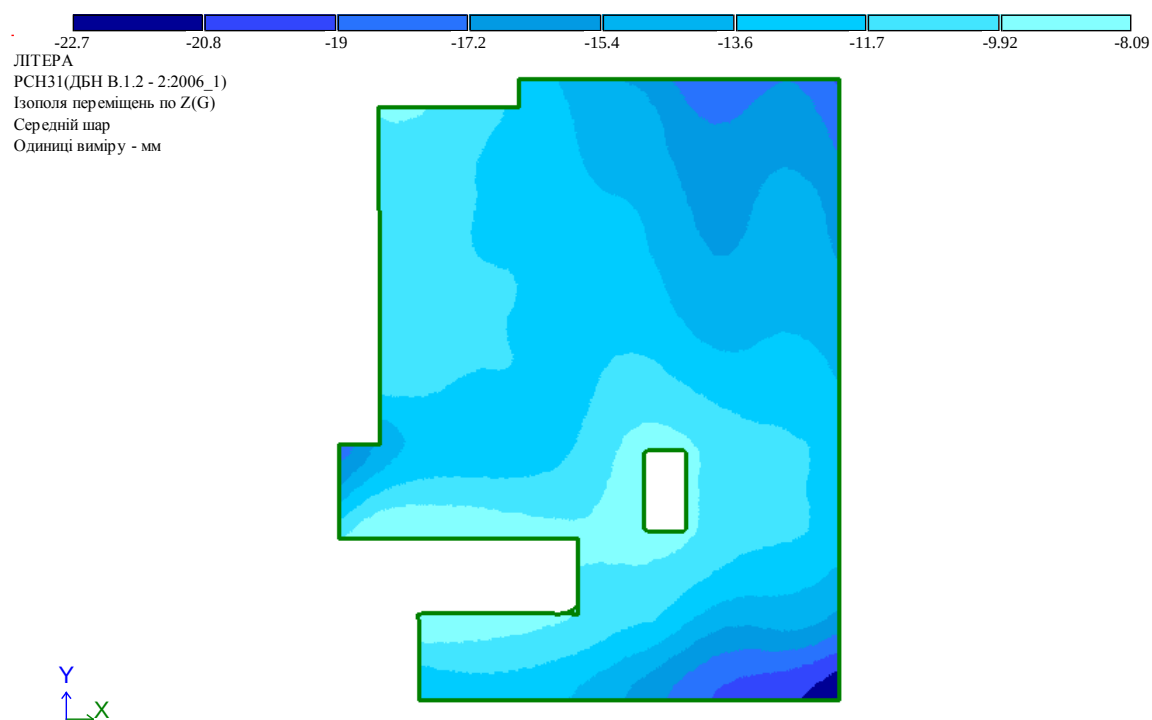


Рисунок 2.28 – Прогини в плиті перекриття типового поверху половини будівлі

На рис. 2.29-2.30 представлено армування плити перекриття типового поверху для осей X та Y (нижня арматура).

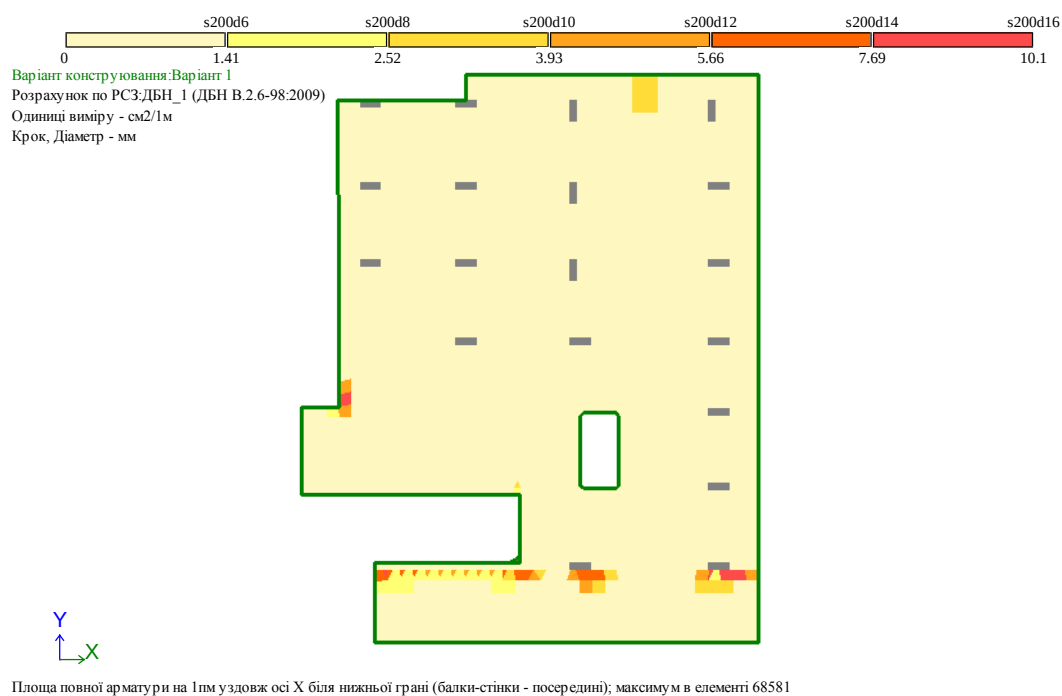


Рисунок 2.29 – Армування плити перекриття типового поверху половини будівлі (нижня арматура в напрямку осі X)

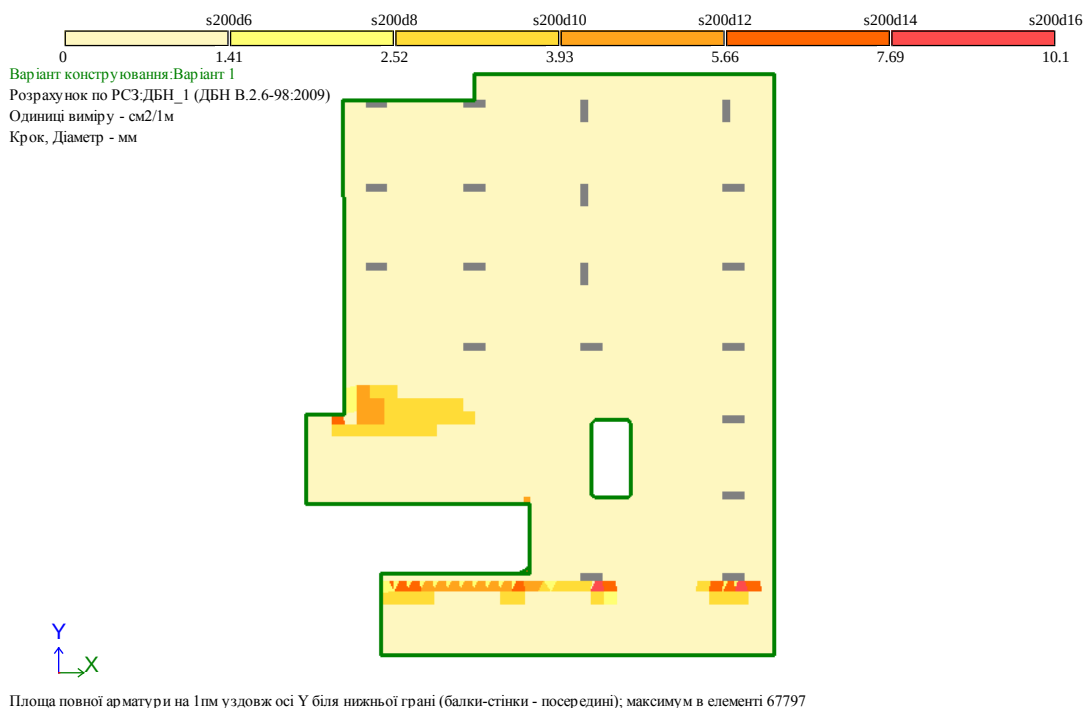


Рисунок 2.30 – Армування плити перекриття типового поверху половини будівлі (нижня арматура в напрямку осі Y)

На рис. 2.31-2.32 представлено армування плити перекриття типового поверху для осей X та Y (верхня арматура).

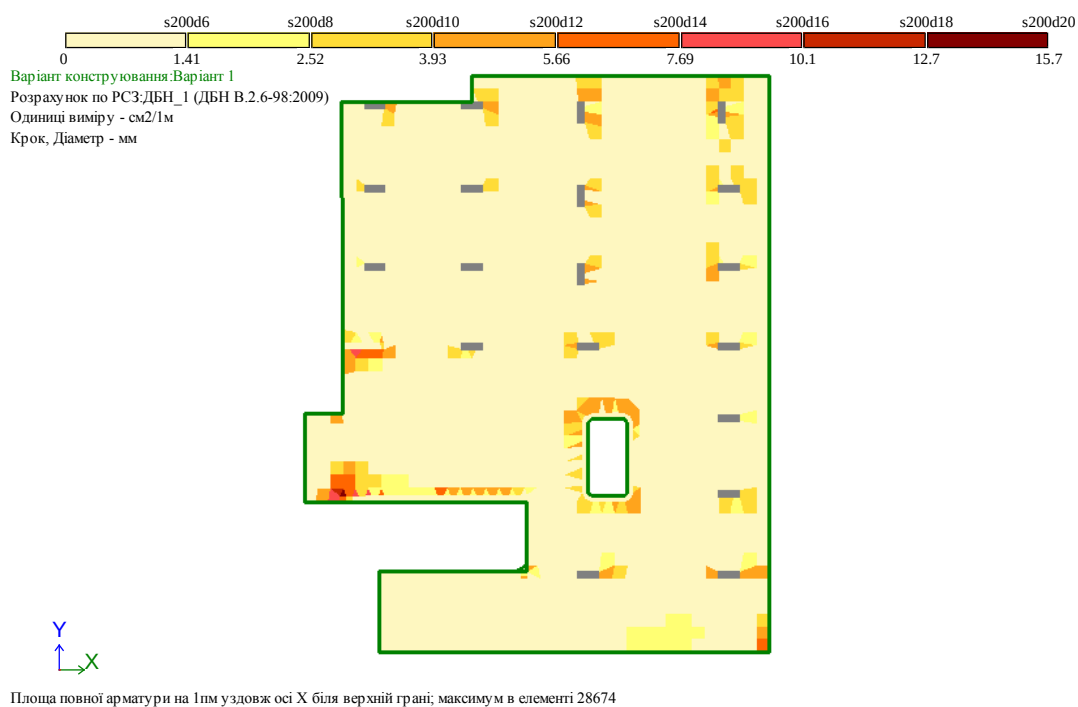


Рисунок 2.31 – Армування плити перекриття типового поверху половини будівлі (верхня арматура в напрямку осі X)



Рисунок 2.32 – Армування плити перекриття типового поверху половини будівлі (верхня арматура в напрямку осі Y)

На рис. 2.33 представлено армування плити перекриття типового поверху для осей X та Y (поперечна арматура).

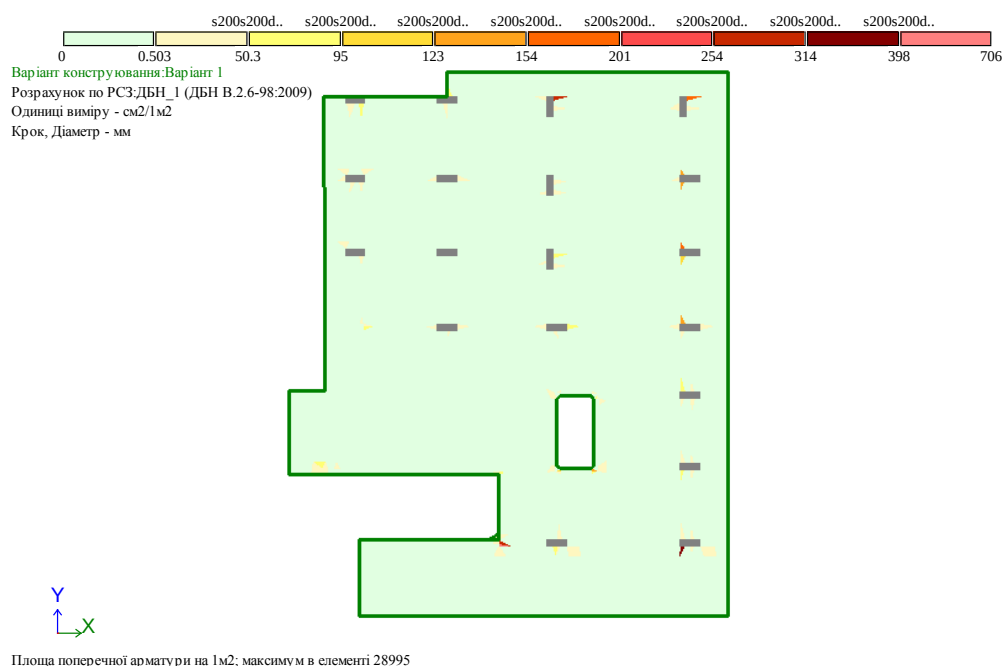


Рисунок 2.33 – Армування плити перекриття типового поверху половини будівлі (поперечна арматура)

На рис. 2.34 представлено армування колон.

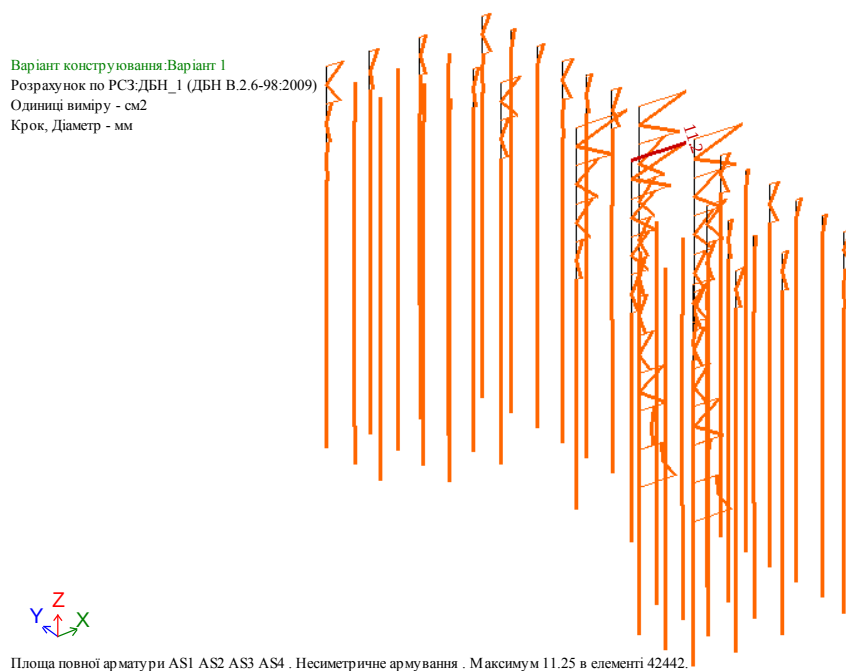


Рисунок 2.34 – Армування колон

На рис. 2.36-2.37 представлено армування пілонів та стін в напрямку осі X та Y.

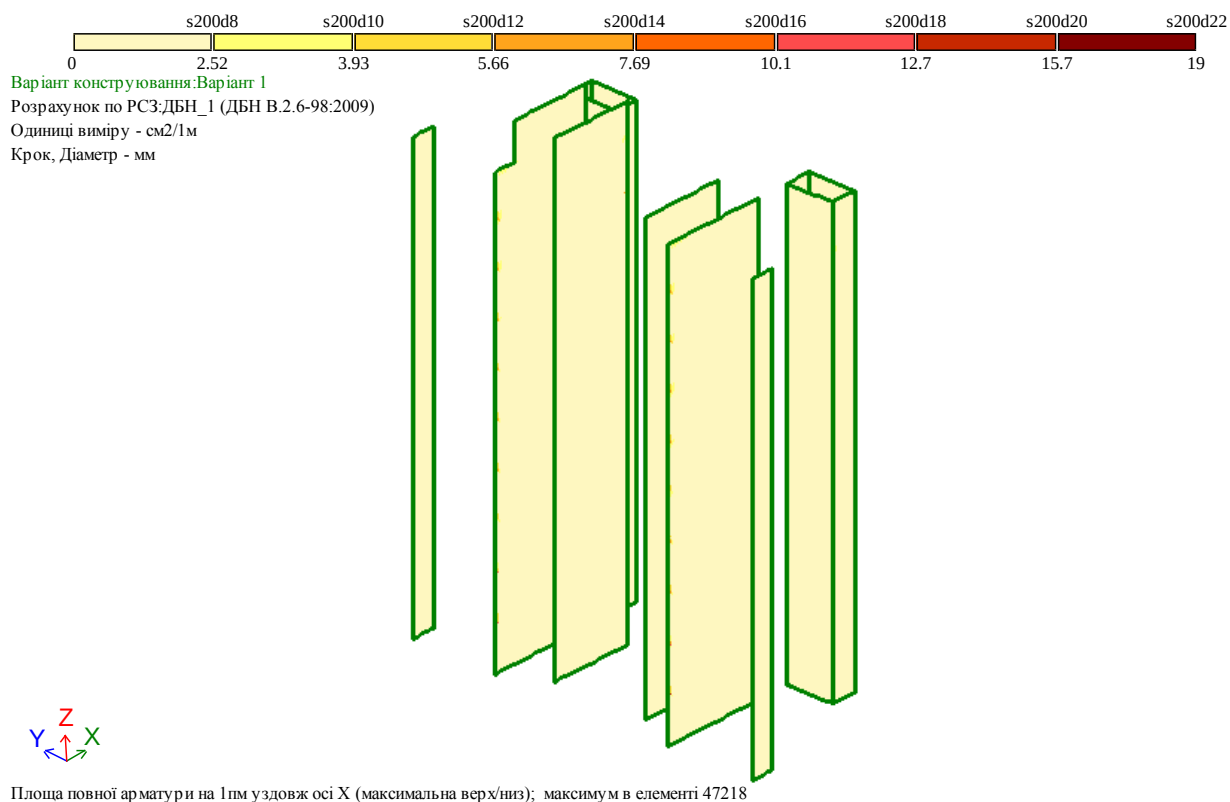


Рисунок 2.36 – Армування пілонів та стін в напрямку осі X

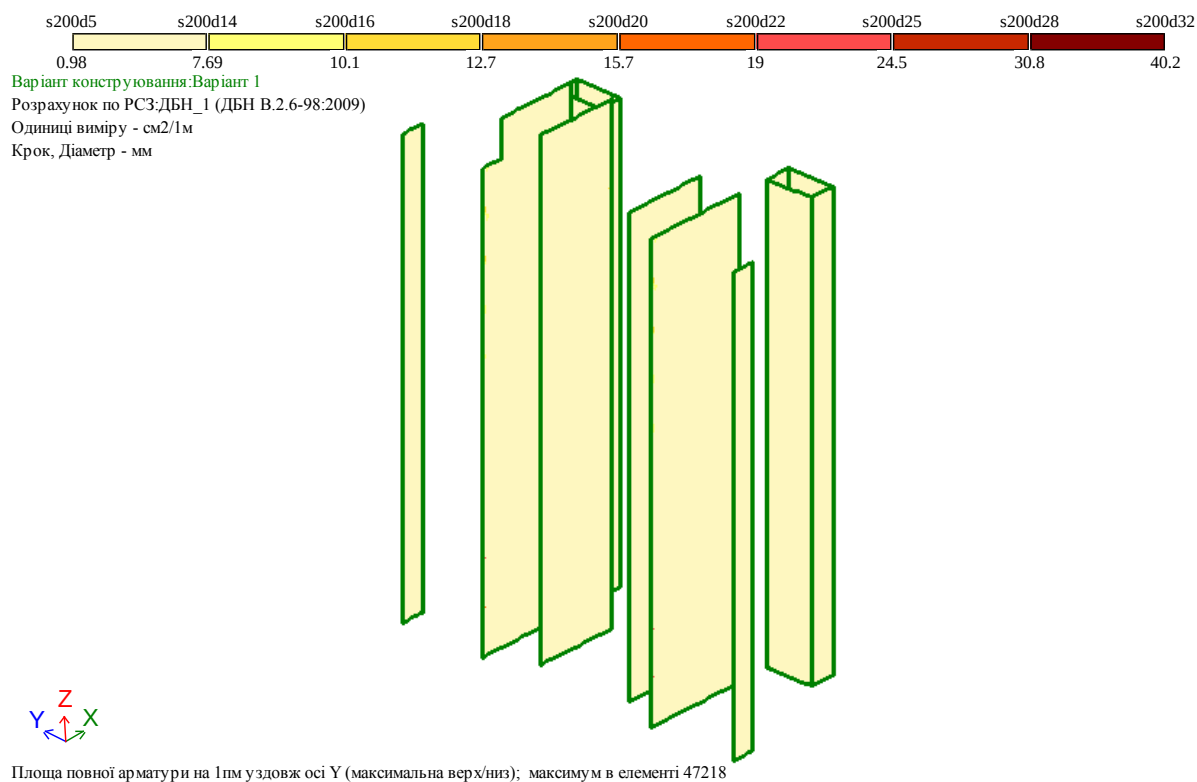


Рисунок 2.37 – Армування пілонів та стін в напрямку осі Y

Результати підбору арматури в пілоні представлено на рис. 2.38.

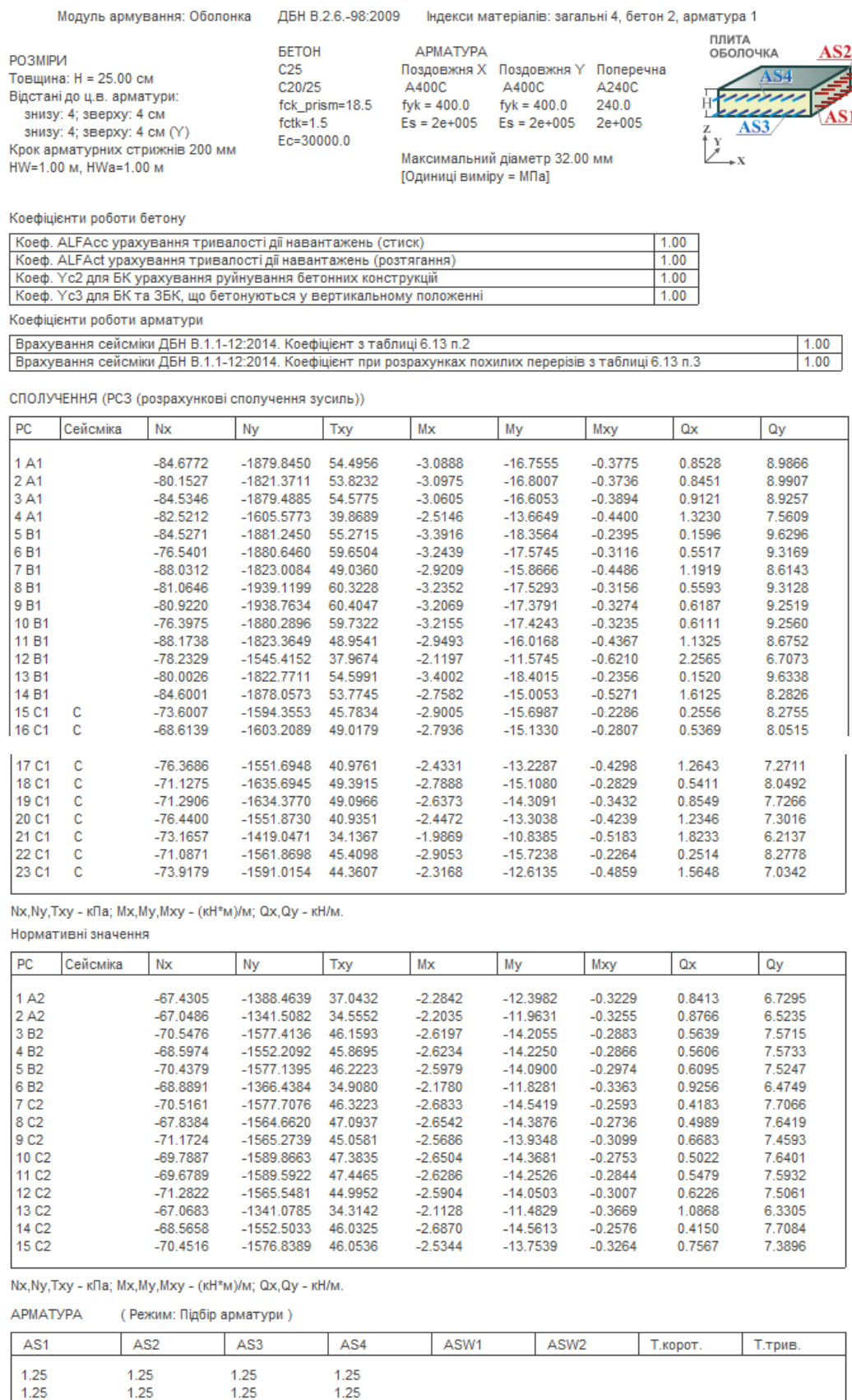
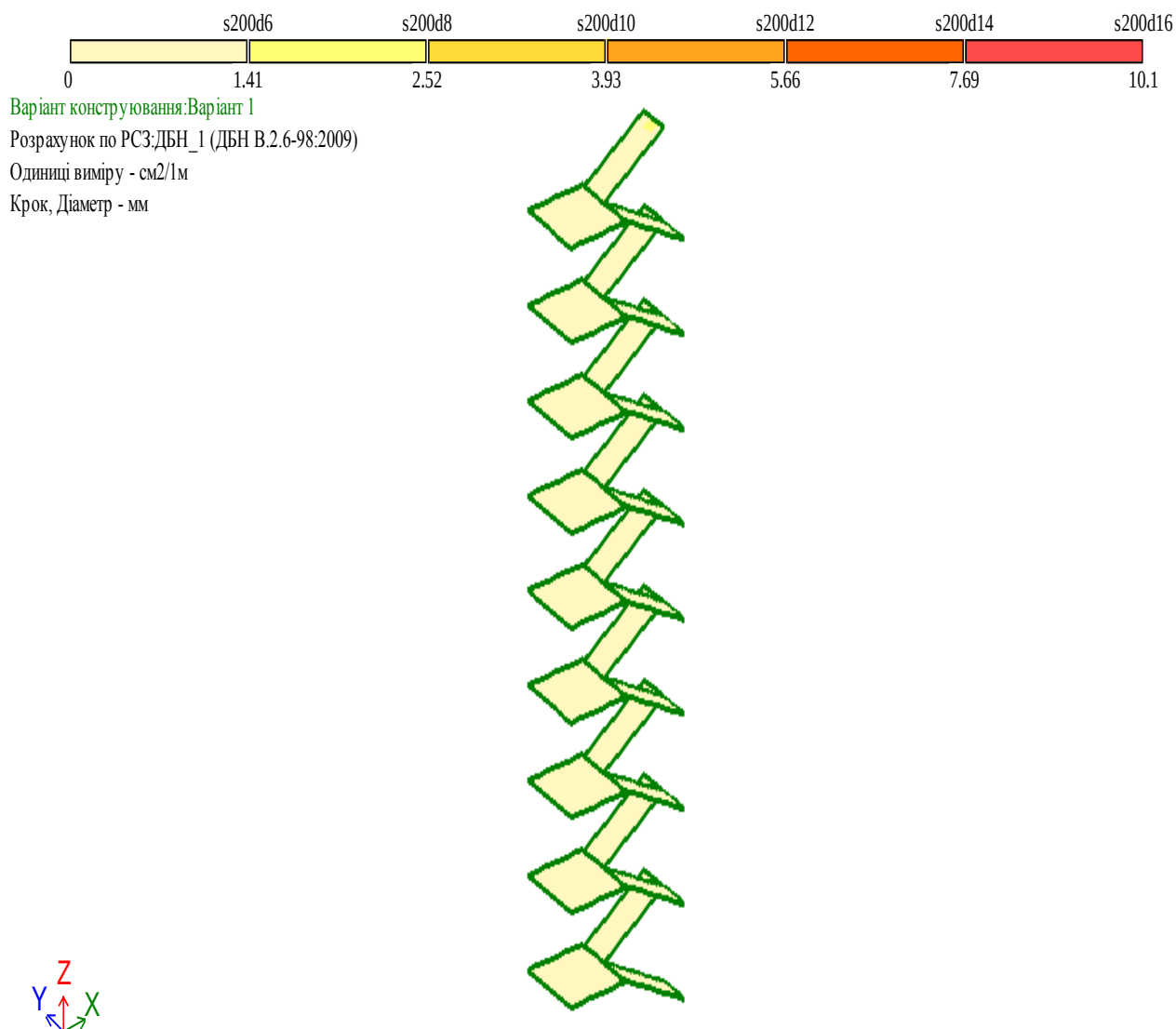


Рисунок 2.38 – Результати підбору арматури в пілоні

На рис. 2.39 представлено армування елементів сходової клітки



Площа повної арматури на 1пм уздовж осі X (максимальна верх/низ); максимум в елементі 41682

Рисунок 2.39 – Армування пілонів та стін в напрямку осі X

Таки чином, за допомогою програмного пакету прикладних програм ЛІРА-FEM створено просторові розрахункові моделі, що відображають реальну тривимірну структуру будівлі.

У просторовій моделі врахована взаємодія всіх елементів у трьох координатних напрямках та проаналізована робота каркаса як єдиної системи, проведено оцінку розподілу зусиль між поверхами, вплив жорсткості окремих

елементів на загальну поведінку будинку, включаючи фундаменти. На основі цього проведено розрахунок монолітно-каркасної системи будинку та фундаментів.

РОЗДІЛ 3

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

3.1 Охорона праці та техніка безпеки. Заходи з охорони праці та безпеки при організації будівельного майданчика.

Організація будівельного майданчика для ведення робіт на ньому повинна забезпечувати безпеку праці працюючих на всіх етапах виконання будівельно-монтажних робіт.

Будівельний майданчик повинен бути розміщений в межах, відведених під забудову. У разі потреби на час будівництва використовується додаткова територія, відведення якої узгоджується з її власником.

Огорожа майданчика повинна забезпечити безпеку осіб, що рухаються вулицями, проїздами і проходами громадського користування поблизу будівництва.

Якщо огорожа встановлюється ближче 10 м від об'єкта, що будується, обов'язковою є установка захисного козирка над пішохідною доріжкою шириною не менше 1,25 м з дощок завтовшки не менше 40 мм.

У період підготовки будівельний майданчик звільняють від всіх будівель, споруд, дерев, які заважають будівельним роботам. Необхідні також першочергові роботи з планування території для забезпечення своєчасного стоку зливових вод. Для розміщення і обслуговування будівельних бригад влаштовується необхідна кількість споруд, в першу чергу, використовуючи існуючі будівлі, а потім пересувні побутові споруди.

Зазначені роботи повинні бути узгоджені з інспекцією санітарного нагляду, інспекцією державного пожежного нагляду. Якщо плануються роботи, пов'язані з розроблення ґрунтів обов'язкове узгодження з відділом підземних споруд, відділом благоустрою виконкому, енергонаглядом, водопровідно-каналізаційними службами.

При виявленні на місці будівництва не позначених в документації комунікацій роботи припиняються до отримання офіційного дозволу відповідних організацій.

Біля підземних комунікацій земляні роботи проводяться ручним методом або механізованим інструментом під наглядом прораба.

Тільки після виконання підготовчих робіт може бути розпочате будівництво основних об'єктів.

На будівельному майданчику потрібно позначити небезпечні зони. До небезпечних зон відносяться неогорожені території і котловани. Крім цього, до небезпечних зон відносять такі місця на будмайданчика як, місця переміщення машин та обладнання, або їх частин і робочих органів, місця де зберігаються шкідливі речовини в концентраціях вище допустимих, або впливає шум інтенсивністю вище граничного допустимої і місця над котрими проходить переміщення вантажів вантажопідйомними кранами.

До потенційно небезпечних зон відносять поверхи, ділянки будівлі чи споруди, над котрими проходить монтаж конструкцій. Для забезпечення неможливості доступу сторонніх осіб, небезпечні зони повинні бути огорожені захисними огорожами і позначені попереджувальними знаками.

Межі небезпечних зон поблизу рухомих частин і робочих органів машин встановлюють в межах 5 м.

Швидкість руху автотранспорту на будівельному майданчику і поблизу місць виконання робіт не повинна перевищувати 10 км/год на прямих ділянках і 5 км/год на поворотах.

Робочі місця в залежності від умов роботи і прийнятої технології виконання робіт повинні бути забезпечені відповідними їх призначенню засобами технологічної оснастки і відповідними засобами колективного захисту, а також засобами зв'язку і сигналізації.

Складування матеріалів, конструкцій і обладнання повинно виконуватись у відповідності із вимогами ДБН, стандартів або технічних умов на матеріали, вироби і обладнання.

Матеріали (конструкції, обладнання) необхідно розміщувати на вирівняних майданчиках не допускаючи їх довільного зміщення, а також можливого розмочування складованих матеріалів. Між штабелями на складах передбачені проходи шириною менше одного метра і проїзди, ширина яких залежить від габаритів транспортних засобів і завантажувально-розвантажувальних механізмів, що обслуговують склад.

На ділянці, де ведеться монтаж, не допускається виконання інших робіт та допуск по сторонніх осіб. На площадці встановлюється єдиний порядок обміну сигналами між особою, що керує підйомом вантажу та машиністом крану, а також робітниками на відтяжках. Перед стропуванням конструкцій, необхідно впевнитись в її міцності. Забороняється підйом конструкцій, у яких немає монтажних петель, або маркування та міток, які забезпечують їх правильне стропування та монтаж. При переміщенні елементів та конструкцій, монтажники повинні знаходитися поза контуром вантажу. Поданий елемент опускають над місцем встановлення не нижче 0,3м від проєктного положення. Розстроповування конструкцій виконується після надійної фіксації опущеного вантажу.

3.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях

3.2.1 Стійкість будівель та споруд при виникненні надзвичайної ситуації

Ризик виникнення надзвичайних ситуацій на території України, на жаль залишається високим. Масштабність їх наслідків з врахуванням військових дій тільки зростає. Частішими стали випадки небезпечних природних явищ і процесів геологічного походження. Серед них повені, землетруси, зсуви, лісові та польові пожежі, урагани, смерчі, тощо.

Неможливо виключити можливість виникнення надзвичайної ситуації, але необхідно вміти мінімізувати її наслідки. Для підприємства важливим є його здатність виготовляти та збувати продукцію в звичайних обсягах, навіть при

виникненні надзвичайної ситуації, а також в разі руйнувань чи збоєм постачання сировини відновити виробництво у найкоротший термін.

На етапі проектування будівель і споруд передбачається термін експлуатації в нормальних умовах. Окрім ушкоджень, що накопичуються при експлуатації, на працездатність будівель і споруд також можуть впливати: прямі потрапляння ракет та вибухові хвилі, сейсмічні впливи, метеорологічні явища, пожежі, вибухи, дефекти та початкові недосконалості, тощо.

Тому необхідним є проводити розрахунки споруди на міцність і стійкість так, щоб при локальному руйнуванні окремих несучих елементів протистояти їх прогресуючому обваленню.

3.2.2 Оцінка стійкості будівель та споруд при виникненні надзвичайної ситуації

Щоб дослідити стан стійкості роботи об'єкту необхідно провести спеціальне дослідження, яке зводиться до вивчення умов, які можуть виникнути в разі тих чи інших надзвичайних ситуацій та у визначенні впливу цих умов на виробничу діяльність. Метою такого дослідження є виявлення вразливих місць при виникненні надзвичайної ситуації і вироблення рекомендацій по підвищенню стійкості.

Оцінку стійкості роботи будівель та споруд проводиться власними силами підприємства із залученням спеціалістів різного роду науково-дослідницьких та проектних організацій.

Оцінка стійкості роботи об'єкта в цілому здійснюється за:

- рівнем стійкості його елементів;
- забезпеченістю надійного керування об'єкта;
- забезпеченістю виробничого персоналу захистом від засобів ураження;
- готовністю об'єкта до виконання відбудовних робіт;

– розробкою заходів для відновлення матеріально-технічного забезпечення виробництва при втраті запасів сировини у результаті вибуху чи пожежі.

3.2.3 Способи підвищення стійкості роботи будівель та споруд

Заходи, які спрямовані на підвищення стійкості, розробляють з врахуванням важливості об'єкта та економічної доцільності проведення цих заходів. Проведенням інженерно-технічних, організаційних та технічних заходів можна досягти підвищення стійкості будівель та споруд. Для прикладу запровадження інженерно-технічних заходів спрямоване на забезпечення стійкості виробничих будівель та споруд, обладнання та різних систем.

Натомість технологічні заходи забезпечують підвищення стійкості об'єкту, через спрощення виробництва кінцевої продукції та обмеження розвитку аварій.

Організаційними заходами передбачено розроблення ефективних дій керуючого складу при проведенні рятувальних чи інших невідкладних робіт.

Для мінімізації наслідків від можливого руйнування будівель і споруд необхідно здійснювати заходи по догляду за несучими конструкціями, вчасно виявляючи пошкодження, та необхідно вдосконалювати методики розрахунку пошкоджених будівельних конструкцій.

Для попередження руйнування внаслідок виникнення небезпечної ситуації пропонуються наступні способи попередження: загальне зміцнення та підсилення, в першу чергу, несучих конструкцій.

Для того, щоб підвищити стійкість роботи будівель та споруд проводять такі заходи:

- підсилення несучих та самонесучих конструкцій (підсилення колон, конструкцій, перекриття та покриття, простінків);
- підсилення кладки стін, замурування отворів;
- збільшення жорсткості конструкції за допомогою додаткових в'язей;

- розкріплення вертикальних недостатньо стійких високих споруд розтяжками;
- заміна пошкоджених конструкцій та їх елементів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз архітектурно-компонувальних рішень будинків з громадськими приміщеннями.
2. Розглянуто конструктивні заходи щодо підвищення енергоефективності та звукоізоляції будинків з громадськими приміщеннями.
3. Проведено розрахунок каркасу каркасно-монолітного будинку.
4. Проведено розрахунок фундаментів з буронабивних паль каркасно-монолітного будинку.
5. Розглянуто заходи з охорони праці при зведенні будинку та з безпеки життєдіяльності.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Ясній В.П., Конончук О.П., Мещерякова О.М., Коваль І.В., Сорочак А.П. Методичні вказівки для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальністю 192 “Будівництво та цивільна інженерія”. Вид. ТНТУ, Тернопіль, 2025. – 59 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування – К.: Мінрегіон України, 2016. — 87 с.
3. ДБН В.2.1-10:2018. Основи і фундаменти будівель та споруд. Основні положення. [Чинний від 01-01-2019]. – 40 с. – [Державні будівельні норми].
4. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 68 с.
5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія – [Чинний від 01-11-2011]. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 127 с.
6. ДБН В.2.2-40:2018. Інклюзивність будівель і споруд. Основні положення. — К.: Мінрегіон України, 2018. — 24 с.
7. ДБН В.2.2-9:2018. Громадські будинки та споруди. Основні положення. – Київ: Мінрегіон України, 2018. – 112 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2021. – 75 с.
9. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 90 с.
10. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 65 с.
11. Каспрук В. Б. Методичні вказівки до написання розділу з Охорони праці в будівництві для спеціальності 192 " Будівництво та цивільна інженерія" - Тернопіль:ТНТУ ім.І.Пулюя,2024 -15с.
12. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи та фундаменти / [М.Л. Зоценко, В.І. Коваленко, А.В. Яковлєв та ін.]. – Полтава: ПНТУ, 2004. –568 с.

13. Механіка ґрунтів. Основи і фундаменти: Підручник / В. Б. Швець, І.П. Бойко, Ю.Л. Винников та ін. – Дніпропетровськ: “Пороги”, 2014. – 231 с.
14. Дослідження впливу конструктивних рішень пальово-плитного фундаменту металевих силосів на особливості деформування фундаментної плити / Підгурський М. І., Підгурський І. М., Підвисоцький О. І., Биків Д. З. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2023. - Вип. 43. - С. 244-254.
15. Дослідження осідань фундаментних плит металевих силосів при однорядному розташуванні та моделюванні варіантів їх завантаження / Підгурський М. І., Підгурський І. М., Сорочак А.П., Биків Д.З. // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – Рівне, 2023. – Вип. 44. - С. 239-251.
16. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти. Методичні вказівки для виконання курсового проєкту студентів освітнього рівня “бакалавр” спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія” на тему: “Проектування фундаментів мілкового закладання та пальових фундаментів” /М.І. Підгурський, І.М. Підгурський – Тернопіль: ТНТУ ім І. Пулюя, 2023. – 132 с
17. Підгурський М.І., Підгурський І.М. Навчальний посібник “Проектування металевих конструкцій. Сталевий каркас одноповерхової виробничої будівлі. Теоретичні основи проектування з прикладами розрахунку” – Тернопіль: ФОП Паляниця В.М, 2021. – 236 с.
18. Analysis of the Stress-Strain State of Steel Solid-Web and Perforated I-Beams Used in Pitched Roof Structures / Mykola Pidgurskyi, Ivan Pidgurskyi, Denys Bykiv, Danylo Liubovitskyi, Yurii Rudyak // Scientific Journal of TNTU. — Tern. : TNTU, 2026. — Vol 121. — No 1. — P. 76–87.
https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2026.01.076
19. Assessment of the Mutual Influence of Prefabricated Steel Silo Foundations Under Staged Loading / Mykola Pidgurskyi, Ivan Pidgurskyi, Denys Bykiv, Ivan Zakharevych // Scientific Journal of TNTU. – Tern. : TNTU, 2026. – Vol 122. – No 2. – 12 P. <https://doi.org/10.33108/>