

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Магістерська кваліфікаційна робота

на тему

«ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СИТУАЦІЙ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ НА ЕЛЕМЕНТИ КАРКАСУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ»

Виконав: студент II курсу, групи Б-21 м
спеціальності 192 «Будівництво
та цивільна інженерія»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Барцицький А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент

(науковий ступінь, посада)

Андрухов В. М.

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2023 р.

Опонент:

(науковий ступінь, посада)

Остапенко О. П.

(прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2023 р.

(прізвище та ініціали)

Допущено до захисту
Завідувач кафедри БМГА

В. В. Швець

(підпис, прізвище та ініціали)

« 20 » 06 2023 року

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет: будівництва, цивільної та екологічної інженерії

Кафедра: будівництва, міського господарства та архітектури

Рівень вищої освіти II-й (магістерський)

Галузь знань 19 - Архітектура та будівництво
(шифр і назва)

Спеціальність 192 – Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма: «Промислове та цивільне будівництво»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри БМГАТ

Швець В. В.

11 " червня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТА

Андрію Володимировичу Барцицькому

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) «Оцінка впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокomпонентної сейсмічної дії на елементи каркасу багатопoверхової будівлі».

керівник роботи Андрухов В. М., к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “20” березня 2023 року №68.

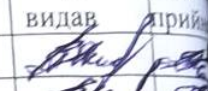

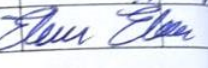



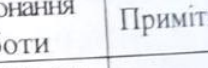
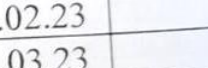
2. Строк подання магістрантом роботи 31.05.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи Ескізний варіант архітектурно-будівельних рішень технічного об'єкту проектування, топографічний план ділянки, звіт з інженерно-геологічних вишукувань. Передбачається проектування 14-ти поверхової каркасно-монолітної житлової будівлі в місті Одеса. Стіни з газоблоків, теплотехнічний розрахунок. Покрівля плоска, суміщена. 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки: Вступ (актуальність та новизна наукових досліджень, об'єкт, предмет, мета і задачі, практична значимість, методи досліджень, апробація).

1. Науково-дослідна частина (огляд та аналіз літературних джерел, на основі аналізу результатів тестових розрахунків тривимірної комп'ютерної моделі безригельного каркасу багатопoверхової залізобетонної будівлі виконати аналіз параметрів НДС конструкцій та сейсмічних реакцій 14-ти поверхової будівлі; аналіз особливостей проектування висотних житлових і громадських будівель у сейсмічних районах України, зокрема врахування в розрахунках способу формування сейсмічних розрахункових ситуацій з урахуванням багатокomпонентної сейсмічної дії; розробка просторових розрахункових моделей безригельних каркасів будівель та виконати аналіз результатів; виконати техніко-економічне порівняння розглянутих варіантів конструктивного рішення та вплив на нього досліджуваного фактору. 2. 2.1-Архітектурно-будівельні рішення технічного об'єкту (розрахунок планувальних відміток генплану, віконні та дверні заповнення, експлікація підлоги, теплотехнічний розрахунок). 2.2-Конструктивний розділ (розрахунок та проектування несучих елементів каркасу).. 2.4. Розробка заходів з охорони праці та цивільного захисту. 3. Економічна частина (визначення економічного ефекту від впровадження результатів наукової розробки на прикладі технічного об'єкту). Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Науково-дослідний розділ – 6-10 арк. (плакати, що ілюструють результати науково-дослідної роботи)
 2. Архітектурно-будівельні рішення – _____ арк. (візуалізація будівлі, фасад, генеральний план, плани, план покрівлі, розріз, вузли)
 3. Конструктивний розділ – _____ арк. (ескізні креслення армування конструктивних елементів каркасу будівлі)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, Дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Науковий розділ	К.т.н., доц., каф. БМГА В. М. Андрухов		
Технічна частина	К.т.н., доц., каф. БМГА В. М. Андрухов		
Охорона праці та ЦЗ	К.пед.н., доц. каф. БЖДПБ І. М. Кобилянська		
Економічна частина	К.т.н., доц., каф. БМГА О. Г. Лялюк		

7. Дата видачі завдання _____ 13.03.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Складання технічного завдання та вступу до МКР	31.01-06.02.23	
2	Науково-дослідна частина	07.02-11.03.23	
3	Архітектурно-будівельні рішення	12.03-27.03.23	
4	Конструктивний розділ	28.03-30.04.23	
5	Охорона праці та цивільний захист	01.05-15.05.23	
6	Економічна частина	16.05-30.05.23	
7	Оформлення МКР	20.05-31.05.23	
8	Подання МКР на кафедру для перевірки	01.06-05.06.23	
9	Попередній захист	01.06-07.06.23	
10	Рецензування	06.06-12.06.23	
11			

Магістрант _____

(підпис)

Борцицький А. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____

Андрухов В. І.

АНОТАЦІЯ

УДК 699.841

Барцицький А. В. Оцінка впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокomпонентної сейсмічної дії на елементи каркасу багатоповерхової будівлі. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 192 – «Будівництво та цивільна інженерія», освітня програма – «Промислове та цивільне будівництво». Вінниця: ВНТУ, 2023. 168 с. Укр. мовою. Бібліогр.: 43 назв; рис. 64; табл. 33.

В магістерській кваліфікаційній роботі досліджено вплив на параметри напружено-деформованого стану конструкцій способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням сейсмічного впливу різної інтенсивності. Виконано розрахунки тривимірної комп'ютерної моделі багатоповерхової залізобетонної каркасної будівлі з використанням програмного комплексу «ЛІРА-САПР». Отримано параметри напружено-деформованого стану несучих конструкцій в умовах усталеної та сейсмічної розрахункових ситуацій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 і 8 балів, заданому за спектральним методом ДБН В.1.1-12 та Єврокод-8. Виконано порівняння параметрів сейсмічної реакції та НДС конструкцій, отриманих за результатами розрахунків.

В технічній частині роботи розроблена конструкторська документація на багатоповерховий залізобетонний каркасний житловий будинок, запроектований для будівництва у сейсмічному районі України. Розглянуті питання архітектурно-планувальних рішень, виконано проєктування конструктивних елементів каркасу багатоповерхової будівлі, розділ охорони праці та економічна частина.

Магістерська кваліфікаційна робота містить 11 аркушів графічної частини.

Ключові слова: *розрахункова ситуація, напружено-деформований стан, сполучення дій, сейсмічний вплив, багатоповерхова будівля*

ABSTRACT

Bartsytskyi A. V. Assessment of the design situations forming methods influence on the frame elements of a multi-story building taking into account the multi-component seismic action. Master's thesis in specialty 192 - construction and civil engineering. Vinnitsa : VNTU, 2023. 168 p. In Ukrainian language. Bibliographer: 43 titles; fig.: 64; tabl. 33.

In the master's qualification work investigated the design situations forming methods influence on the parameters of the stress-strain state of structures taking into account the different intensities of seismic impact. Calculations of a three-dimensional computer model of a multi-story reinforced concrete frame building were performed using the LIRA-SAPR software complex.

The structures stress-strain state parameters of persistent and seismic design situations with 7 and 8 degrees seismic intensity, specified by the spectral method DBN V.1.1-12 and Eurocode-8, are obtained. The parameters of seismic response and stress-strain state of structures obtained from the calculation results are compared.

In the technical part of the work, designed documentation was developed for a multi-storey concrete frame residential building, designed for construction in the seismic region of Ukraine. The issues of architectural and planning decisions are considered, the design of foundations and the section of labor protection are performed.

Master's thesis contains 11 sheets of graphics

Keywords: *stress-strain state, load combination, seismic impact, multi-story building*

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ РОЗРАХУНКІВ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ	9
1.1 Загальні положення	9
1.2 Розрахункові сполучення навантажень	10
1.3 Урахування сейсмічної дії	17
1.4 Сейсмічні розрахункові сполучення	20
1.5 Врахування багатокompонентного характеру сейсмічного впливу	30
1.6 Висновки за розділом	34
2. ДОСЛІДЖЕННЯ НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНИХ МОДЕЛЮВАНЬ	36
2.1 Загальні положення	36
2.2 Визначення мети та задач дослідження	37
2.3 Опис програмного комплексу розрахунку	38
2.4 Розробка комп'ютерної моделі будівлі	45
2.5 Висновки за розділом	64
3. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	65
3.1 Результати модального аналізу	65
3.2 Результати розрахунку сейсмічних навантажень	67
3.3 Деформований стан будівлі	68
3.4 Розрахунок зусиль в конструкціях	75
3.5 Результати розрахунку армування конструкцій	76
3.6 Порівняння результатів розрахунку	84
3.7 Висновки за розділом	91
3.8 Порівняння витрат армування для забезпечення сейсмостійкості будівлі	92
4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА	97
4.1. Архітектурно-будівельні рішення	97
4.1.1 Благоустрій території забудови	97
4.1.2 Архітектурно-планувальні рішення	98
4.1.3 Техніко-економічні показники проекту	101

	2
4.2 Конструктивні рішення	102
4.2.2 Статичний та конструкторський розрахунки залізобетонного каркасу будівлі та його елементів	103
4.2.3 Безпека життєдіяльності та охорона навколишнього середовища	104
4.3 Висновки до технічної частини	105
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	107
5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта	107
5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць	107
5.1.2 Електробезпека	111
5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії	112
5.2.1 Мікроклімат	112
5.2.2. Склад повітря робочої зони.....	112
5.2.3 Виробниче освітлення	113
5.2.4 Виробничий шум	114
5.2.5 Виробнича вібрація.....	114
5.2.6 Фактори умов праці.....	115
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях	117
5.3.1 Дія іонізуючих випромінювань на організм людини	117
5.3.2. Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення підвального поверху	118
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	122
ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	126
Д О Д А Т К И.....	132
Додаток А.....	Ошибка! Закладка не определена.
Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
Додаток Б. Результати статичного та конструкторського розрахунків конструкцій та елементів каркасу будівлі.....	134
ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ КОШТОРИСНИХ РОЗРАХУНКІВ.....	154

Відомість графічної частини

№	Позначення	Найменування	Примітка
1.	Аркуш №1	Мета досліджень, Об'єкт досліджень, Предмет досліджень	Плакат
2.	Аркуш №2	ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	Плакат
3.	Аркуш №3	РОЗРАХУНКОВА МОДЕЛЬ 14-ти ПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ	Плакат
4.	Аркуш №4	РЕЗУЛЬТАТИ ЧИСЕЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	Плакат
5.	Аркуш №5	<i>Аналіз результатів моделювання (Розподіл поперечних сил, Горизонтальні переміщення будівлі в рівні перекриттів)</i>	Плакат
6.	Аркуш №6	<i>Аналіз результатів моделювання (Формування сейсмічної розрахункової ситуації)</i>	Плакат
7.	Аркуш №7	<i>Аналіз результатів моделювання (Порівняння зусиль в конструкціях)</i>	Плакат
8.	Аркуш №8	ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ	Плакат
9.	Аркуш №9	Генеральний план, проектні візуалізації, ситуаційна схема ділянки проектування. Умовні позначення.	Креслення
10.	Аркуш №10	Проектні візуалізації, план типового поверху, план поверху на відмітці 0,000, експлікація приміщень	Креслення
11.	Аркуш №11	Фасад 2-10; фасад Д-А, розріз 1-1, розгортка по вул. Гетьманській.	Креслення

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЕС	-	Атомна електрична станція
ДБН	-	Державні будівельні норми України
ДСТУ	-	Державний стандарт України
ЗСР	-	Загальне сейсмічне районування
МКР	-	Магістерська кваліфікаційна робота
МРЗ	-	Максимальний розрахунковий землетрус
МСЕ	-	Метод скінченних елементів
НДС	-	Напружено-деформований стан
ПЗ	-	Проектний землетрус
ПК	-	Програмний комплекс
РСН	-	Розрахункові сполучення навантажень
СЕ	-	Скінченний елемент
СЗ	-	Слабкий землетрус

ВСТУП

Актуальність теми.

Значна частина території України знаходиться в зоні можливого впливу руйнівних землетрусів. Сейсмонебезпечні райони з інтенсивністю 6-9 балів займають близько 20% території (близько 120 тис. км²), на якій мешкає понад 10 млн. осіб [1]. Таким чином, сейсмічну небезпеку необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації об'єктів будівництва різного ступеню відповідальності.

Нормативні документи з проектування та експлуатації сейсмостійких будівель і споруд багатьох країн регламентують виконувати оцінку напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій з урахуванням сейсмічного впливу, що задається у складі особливих сполучень навантажень.

Поглиблене вивчення методів розрахунку на сейсмічні впливи, зокрема підходів до формування розрахункових ситуацій, набуття практичних навиків їх використання при проектуванні будівель і споруд в сейсмічних районах України є актуальним питанням для інженерів-будівельників.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконана відповідно до теми:

- № 60К1 «Особливості конструктивних рішень багатоповерхових каркасно-монолітних житлово-офісних будівель при сейсмічних впливах 8 балів».

Метою досліджень є вивчення та порівняльний аналіз сучасних методів розрахунку будівельних конструкцій з урахуванням багатокomпонентної сейсмічної дії у складі сейсмічних розрахункових ситуацій.

Задачі досліджень:

- аналіз вимог нормативних документів та літературних джерел щодо особливостей розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи;
- розробка просторової розрахункової моделі багатоповерхової каркасної залізобетонної будівлі з використанням ПК «ЛІРА САПР»;

- визначення величин навантажень для розрахунку моделі з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивності 7-8 балів;
- моделювання сейсмічної дії за спектральним методом ДБН В.1.1-12 [3] з урахуванням декількох компонент та просторового характеру впливу;
- формування сейсмічної розрахункової ситуації за різними підходами:
 - державних будівельних норм України ДБН В.1.1-12 [2];
 - норм Європейського союзу EN1998-1 [3];
 - міжнародного будівельного коду [18];
- виконання розрахунку розробленої моделі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації;
- аналіз результатів розрахунку моделі:
 - динамічних характеристик моделі;
 - сейсмічних (інерційних) навантажень;
 - параметрів НДС основних несучих конструкцій;
 - витрат матеріалів (армування) конструкцій.
- підготовка висновків за результатами проведених досліджень.

Об'єктом досліджень є 14-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

Предметом дослідження є параметри напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій багатопверхового залізобетонного житлового будинку, визначені за результатами розрахунку в умовах сейсмічної розрахункової ситуації, сформованої з використанням різних методів та врахуванням декількох компонент та просторового характеру впливу.

Методи дослідження.

Для досягнення мети та рішення поставлених завдань використовуються наступні методи досліджень:

- аналіз сучасного стану теорії та практики розрахунків конструкцій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії на основі огляду літературних джерел та вимог нормативних документів (розділ 1);
- теоретичні (модельні) дослідження параметрів НДС будівельних конструкцій з урахуванням сейсмічної дії, заданої відповідно до різних методів, на основі аналітичної комп'ютерної моделі багатоповерхового залізобетонного каркасного будинку (розділ 2);
- аналіз результатів розрахунку за визначеними параметрами динамічної реакції та НДС конструкцій, витрат матеріалів несучих конструкцій, зокрема у порівнянні із граничними значеннями відповідно до вимог нормативних документів (розділ 3);
- розробка конструкторсько-технологічної документації на елементи багатоповерховий залізобетонний каркасний житловий будинок, запроєктований для будівництва у сейсмічному районі України (розділ 4).

Наукова новизна роботи.

Наукову новизну роботи складають:

- результати порівняльного аналізу параметрів сейсмічних дій на конструкції, отримані за різними методами формування сполучення навантажень у складі сейсмічної розрахункової ситуації;
- результати порівняльного аналізу параметрів сейсмічних дій на конструкції, отримані за різними способами врахування декількох компонент сейсмічної дії;
- результати порівняльного аналізу НДС залізобетонних несучих конструкцій при впливі сейсмічних навантажень, заданих за різними методами розрахунку.

Практична цінність роботи.

В результаті виконання МКР отримано інженерний досвід з виконання чисельних досліджень будівельних конструкцій з урахуванням сейсмічних впливів, а саме: володіння основними методами розрахунків та умовами їх застосування, вибору параметрів сейсмічного впливу в залежності від типу та

відповідальності конструкцій, формування вихідних даних для розрахунків, зокрема з використанням сучасних програмних комплексів, аналіз отриманих результатів за параметрами НДС та витратами матеріалів конструкцій.

Особистий внесок магістранта полягає у вивченні та узагальненні наявного світового досвіду з проектування сейсмостійких каркасно-монолітних будівель, застосування сучасних методів розрахунку конструкцій на основні та аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу, чисельне моделювання та аналіз поведінки конструкцій при сейсмічних впливах.

Апробація результатів роботи.

Результати роботи апробовано на:

Результати роботи апробовано на: ІІІ регіональній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів ВНТУ з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області;

Публікації.

За темою МКР підготовлено наступні публікації:

В. М. Андрухов А. В. Барцицький

Оцінка впливу способу врахування сейсмічних навантажень на елементи каркасу багатоповерхової будівлі.

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2023/paper/view/18500/15359>.

1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ТЕОРІЇ ТА ПРАКТИКИ РОЗРАХУНКІВ КОНСТРУКЦІЙ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ

1.1 Загальні положення

Основні вимоги, яких треба дотримуватися при проектуванні, будівництві, реконструкції і експлуатації будівель і споруд різного призначення, що зводяться або розміщені на майданчиках із сейсмічністю 6 балів і вище наведені в Держаних будівельних нормах України ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [2] та гармонізованих європейських нормах ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 «Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд» [3].

Відповідно до діючих норм [2, 3] в розрахунках напружено-деформованого стану конструкцій сейсмічний вплив враховується у складі аварійного сполучення навантажень, до якого включають також постійні та змінні навантаження. Аварійні сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу формуються відповідно до принципів, закладених у ДБН В.1.2-14 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд» [4], ДБН В.1.2-2 «Навантаження і впливи. Норми проектування» [5], та вказівок ДБН В.1.1-12 [2].

З набранням чинності ДБН В.1.2-6:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість» [6] об'єднання дій (навантажень та впливів) на конструкції визначені як «розрахункові ситуації», які класифікуються як усталені (умови нормальної експлуатації), перехідні (умови, обмежені в часі), випадкові (аварійні умови) та сейсмічні (умови прояву сейсмічного події). Таким чином, умови, за яких конструкції будівель і споруд зазнають впливу з боку природних сейсмічних сил, виділені окремо, що може свідчити про особливу важливість цих умов.

В міжнародній практиці сейсмостійкого будівництва використовують різні підходи до формування розрахункових сейсмічних ситуацій. Переважно ці підходи залежать від призначення, рівня відповідальності, конструктивної схеми будівель і споруд, інтенсивності сейсмічного впливу, умов експлуатації [6], зокрема з урахуванням порушення нормальних умов експлуатації внаслідок аварійних впливів та проявів сейсмічної події [7].

В розділі наведено аналіз положень нормативних документів України, європейських та інших міжнародних норм, вітчизняних та закордонних публікацій, присвячених вивченню впливу способів формування розрахункових сейсмічних ситуацій та оцінки параметрів НДС конструкцій при інтенсивних сейсмічних впливах.

1.2 Розрахункові сполучення навантажень

Дослідженню способів комбінації навантажень та отримання розрахункових сполучення зусиль присвячено фундаментальну роботу [8] та окрему публікацію її співавторів Перельмутера А.В та Пічугіна С.Ф. [9].

Практично будь-яка конструкція піддається впливу багатьох навантажень різного виду, що виникають при зведенні та експлуатації споруди. Розрахунок виконується на окремі (елементарні) варіанти навантаження в припущенні, що будь-який реальний варіант навантаження системи може бути представлений як лінійна комбінація елементарних. Використовується так званий принцип суперпозиції, згідно з яким результуючий ефект декількох незалежних впливів є сумою ефектів, викликаних кожним впливом окремо. Відмічається, що це припущення виправдане лише при лінійному підході до розрахунку; при нелінійній поведінці систем та відповідно при нелінійних розрахунках зазначений підхід не має сенсу.

У припущенні лінійного підходу визначають такі комбінації елементарних навантажень, які є найгіршими і дозволяють за допомогою їх перевірити виконання обмежень за міцністю, стійкістю, деформативністю тощо. Ці комбінації називаються розрахунковими, а коефіцієнти, із якими у них входять елементарні навантаження, називаються інтенсивностями.

В роботі [9] зазначається, що поява розрахункового значення навантаження є рідкісною подією. Крім того існує мала ймовірність того, що розрахункові значення різних навантажень можуть збігатися в часі. У зв'язку з цим норми проектування включається правило визначення ефекту різних одночасно діючих навантажень.

Авторами проаналізовано біля 140 публікацій щодо історії становлення і розвитку підходів та окреслено основні принципи визначення розрахункових сполучень навантажень. Основними принципами є наступні:

Використання єдиного коефіцієнта сполучень: у випадку пружної роботи конструкції з лінійною залежністю між навантаженнями і напруженнями найбільш просте правило поєднання записується наступним чином:

$$C_m = P_d + \psi_m \sum_{i=1}^m P_i, \quad (1.1)$$

де P_d - постійні навантаження, P_i - тимчасові (тривалі та короткочасні) навантаження.

Аналогічні правила традиційно використовувалося в пострадянських країнах, у канадських нормах та нормах Американського інституту бетону. Відповідно до ДБН В.1.2-2 [5] для основних сполучень використовується у наступному вигляді:

$$\psi_m = \begin{cases} 1,0 & \text{при } m = 1; \\ 0,95 & \text{при } m \geq 2 \text{ для тривалих навантажень}; \\ 0,9 & \text{при } m \geq 4 \text{ для короткочасних навантажень}. \end{cases} \quad (1.2)$$

Диференційовані коефіцієнти сполучень: в актуалізованій версії деяких норм для постійних P_d , тимчасових тривалих P_l та тимчасових короткочасних P_t навантажень введено наступне правило:

$$C_m = P_d + (\psi_{l1}P_{l1} + \psi_{l1}P_{l2} + \psi_{l1}P_{l3} + \dots) + (\psi_{t1}P_{t1} + \psi_{t1}P_{t2} + \psi_{t1}P_{t3} + \dots), \quad (1.3)$$

де коефіцієнти поєднань приймалися в залежності від ступеню впливу навантаження:

$$\begin{aligned} \psi_{11} &= 1,00; \psi_{12} = \psi_{13} = \dots = 0,95; \\ \psi_{t1} &= 1,00; \psi_{t2} = 0,90; \psi_{t3} = \psi_{t4} = \dots = 0,70. \end{aligned} \quad (1.4)$$

де P_{11}, P_{t1} – відповідно основне за ступенем впливу тривале та короткочасне навантаження, P_{12} – друге за ступенем впливу короткочасне навантаження.

Зокрема відповідно до ДБН В.1.2-2 [5] в основних сполученнях при врахуванні трьох та більше короткочасних навантажень їхні розрахункові значення допускається використовувати коефіцієнт сполучення ψ_2 , який приймається для першого (за ступенем впливу) короткочасного навантаження – 1,0, для другого – 0,8, для решти – 0,6.

Більш теоретично обґрунтованим є підхід, який представлений у стандартах ISO та в Єврокодi [10], згідно з яким екстремальне значення одного навантаження комбiнується зі значеннями решти навантажень для довільного моменту часу. При m тимчасових навантаженнях виникають m сполучень, а визначальним є найбільше значення таких комбiнацій.

Якщо екстремальну величину одного навантаження представити розрахунковим значенням, а величини інших навантажень у вигляді розрахункових значень, помножених на коефіцієнт сполучень, то для m змінних навантажень формулюється таке правило сполучень:

$$C_m = P_d + P_1 + \sum_{i=2}^m \psi_i P_i. \quad C_m = P_d + \max_k \left\{ P_k + \sum_{i=1, i \neq k}^m \psi_i P_i \right\}. \quad (1.5)$$

При формуванні розрахункових сполучень користуються принципом логічного взаємозв'язку окремих навантажень. Наприклад, деякі сполучення навантажень можуть бути неприпустимими, виходячи з умов неможливості або малої ймовірності їх спільної дії. По відношенню одного навантаження до інших автори [8] виділяють наступні типи логічних зв'язків:

- незалежні (наприклад, власна вага та корисне навантаження);
- взаємовиключні (наприклад, вітрове, що діє з різних боків будівлі - зліва та справа);
- супутні (наприклад, гальмівні навантаження від крана, що передбачають наявність вертикальних кранових навантажень);

- одночасно діючі (наприклад, вітровий напір та відсмоктування).

З іншого боку, навантаження може характеризуватись як знаковмінне, тобто за фізичним змістом всі його компоненти можуть бути замінені на протилежні. Типовим прикладом є сейсмічні навантаження, що змінюються в часі, для яких вказується амплітудне значення, а напрямок їх дії може змінюватися на протилежний.

Відносини взаємовиключення, супутності чи одночасності зручно представляти у вигляді таблиць, приклад якої наведено на рис. 1.1.

№	Найменування навантажень	Розрахункові сполучення навантажень									
		1	2	3	4	5	6	7	8		
1	Постійне	+	+	+	+	+	+	+	+		
2	Постійне	+	+	+	+	+	+	+	+		
3	Тривале	-	+	-	-	-	-	-	-		
4	Корисне	-	-	+	-	-	-	-	-		
5	Снігове	-	-	-	+	-	-	-	-		
6	Вітер вздовж X	-	-	-	-	+	(+)	-	+	(-)	
7	Вітер вздовж Y	-	-	-	-	-	-	+	(+)	+	(-)

Рисунок 1.1 - Комбінації сполучень навантажень для розрахунку зусиль в конструктивних елементах: знак «+» позначає, що навантаження входить у розрахункове сполучення; знаки «(+))» або «(-))» позначають з яким знаком навантаження входить у розрахункове сполучення

Практично всі ці відносини реалізовані у більшості сучасних програмних комплексах моделювання та розрахунку. Більшість закордонних програмних систем не має режимів визначення розрахункових сполучень зусиль, а орієнтуються на те, що користувач самостійно вкаже всі необхідні комбінації навантажень. Пов'язано це з тим, що у багатьох закордонних нормах наводяться типові варіанти комбінування різних навантажень, відповідно до яких слід перевірити несучу здатність конструкції.

Наприклад, у нормах США [11] ці варіанти подають у виглядають так званих «правил вибору»:

$$\begin{aligned}
 &1,4DL, \\
 &1,2DL + 1,6LL, \\
 &0,9DL \pm 1,3WL,
 \end{aligned}
 \tag{1.6}$$

$$\begin{aligned}
 &1,2DL \pm 1,3WL, \\
 &1,2DL + 1,5LL \pm 1,3WL, \\
 &0,9DL \pm 1,0EL, \\
 &1,2DL \pm 1,0EL, \\
 &1,2 DL + 1,5LL \pm 1,0EL
 \end{aligned}$$

де

DL – навантаження від власної ваги (*Dead Load*),

LL – корисне навантаження (*Live Load*),

WL – навантаження від вітру (*Wind Load*),

EL – сейсмічна дія (*Earthquake Load*).

Порівняно із записами Єврокоду [10] або ДБН [6], в яких вибір розрахункових сполучень навантажень представлений в загальній формі, наведені записи виглядають значно простішими і начебто однозначно визначають «правила вибору». Проте автори [8] зазначають, що ця простота є уявною, наприклад, якщо задатися питанням: за якого напрямку вітру необхідно визначати значення *WL* або про який з можливих варіантів прикладення тимчасового навантаження *LL* має йти мова.

Таким чином «правила вибору» не вирішують остаточно проблему вибору розрахункових сполучень навантажень. Це підтверджується існуючою різноманітністю завдання комбінацій навантажень, що присутні в різних нормативних документах.

Показовим є приклад наведений в публікації [12], авторами якої виконано порівняльне дослідження норм сейсмічного проектування Канади від першого кодексу, опублікованого в 1941 році, до теперішнього часу. В таблиці 1.1 наведено порівняння «правил вибору» розрахункових комбінацій навантажень, які застосовувались в різних редакціях одного нормативного документу.

Дані таблиці 1.1, виділені кольором, в статті [12] не наведені; вони отримані додатково на основі аналізу останньої редакції нормативного документу Канади 2015 NBCC [13].

Таблиця 1.1 - Розрахункові комбінації навантажень відповідно до різних редакцій норм Канади

Нормативний документ, рік	Розрахункові комбінації навантажень	Примітки
1965 NBCC	$U = 1.35(D + L + E)$	
1970 NBCC	$U = 1.15D + 1.35(L + E)$ $U = 1.5D + 1.8E$ $U = 0.9D + 1.35E$	
CSA 1973	$U = 0.75(1.4D + 1.7L + 1.8E)$ $U = 1.4D + 1.8E$ $U = 0.9D + 1.4E$	норми з проектування залізобетонних конструкцій
1975 NBCC	$U = 1.25D + 0.7(1.5L + 1.5E)$ $U = 1.25D + 1.5E$ $U = 0.85D + 1.5E$	
1980 NBCC	Без змін	
1985 NBCC	Без змін	
1990 NBCC	$U = 1.25D + 0.7(1.5L + 1.0E)$ $U = 1.25D + 1.0E$ $U = 0.85D + 1.0E$	
1995 NBCC	$U = 1.0D + 1.0E + 1.0L$	для складських приміщень
	$U = 1.0D + 1.0E + 0.5L$	для інших приміщень
2005 NBCC	$U = 1.0D + 1.0E + 1.0L + 0.25S$	для складських приміщень
	$U = 1.0D + 1.0E + 0.5L + 0.25S$	для інших приміщень
2010 NBCC	Без змін	
2015 NBCC	$U = 1.4D$ $U = (1.25D \text{ або } 0.9D) + 1.5L$ $U = (1.25D \text{ або } 0.9D) + 1.5S$ $U = (1.25D \text{ або } 0.9D) + 1.4W$ $U = 1.0D + 1.0E$	для основних навантажень
	$U = 1.0S \text{ або } 0.4W$ $U = 1.0L \text{ або } 0.4W$ $U = 0.5L(7) \text{ або } 0.5S$ $U = 0.5L + 0.25S$	для супутніх навантажень
<p>Позначення. D, L, E і S – постійні, змінні, сейсмічні та снігові навантаження, відповідно. Примітка. В нормах 1995 – 2010 років використовується коефіцієнт 1,0 через зміну підходу до визначення граничних станів і відповідних навантажень.</p>		

Як випливає з аналізу даних наведених у таблиці 1.1, питанню комбінації навантажень приділялась особлива увага практично на кожному з етапів

розвитку нормативних підходів до розрахунку конструкцій. Таким чином, питання формування розрахункових комбінацій навантажень, зокрема тих, що стосуються врахування сейсмічної дії, є суттєвим та актуальним.

В керівництві з проектування приватних будинків США [14] уточнюються положення щодо застосування «правил вибору». Зазначається, що запропоновані комбінації навантажень призначені в якості вказівника для проектувальника, але саме він має приймати рішення щодо їх вибору в кожному конкретному випадку. При цьому встановлені типові комбінації навантажень для окремих конструктивних елементів – фундаментів, опор, ригелів, балок, стін, колон, перекриттів, кроквяних конструкцій дахів (рис. 1.2).

Component or System	ASD Load Combinations	LRFD Load Combinations
Foundation wall (gravity and soil lateral loads)	D + H D + H + L ² + 0.3(L _r + S) D + H + (L _r or S) + 0.3L ²	1.2D + 1.6H 1.2D + 1.6H + 1.6L ² + 0.5(L _r + S) 1.2D + 1.6H + 1.6(L _r or S) + 0.5L ²
Headers, girders, joists, interior load-bearing walls and columns, footings (gravity loads)	D + L ² + 0.3 (L _r or S) D + (L _r or S) + 0.3 L ²	1.2D + 1.6L ² + 0.5 (L _r or S) 1.2D + 1.6(L _r or S) + 0.5 L ²
Exterior load-bearing walls and columns (gravity and transverse lateral load) ³	Same as immediately above plus D + W D + 0.7E + 0.5L ² + 0.2S ⁴	Same as immediately above plus 1.2D + 1.5W 1.2D + 1.0E + 0.5L ² + 0.2S ⁴
Roof rafters, trusses, and beams; roof and wall sheathing (gravity and wind loads)	D + (L _r or S) 0.6D + W _u ⁵ D + W	1.2D + 1.6(L _r or S) 0.9D + 1.5W _u ⁵ 1.2D + 1.5W
Floor diaphragms and shear walls (in-plane lateral and overturning loads) ⁶	0.6D + (W or 0.7E)	0.9D + (1.5W or 1.0E)

Рисунок 1.2 - Типові комбінації навантажень, що використовуються при проектуванні конструкцій приватних будинків відповідно до [14]:

D - середня власна вага конструкції;

H - бічний тиск для стану/ типу ґрунту;

L - тимчасове навантаження на підлогу;

L_r - змінне навантаження на дах, що очікується при будівництві/ технічному обслуговуванні;

W - вітрове навантаження;

S - снігове навантаження;

E - сейсмічне навантаження.

Окремо слід зазначити підходи, що використовуються в практиці проектування об'єктів атомної енергетики. Цьому аспекту присвячено серію публікацій вітчизняних авторів [15, 16], які розглянули мінімальний набір сполучень експлуатаційних та сейсмічних навантажень, які необхідно розглянути під час обґрунтування сейсмічної міцності сталевих опорних конструкцій елементів атомної станції.

Відповідно до положень вітчизняних [7] та міжнародних [17] нормативних документів щодо проектування АЕС при формуванні розрахункових сполучень навантажень враховують нормальні умови експлуатації конструкцій та можливі порушення нормальних умов експлуатації внаслідок аварійних впливів та проявів сейсмічної події. Так, для тепломеханічного обладнання першої категорії сейсмостійкості слід розглядати такі сполучення навантажень:

$$\begin{aligned}
 & HE + PA + MPZ; \\
 & HE + PA + PZ; \\
 & HE + MPZ; \\
 & HE + PZ; \\
 & ПНЕ + MPZ; \\
 & ПНЕ + PZ
 \end{aligned}
 \tag{1.7}$$

де

HE – нормальна експлуатація;

PA - проектна аварія;

MPZ - максимальний розрахунковий землетрус;

PZ - проектний землетрус;

ПНЕ - порушення нормальної експлуатації.

В якості основного висновку автори [16] вважають, що розширення набору сполучень навантажень, які обов'язково повинні бути проаналізовані під час виконання обґрунтування сейсмостійкості елементів АЕС, можна вважати однією з важливих нових нормативних вимог.

1.3 Урахування сейсмічної дії

Сейсмічні дії є найбільш небезпечним типом динамічного навантаження на споруди. Сильні землетруси викликають суттєві пошкодження конструкцій, а

окремих випадках призводять до їх обвалення. Аналіз наслідків землетрусів є значним прикладним завданням, оскільки надає інформацію для проектування сейсмостійких конструкцій, знаходження економічних рішень, підвищення їх безпеки, а також для розробки заходів щодо підсилення вже пошкоджених будівель і споруд, що знаходяться в експлуатації.

Численні публікації присвячені аналізу положень та пропозицій щодо розвитку будівельних норм та правил з сейсмостійкого будівництва, щоб врахувати відомості, отримані після сильних землетрусів. Саме аналіз наслідків руйнівних землетрусів, що мали місце в м. Спітак (Вірменія, 1988 р.), Кобе (Японія, 1995 р.), у Туреччині та на Тайвані (1999 р.), Гаїті (2010 р.) та інших дали великий обсяг інформації про поведінку конструкцій при інтенсивних сейсмічних впливах.

На основі цієї інформації в роботі [19] описаний найбільш поширений механізм обвалення каркасних будівель під час сильного землетрусу. Згідно з ним суттєво пошкоджуються або руйнуються вертикальні несучі елементи (колони, пілони, діафрагми) нижніх поверхів будівлі, після чого їхні перерізи не здатні сприймати значні вертикальні навантаження, що призводить до руйнування будівлі загалом. Ушкодження верхніх поверхів, зазвичай, незначні.

Механізм руйнування та відповідні приклади наведені на рис. 1.3 - 1.5.



Рисунок 1.3 - Механізм обвалення колон при спільній дії горизонтальних сейсмічних та вертикальних навантажень



Рисунок 1.4 - Наслідки руйнівного землетрусу в Егейському морі 30 жовтня 2020 року (M7,0) в м. Ізмір (Туреччина)

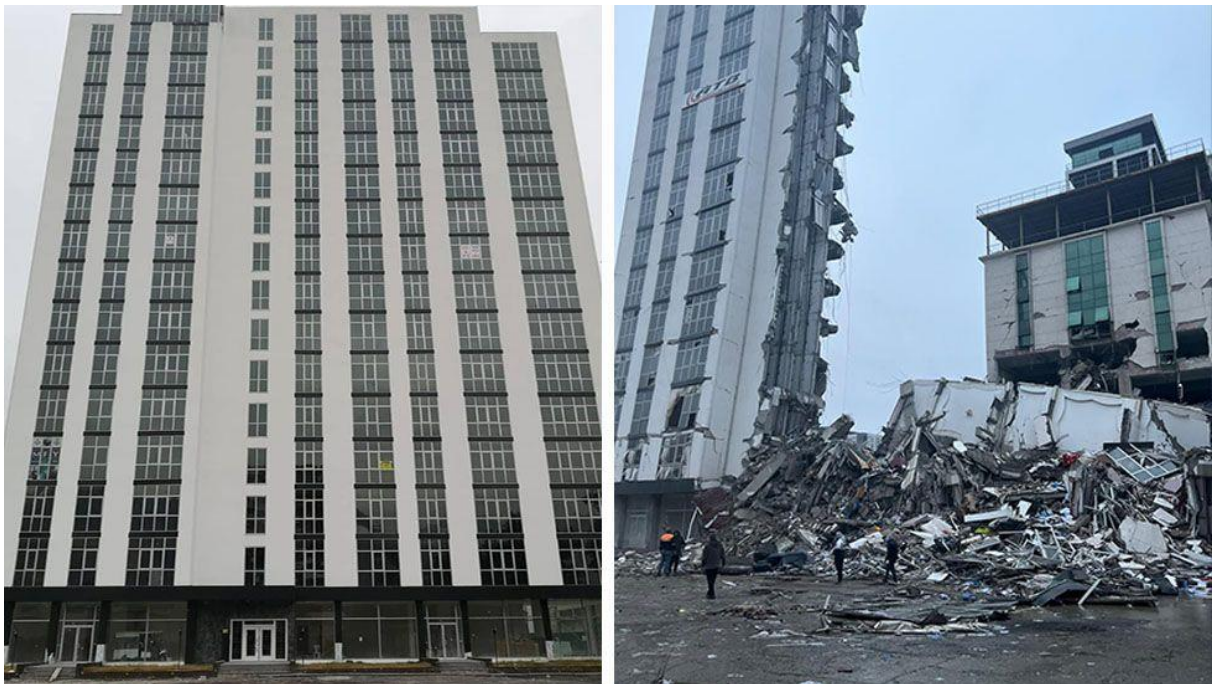


Рисунок 1.5 - Наслідки руйнівного землетрусу (M7,8) у лютому 2023 року в м. Іскендеруні (Туреччина). Джерело: *bbc.com* [20]

У публікації [20] та офіційному звіті за оцінкою наслідків землетрусу в Туреччині [21] основними причинами руйнування будівель названі недостатня несуча здатність основ фундаментів, недоліки проектно-конструкційних рішень будівель внаслідок недотримання будівельних норм, порушення норм безпеки та законодавства при зведенні будівель.

Внаслідок землетрусів загинуло понад 50 000 людей, приблизно 280 000 будівель зруйновано або зазнали серйозних пошкоджень; економічні збитки можуть сягнути 100 млрд. доларів США.

Причин, що призводять до руйнувань, як правило, декілька. В роботі [22] сформульовано перелік причин руйнувань за наслідками руйнівного землетрусу в Ізміті (Туреччина, 1999 р.). Відносно до теми досліджень, а саме впливу сполучення навантажень, що діють під час сейсмічної події, найбільш суттєвими можна вважати наступні помилки,

- застосування у багатоповерхових будинках гнучких перших поверхів;
- втрата місцевої стійкості колон, елементів зв'язків, а також втрата стійкості сталевих несучих елементів внаслідок малоциклової втоми та крихкої руйнації;
- для високих будівель та для будівель оснащених системами сейсмоізоляції – ігнорування вертикальної компоненти сейсмічної дії.

Після Ізмітського землетрусу 1999 року будівельний кодекс у Туреччині був серйозно перероблений; значне доопрацювання сталося у 2020 році. Досвід останніх землетрусів показав, що більша частина зруйнованих у 2023 році будівель були побудовані за старими нормами.

Відповідно до даних [21] в Туреччині часто не дотримуються вимог щодо регулярності будівель у плані та за висотою, застосовують необґрунтовані надбудови та перепланування. Значна кількість зруйнованих будівель зведена монолітними за безригельною конструктивною схемою, зокрема багато з них з «гнучкими нижніми поверхами», з перекриттям мінімальної товщини і недостатнім армуванням, які за відсутності необхідної кількості вертикальних діафрагм (стін) не змогли забезпечити просторовий характер роботи споруд.

1.4 Сейсмічні розрахункові сполучення

Відповідно до вітчизняних [2] та міжнародних (наприклад [3, 13, 18] та інших) в розрахунках напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій сейсмічний вплив враховується у складі сейсмічної розрахункової ситуації, до

якої включають також постійні навантаження, змінні тривалі і короткочасні навантаження.

Загальний вигляд комбінації дій з урахуванням сейсмічного впливу наведено в Єврокодi 8 [3]:

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_{Ed} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}, \quad (1.8)$$

де

E функція, яка характеризує комбінацію впливу;

$G_{k,j}$ характеристична величина постійного впливу j ;

P характеристична величина дії попереднього напруження;

A_{Ed} проектна величина сейсмічного впливу, яка дорівнює $A_{Ed} = \gamma_I \cdot A_{Ek}$;

γ_I коефіцієнт важливості;

A_{Ek} характеристична величина сейсмічного впливу для референтного періоду повторюваності землетрусу;

$\psi_{2,i}$ коефіцієнт поєднання для квазіпостійного значення змінного впливу i ;

$Q_{k,i}$ характеристична величина змінного впливу i .

Коефіцієнти поєднання змінного впливу $\psi_{2,i}$ приймають відповідно до таблиці A1.1 EN1990 [10], яка наведена в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Рекомендовані величини коефіцієнтів сполучень типу ψ_{2i} для будівель і споруд згідно EN1990 [10]

Прикладені навантаження на будівлі, категорія	Величини коефіцієнтів ψ_{2i}
Категорія А: Житлові будинки, житлові площі	0,3
Категорія В: Офісні площі	0,3
Категорія С: Приміщення з великим скупченням людей	0,6
Категорія D: Торговельні площі	0,6
Категорія Е: Склади	0,8
Категорія F: Проїзна частина, вага транспортного засобу ≤ 30 kN	0,6
Категорія G: Проїзна частина, 30 kN $<$ вага транспортного засобу ≤ 160 kN	0,3
Категорія H: Дахи	0
Примітки: 1. Снігові навантаження приймаються з коефіцієнтом 0,2. 2. Вітрові впливи на будівлі і температура (без пожежі) в будівлях не враховуються	

Аналогічні коефіцієнти сполучення наведені в ДБН В.1.1-12 [2] та в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Значення коефіцієнтів сполучень розрахункових навантажень відповідно до [2]

Види навантажень	Значення коефіцієнта сполучень розрахункових навантажень, ψ_c
Постійні для залізобетонних, кам'яних, дерев'яних конструкцій	0,9
Постійні для сталевих конструкцій	0,95
Тимчасові тривалі	0,8
Короточасні (на перекриття та покриття)	0,5

Температурні кліматичні впливи, вітрові навантаження, динамічні впливи від обладнання і транспорту, тормозні та бокові зусилля від руху кранів тощо, як правило, не враховуються.

Декілька прикладів формування сполучень дій для сейсмічних розрахункових ситуацій за результатами аналізу літературних джерел наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахункові комбінації дій з урахуванням сейсмічного впливу

Ч.ч.	Назва нормативного документу, джерело	Розрахункова комбінація
1	IBC 2009 [18] Міжнародний код	$1.2DL + 1.0LL \pm 1.0Ex;$ $1.2DL + 1.0LL \pm 1.0Ey;$ $0.9DL \pm 1.0Ex;$ $0.9DL \pm 1.0Ey$
2	UBC-97 [23] США	$1.1[1.2D + 0.5L \pm 1.0 (Eh + Ev)];$ $1.1[0.9D \pm 1.0 (Eh + Ev)]$
3	ASCE/SEI 7-05 [24] США	$1.2DL + 1.0E + LL + 0.2S;$ $DL + H + F + 0.7E;$ $DL + H + F + 0.7E + 0.7S;$ $0.6DL + 0.7E + H$
4	НТП РК 08-01.2-2012 Норми Казахстану [25]	$1.0DL + 1.0LL \pm 1.0Ex;$ $1.0DL + 1.0LL \pm 1.0Ey;$ $1.0DL + 1.0LL \pm 1.0Ex \pm 0.3Ey;$ $1.0DL + 1.0LL \pm 0.3Ex \pm 1.0Ey$
5	IS 1893:2016 [26] Код Індії	$1.2(DL+LL \pm Ex);$ $1.2(DL+LL \pm Ey)$
6	NBC 105:1994 [26] Код Непалу	$DL+1.3LL \pm Ey;$ $DL+1.3LL \pm Ex;$ $0.9 DL \pm 1.25Ex;$

		$0.9 DL \pm 1.25E_y$; $1.5(DL \pm E_x)$; $1.5(DL \pm E_y)$; $0.9 DL \pm 1.5E_x$; $0.9 DL \pm 1.5E_y$
7	TBDY-2018 [27] Код Туреччини	$1.0G + 1.0Q + 0.2S + 1.0Ed^{(H)} + 0.3Ed^{(Z)}$; $0.9G + 1.0Q + 0.2S + 1.0Ed^{(H)} - 0.3Ed^{(Z)}$
<p>Позначення.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. DL – власна вага, LL – корисне навантаження, WL – навантаження від вітру, E_h, E_v – сейсмічні дії вздовж горизонтальних та вертикальної осей, відповідно; E_x, E_y – сейсмічна дія вздовж осей X, Y 2. ASCE/SEI 7-05: H – відпір ґрунту; F – тиск рідини; S – снігове навантаження 3. TBDY-2018: G - власна вага, Q – постійне навантаження; $Ed^{(H)}$, $Ed^{(Z)}$ - сейсмічні дії вздовж горизонтальних та вертикальної осей, відповідно 		

Аналіз даних таблиці 1.4 свідчить про те, що в загальному вигляді в умовах сейсмічної розрахункової ситуації застосовуються три типи комбінацій:

- в яких вклад постійного навантаження підвищується, використовуючи множники в діапазоні 1,2 – 1,5;
- в яких постійне навантаження залишається без змін (множник 1,0);
- в яких вклад постійного навантаження зменшується, використовуючи множник 0,9.

Сейсмічна дія входить в комбінації навантажень з множниками ще у більшому діапазоні 0,7- 1,5, але переважно без змін (множник 1,0).

Аналізу результатів досліджень, присвячених оцінці впливу розрахункових комбінацій навантажень, в останні роки присвячено ряд публікацій [26, 28 - 31].

За винятком роботи [28], в якій способи комбінування різних навантажень аналізуються критично, виходячи з імовірнісних підходів, інші дослідження безпосередньо стосуються методів формування сполучень навантажень з урахуванням сейсмічного впливу.

В роботі [26] автори порівнюють результати розрахунків параметрів НДС конструкцій, отримані за розрахунковими комбінаціями відповідно до норм Індії та Непалу, на прикладі 22 поверхової залізобетонної каркасної будівлі (рис. 1.6). Будівля розмірами в плані 18,0 м × 18,0 м, з висотою поверху 4,0 м; регулярна в плані та за висотою; загальна висота складає 88,0 м. Несучими

конструкціями є колони перерізом $700\text{ мм} \times 700\text{ мм}$, ригелі перерізом $400\text{ мм} \times 500\text{ мм}$ та плити перекриття товщиною 200 мм .

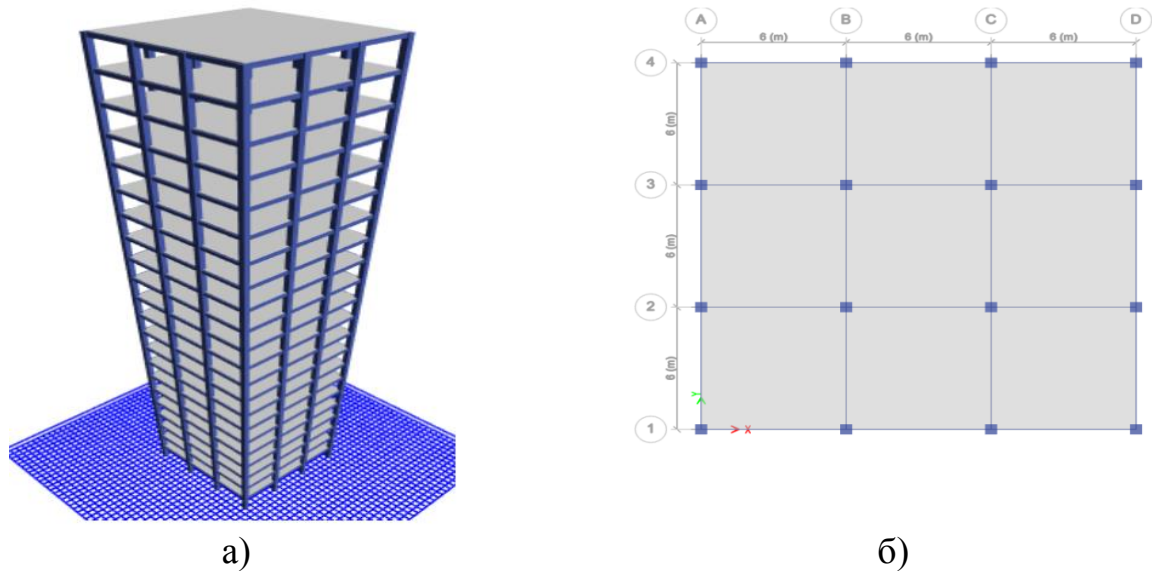
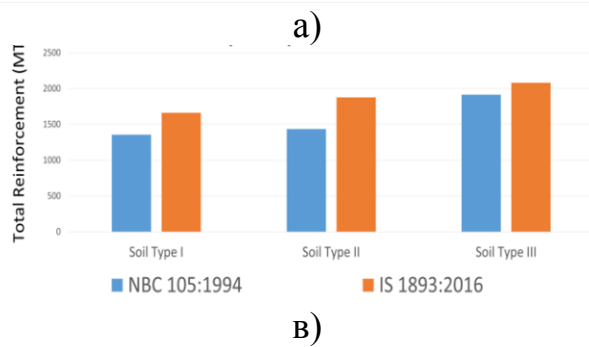
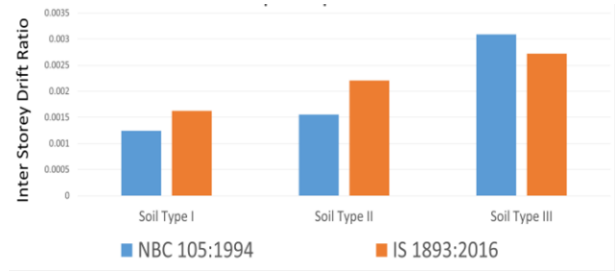
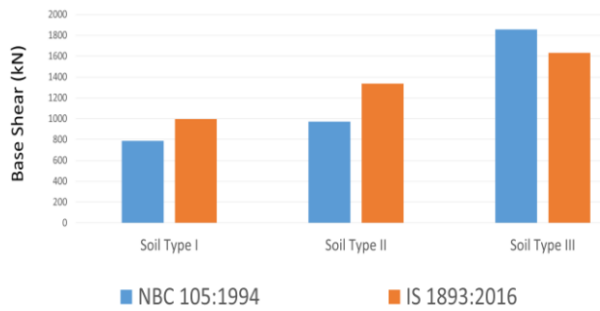


Рисунок 1.6 – Загальний вигляд (а) та план (б) 22-ти поверхової залізобетонної будівлі – об'єкту досліджень [26]

Параметри НДС конструкцій та сейсмічної реакції будівлі отримані в умовах сейсмічної розрахункової ситуації з використанням комбінацій навантажень, наведених в рядках 5 та 6 таблиці 1.4

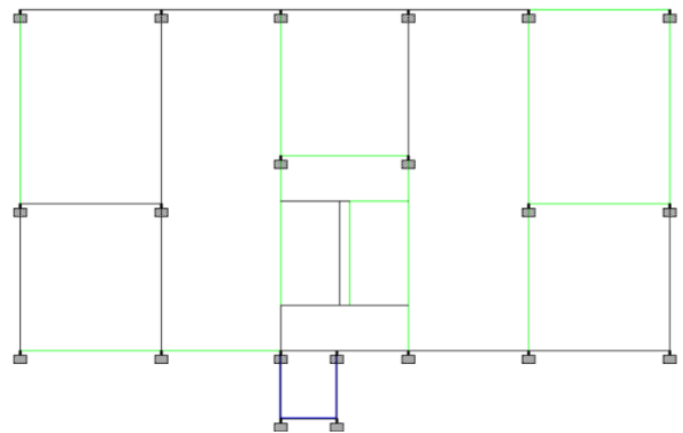
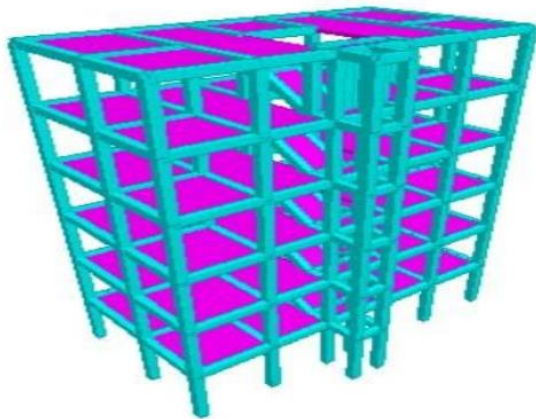
Результати порівняння параметрів НДС та сейсмічної реакції будівлі, отримані авторами [26], наведені на рис. 1.7. Як впливає із наведених на рис. 1.7 даних, комбінації навантажень IS 1893 призвели до більших значень сейсмічного зсуву та перекосу поверхів, ніж комбінації NBC 105. Це виглядає логічним з точки зору того, що в IS 1893 використовується множник 1,2 до всіх навантажень, на відміну від NBC 105, в яких для постійних та сейсмічних дій застосовується множник 1,0. Отримана різниця показників сейсмічної реакції заходиться в діапазоні 15-40% для різних типів ґрунтових умов.

В той же час на параметри розрахункового армування розглянуті комбінації вплинули протилежним чином (за виключенням третього типу ґрунтових умов). Отриманий результат досить складно пояснити, виходячи з того, що розрахункові зусилля та методи підбору розрахункового армування в статті не наведені.



б)
Рисунок 1.7 – Порівняння показників сейсмічної реакції конструкцій, отриманих для трьох типів ґрунтових умов відповідно до [26]:
а – сейсмічного зсуву в основі;
б – максимального перекосу поверхів;
в – загальної кількості армування

В статті [28] розглянуто приклад нерегулярної в плані 6-ти поверхової залізобетонної будівлі (рис.1.8). Будівля розмірами в плані 9,0 м × 18,0 м, з висотою поверху 3,0 м; загальна висота є 18,0 м. Несучими конструкціями є колони та ригелі перерізом 350 мм×350 мм та плити перекриття товщиною 125 мм.



а)
б)
Рисунок 1.8 – Загальний вигляд (а) та план (б) 6-ти поверхової залізобетонної будівлі – об'єкту досліджень [29]

Розрахунок моделі будівлі виконано з використанням ПК STAAD.pro на різні комбінації навантажень, зокрема постійного, корисного та вітрового навантаження та сейсмічної дії землетрусу інтенсивністю 7 балів.

Параметри НДС конструкцій порівнювались за значеннями поздовжньої та поперечної сил в колонах, згинальних моментів та прогинів в ригелях та переміщень поверхів, отриманих від двох комбінацій навантажень – несейсмічної з урахуванням вітрового навантаження та сейсмічної (рис. 1.9).

Значення переміщень будівлі у поперечному напрямку склали 2,4 мм та 5,5 мм відповідно від комбінацій дій без урахування та з урахуванням сейсмічної дії. Значення переміщень будівлі у вертикальному напрямку склали 0,9 мм та 2,8 мм відповідно від комбінацій дій без урахування та з урахуванням сейсмічної дії.

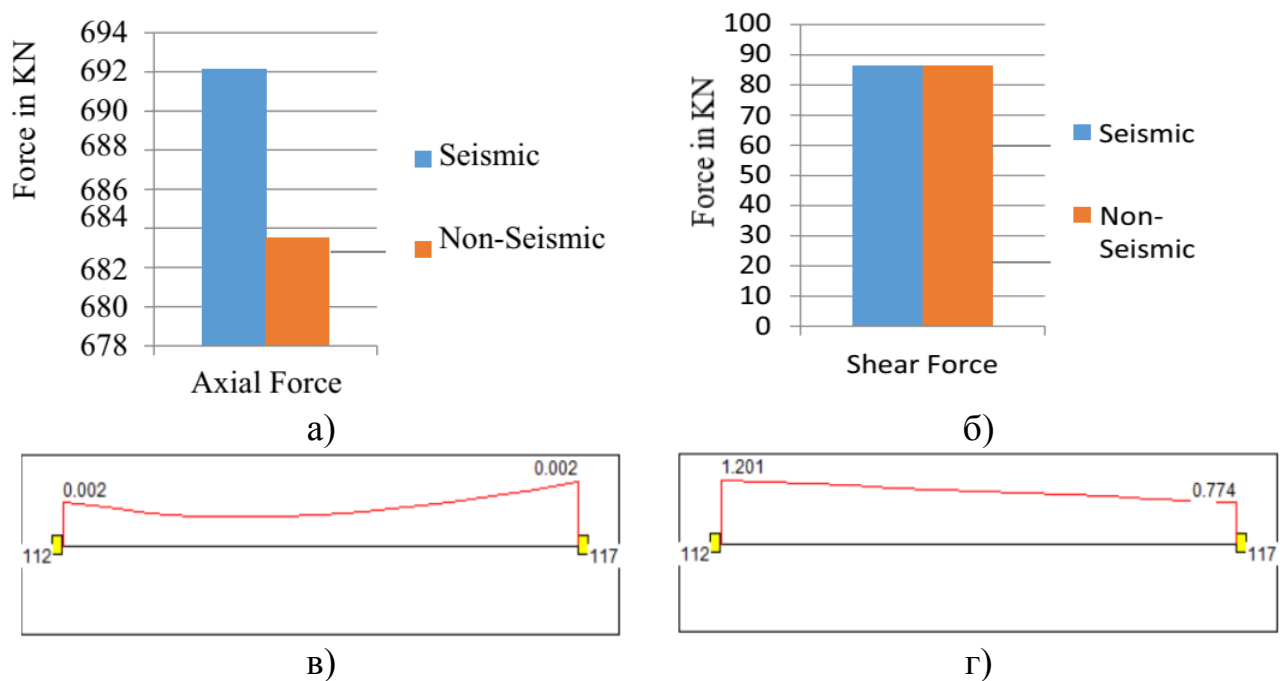


Рисунок 1.9 – Порівняння показників сейсмічної реакції конструкцій будівлі відповідно до [29]:

- а – поздовжньої сили в колонах; б - поперечної сили в колонах
- в – відносного прогину ригеля без урахуванням сейсмічної дії;
- г – відносного прогину ригеля з урахуванням сейсмічної дії

Таким чином, авторами [29] зафіксовано різницю в параметрах НДС конструкцій (поздовжніх силах в колонах, прогинах ригелів та переміщеннях) в умовах сейсмічної та несейсмічної комбінації дій. Незначні значення різниці в зусиллях (поздовжні сили), або навіть їх відсутність (поперечні сили) в публікації не аналізується. Отриманий результат може бути пов'язаний з особливостями визначення вітрового навантаження, яке в географічних умовах Індії цілком може дорівнювати сейсмічному навантаженню 7 балів. Проте

умови формування розрахункових комбінацій з урахуванням вітру в публікації не наведені.

Більш детально проаналізовано вплив розрахункових комбінацій на параметри НДС конструкцій в дослідженні [30]. Розглянуто два типи 5-ти поверхової залізобетонної будівлі (рис. 1.10) – регулярна (MRF) та нерегулярна в плані (MRF+SW). Розміри будівлі в плані 21,5 м × 14,5 м, з висотою поверху 3,0 м; загальна висота є 15,0 м. Несучими конструкціями є колони перерізом 300 мм×400 мм, ригелі перерізом 500 мм×250 мм та плити перекриття товщиною 150 мм. Нерегулярність в плані створюється включенням в конструктивну схему поперечної стіни товщиною 300 мм в осях 2-3/А.

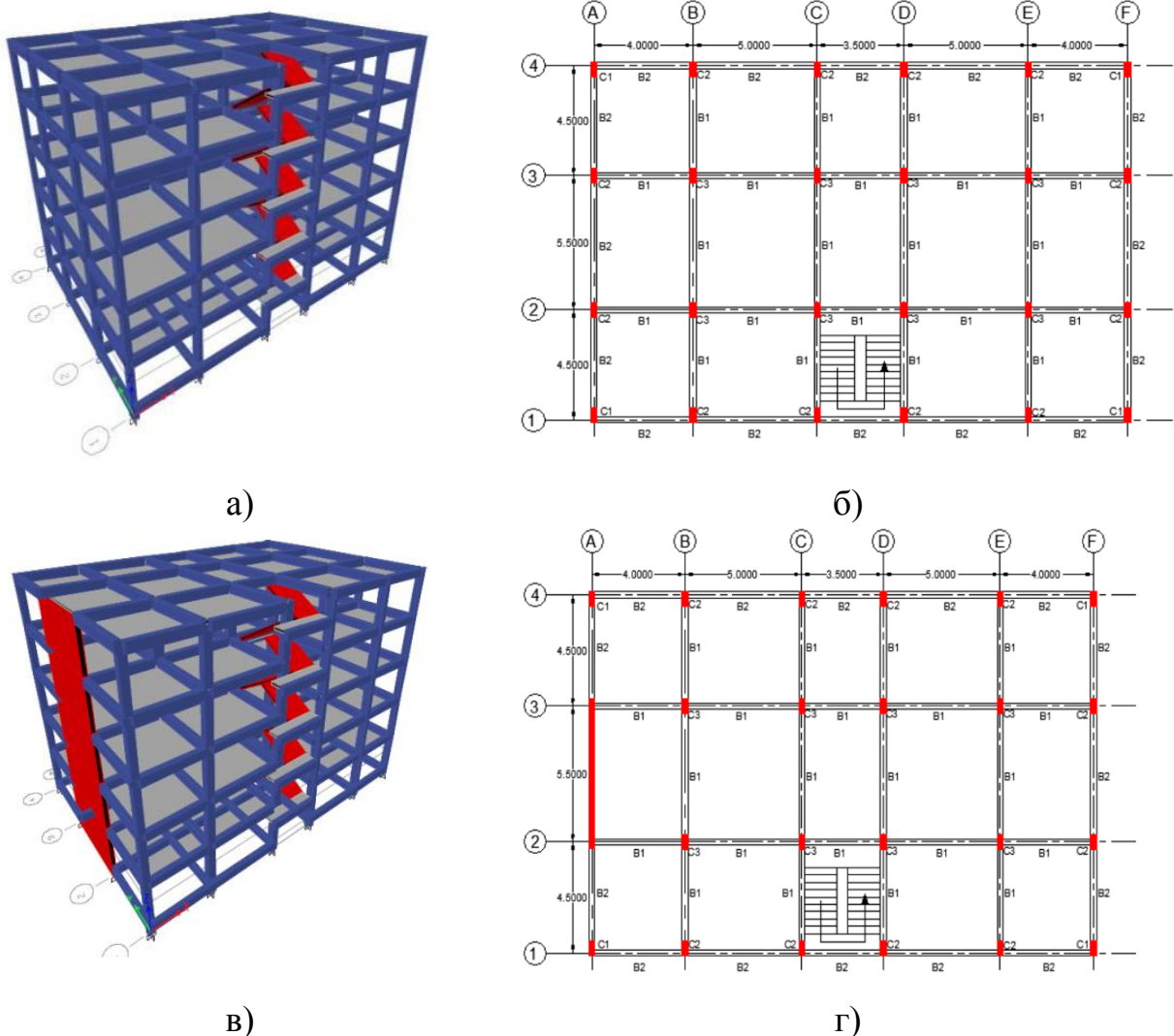


Рисунок 1.10 – Загальний вигляд та план 5-ти поверхової залізобетонної будівлі – об’єкту досліджень [30]:

а, б – регулярна в плані (MRF); в, г – нерегулярна в плані (MRF+SW)

Порівняння параметрів НДС конструкцій виконано в умовах сейсмічної розрахункової ситуації, складеної відповідно до IBC 2009, Єврокоду 8 та локальних норм NCSC 2015, які переважно ґрунтуються на положеннях Єврокоду 8, але використовує окремі підходи IBC 2009. Сполучення навантажень відповідно до використаних норм наведено на рис. 1.11.

Case	IBC2009	EC8	NCSC 2015
DL & LL	1.2 DL + 1.6 LL	1.35 DL + 1.5 LL	1.4 DL + 1.6 LL
	$1.2DL+1.0LL \pm 1.0E_x$	$1.0DL+0.3LL \pm 1.0E_x$	$1.0DL+1.0LL \pm 1.0E_x$
	$1.2DL+1.0LL \pm 1.0E_y$	$1.0DL+0.3LL \pm 1.0E_y$	$1.0DL+1.0LL \pm 1.0E_y$
DL, LL & E	—	$1.0DL+0.3LL \pm 1.0E_x$ $\pm 0.3E_y$	$1.0DL+1.0LL \pm 1.0E_x$ $\pm 0.3E_y$
	—	$1.0DL+0.3LL \pm 0.3E_x$ $\pm 1.0E_y$	$1.0DL+1.0LL \pm 0.3E_x$ $\pm 1.0E_y$
	—	—	—
DL & E	$0.9 DL \pm 1.0 E_x$	—	$0.9 DL \pm 1.0 E_x$
	$0.9 DL \pm 1.0 E_y$	—	$0.9 DL \pm 1.0 E_y$

Рисунок 1.11 – Порівняння розрахункових комбінацій навантажень, використаних у дослідженні [30]

Розрахунок моделей виконано з використанням ПК ETABS, в якому реалізована можливість завдання розрахункових комбінацій навантажень (рис. 1.12).

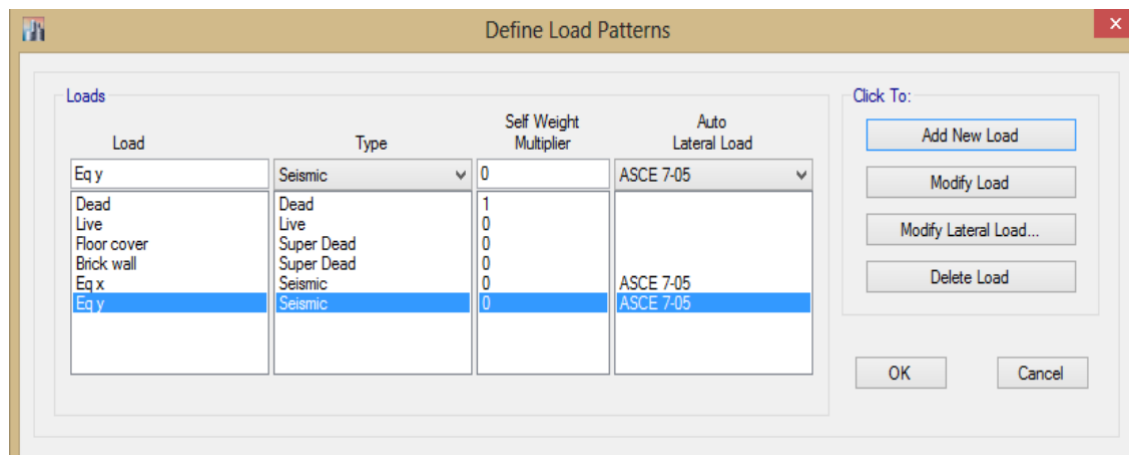
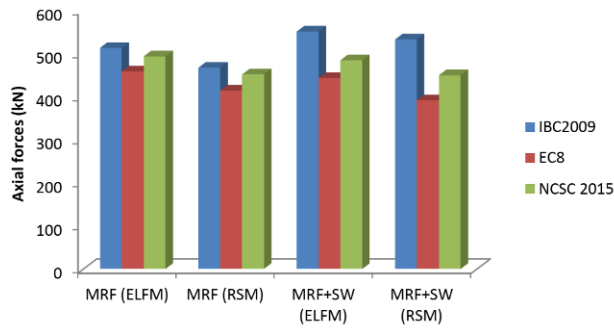
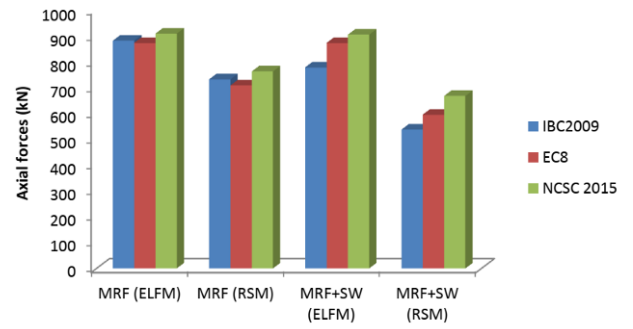


Рисунок 1.12 – Меню завдання розрахункових комбінацій навантажень в ПК ETABS [30]

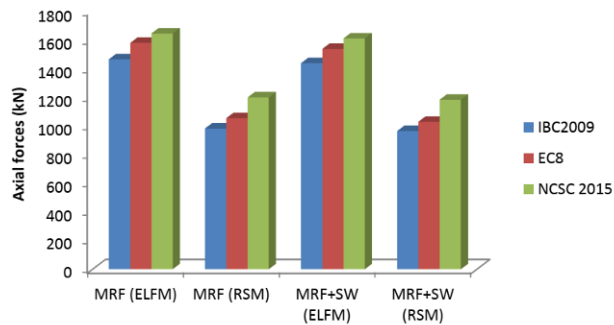
Проаналізовано значення поздовжніх сил та згинальні моменти в колонах будівлі - кутових, зовнішніх та внутрішніх. Результати отримано з двома методами розрахунку – еквівалентної поперечної сили (ELFM) та спектрального методу (RSM). Результати порівняння наведені на рис. 1.13, 1.14.



а)



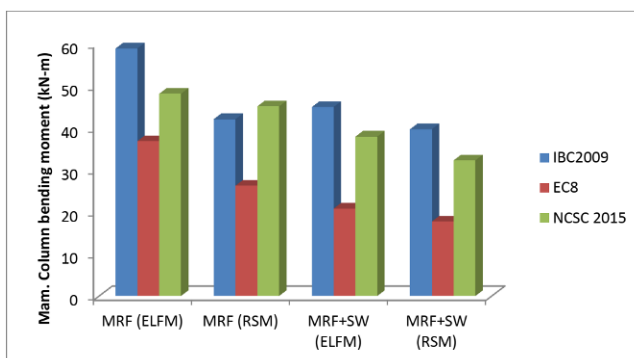
б)



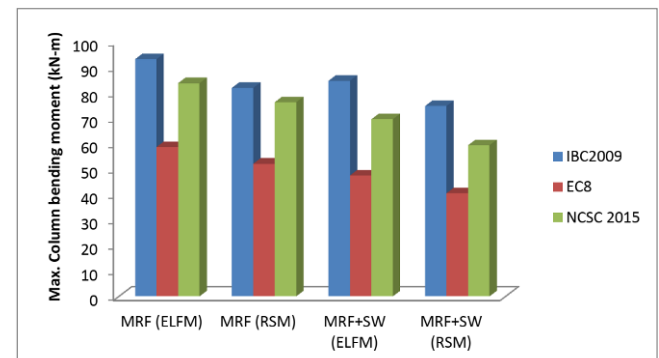
в)

Рисунок 1.13 – Порівняння поздовжніх сил в колонах будівлі за різними методами розрахунку:

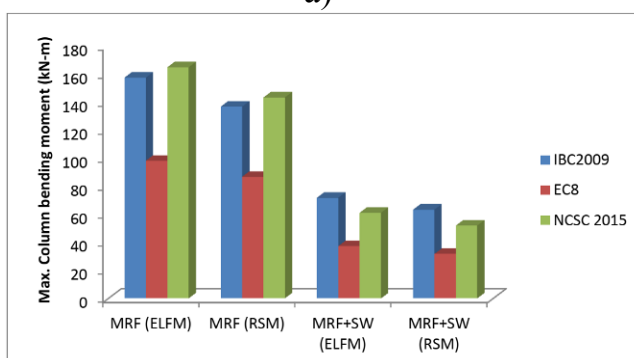
- а – кутових;
- б – зовнішніх;
- в – середніх



а)



б)



в)

Рисунок 1.14 – Порівняння згинальних моментів в колонах будівлі за різними методами розрахунку:

- а – кутових;
- б – зовнішніх;
- в – середніх

Аналіз результатів на наведених на рис. 1.13 свідчить проте, що різні коефіцієнти комбінації навантажень у сейсмічних нормах суттєво впливає на значення поздовжньої сили в колонах. У всіх випадках зусилля, отримані за NCSC 2015, виявились більшими ніж ті, що отримані за EC8. Причиною

очевидно є різні коефіцієнти сполучення змінних навантажень, які становлять 1,0 та 0,3 відповідно, при рівних коефіцієнтах для інших навантажень. Так само суттєво отримані зусилля залежать від розміщення колон у плані. Зокрема значення поздовжніх зусиль та згинальних моментів в крайніх та кутових колонах, які працюють в умовах позацентрового стиску, виявились більшими відповідно до IBC 2009 - саме в цьому коді постійні навантаження враховані з множником 1,2.

В розглянутих вище публікаціях при формуванні сейсмічної розрахункової ситуації враховувалась лише одна складова сейсмічного впливу – окремо горизонтальна, або окремо вертикальна компоненти. Проте аналізуючи дані таблиці 1.4 слід звернути увагу на те, що в UBC-97 [23] враховується одночасний вплив горизонтальних та вертикальної компонент сейсмічного впливу. Аналогічний підхід здобув поширення в сучасних нормативних документах, розроблених на основі Єврокоду-8 [3], зокрема у кодах Казахстану [25] та Туреччини [27]. Цей підхід застосований й у вітчизняних нормах ДБН В.1.1-12 [3]. Важливість врахування одночасного впливу всіх компонент випливає з просторової природи сейсмічних коливань та передумов, прийнятих у лінійно-спектральній теорії розрахунку.

1.5 Врахування багатоконпонентного характеру сейсмічного впливу

Сейсмічні коливання, що розповсюджуються від епіцентру землетрусу до майданчика розміщення будівельного об'єкту, є складним просторовим процесом. Для зручності цей процес представляють у вигляді трьох ортогональних складових – двох горизонтальних (радіальної - R, тангенціальної - T) та вертикальної (Z) (рис. 1.15).

Розрахунки будівель і споруд з урахуванням сейсмічного впливу у лінійній постановці виконують із використанням спектрального методу. Цей метод із різними модифікаціями використовується у більшості нормативних документах з сейсмостійкого будівництва, зокрема у вітчизняних будівельних нормах [2] та Єврокодi-8 [3].

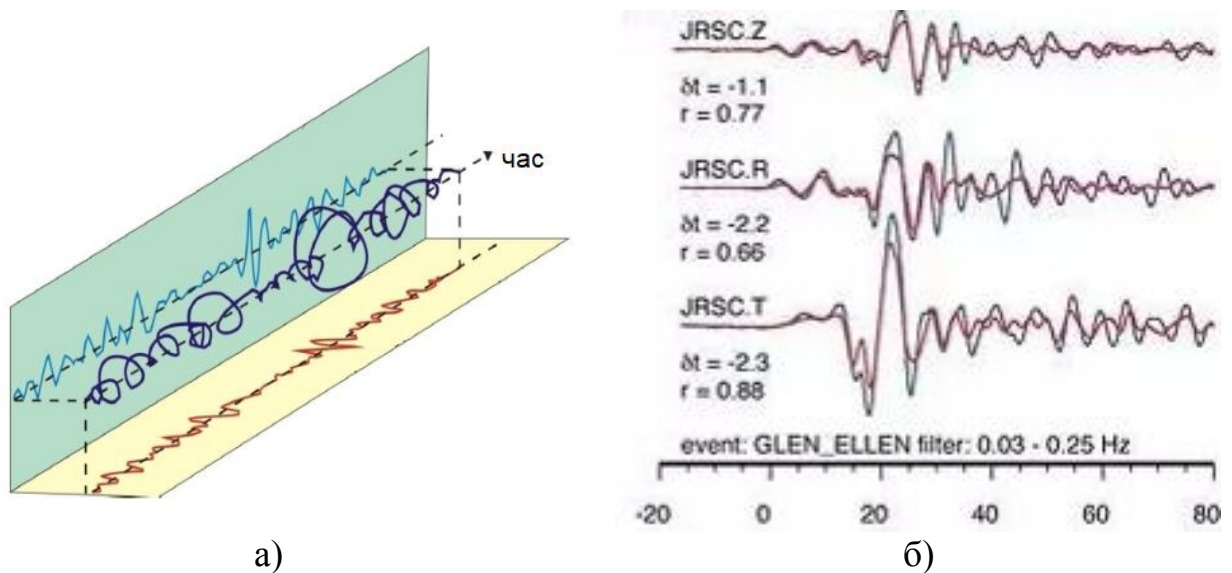


Рисунок 1.15 – Представлення процесу коливань ґрунту при землетрусах [32]:
 а - модель коливання точки на поверхні ґрунту;
 б - представлення коливань ґрунту при землетрусі в затоці Сан-Пабло (Каліфорнія, США) [8] у вигляді трьох складових Z, R, T

Методом передбачено виконання розрахунків на кожну з компонент сейсмічного впливу окремо з подальшим об'єднанням зусиль, отриманим за кожною компонентою. Альтернативним способом є врахування всіх компонент та застосування комбінацій їх одночасної дії для отримання результатів.

1.5.1 Комбінація компонентів сейсмічного впливу

Імовірнісний аналіз записів реальних землетрусів показує, що горизонтальні і вертикальні компоненти руху ґрунту статистично взаємно незалежні [33]. Тому ймовірність того, що максимуми реакції конструкцій на вплив цих компонентів збігатимуться за часом, дуже мала.

Способи врахування багатокомпонентності сейсмічного впливу застосовують як при динамічному аналізі, так і при розрахунках за лінійно-спектральною теорією.

Позначимо максимум відгуку в k -й точці системи на дію i -ї компоненти через R_{aki} . Якщо максимуми компонентів обчислені незалежно один від одного, то максимум сумарного відгуку R_{ak} можна знайти за «правилом ККСК» - квадратний корінь із суми квадратів реакцій:

$$R_{ak} = \pm \sqrt{\sum_{i=1}^3 R_{aki}^2}. \quad (1.9)$$

Отримана таким чином величина є найбільш ймовірним значенням сумарного відгуку.

Інший спосіб підсумовування зветься «Правило 100-40-40» і заснований на статистичному аналізі сейсмічних відгуків. Згідно з ним, в момент часу, коли відгук на одну з компонент, наприклад R_{ak1} досягає максимуму, по обом іншим компонентам він становить 40% від відповідних максимумів R_{ak2} та R_{ak3} . Таким чином, всі можливі комбінації реакції з урахуванням знаків записуються в наступному вигляді:

$$R_{ak} = \begin{cases} \pm(R_{ak1} + 0,4R_{ak2} + 0,4R_{ak3}); \\ \pm(0,4R_{ak1} + R_{ak2} + 0,4R_{ak3}); \\ \pm(0,4R_{ak1} + 0,4R_{ak2} + R_{ak3}). \end{cases} \quad (1.10)$$

Модифікація цього правила у вигляді «100-30-30» застосовується у Єврокодi 8[3] та нормах, розроблених на його основі.

При вирішенні методом динамічного аналізу нелінійних завдань правило ККСК для підсумовування компонентів використовувати не можна, тому що в цьому випадку не діє принцип суперпозиції. Правило «100-40-40» прийнятне і для таких завдань – для цього в кожному рядку запису (1.10) необхідно додати всі інші навантаження.

Ще одним способом є правило, яке застосовується при проектуванні АЕС [35]:

$$\begin{aligned} &\pm cF_x \pm cF_z + \text{всі інші навантаження}; \\ &\pm cF_y \pm cF_z + \text{всі інші навантаження}, \end{aligned}$$

де F_x , F_y , F_z – сейсмічні навантаження відповідно у двох горизонтальних та вертикальному напрямках; c – масштабний коефіцієнт.

В даному підході окремо розглядаються сейсмічні навантаження в кожному з горизонтальних напрямків у поєднанні з вертикальними

сейсмічними та іншими навантаженнями. Для врахування впливу другої горизонтальної компоненти введено коефіцієнт c , значення якого знаходиться в діапазоні $1 \leq c \leq \sqrt{2}$. З імовірнісних міркувань випливає що $c \approx 1,2$. Також слід зазначити, що горизонтальна компонента сейсмічного навантаження підсумовується з повним значенням вертикального навантаження, тобто правило ККСК не застосовується.

1.5.2 Комбінація відповідно до ДБН В.1.12 [2]

Розраховані значення зусиль, напружень, переміщень, деформацій, отримані за кожною компонентою окремо визначаються за формулою:

$$N = \sqrt{N_x^2 + N_y^2 + N_z^2}, \quad (1.11)$$

де N_x , N_y , N_z – значення відповідного параметра за сейсмічного впливу вздовж осі X , Y , Z .

1.5.3 Комбінація відповідно до Єврокоду-8 [3]

Для врахування ефектів одночасної дії горизонтальних і вертикальних компонент сейсмічного впливу можуть бути застосовані залежності типу (1.11) або альтернативні (1.12) - (1.14) для комбінації трьох компонентів сейсмічного впливу:

$$- E_{Edx} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edy} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edz}; \quad (1.12)$$

$$- 0,30 \cdot E_{Edx} \text{ “+” } E_{Edy} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edz}; \quad (1.13)$$

$$- 0,30 \cdot E_{Edx} \text{ “+” } 0,30 \cdot E_{Edy} \text{ “+” } E_{Edz}; \quad (1.14)$$

де “+” – мається на увазі «комбінація з ...»;

E_{Edx} і E_{Edy} – ефекти від застосування сейсмічного впливу вздовж горизонтальних осей X та Y відповідно;

E_{Edz} – ефекти від застосування сейсмічного впливу вздовж вертикальної осі Z .

1.6 Висновки за розділом

1. Розглянуто основні положення розрахунку будівель і споруд з урахуванням сейсмічного впливу в умовах розрахункової сейсмічної ситуації.

2. Встановлено, що підходи до формування розрахункових сейсмічних ситуацій залежать від призначення, рівня відповідальності, конструктивної схеми будівель і споруд, інтенсивності сейсмічного впливу, умов безпечної експлуатації та порушення нормальних умов експлуатації внаслідок аварійних впливів та проявів сейсмічної події.

3. На основі аналізу нормативних документів України, Європейського Союзу та інших країн, закордонних та вітчизняних публікацій визначені основні принципи складання розрахункових сейсмічних ситуацій, зокрема:

- у склад сейсмічної розрахункової ситуації крім сейсмічної дії обов'язково включають також постійні навантаження, змінні тривалі і короткочасні навантаження;

- в загальному вигляді в умовах сейсмічної розрахункової ситуації застосовуються три типи комбінацій:

- в яких вклад постійного навантаження підвищується, використовуючи множники в діапазоні 1,2 – 1,5;
- в яких постійне навантаження залишається без змін (множник 1,0);
- в яких вклад постійного навантаження зменшується, використовуючи множник 0,9;

- відповідно до сучасних нормативних документів сейсмічна дія входить в комбінації навантажень з множитком 1,0 (у випадку використання однієї складової) або з множниками, що відповідають прийнятим правилам сполучення складових, наприклад «100-30-30»;

- температурно-кліматичні впливи, динамічні впливи від обладнання і транспорту, гальмівні та бокові зусилля від руху кранів тощо, як правило, не враховуються; снігове та вітрове навантаження можуть бути включені до комбінації з суттєво понижуючими коефіцієнтами;

- різні підходи до комбінацій навантажень з урахуванням сейсмічної дії суттєво впливають на параметри сейсмічної реакції та НДС конструкцій, тому питанню формування розрахункових комбінацій приділяється особлива увага при розробці нових нормативних вимог з сейсмостійкого будівництва.

4. Розглянуто та окреслено області застосування різних способів комбінації компонентів сейсмічного впливу, що застосовуються у практиці проектування та положеннях нормативних документів.

5. Сучасні методи розрахунку з урахуванням сейсмічного впливу, зокрема ті, що передбачені ДБН В.1.1-12 [2] та Єврокоду-8 [3], передбачають широке використання програмних засобів розрахунку. Застосування програмних комплексів, таких як ПК «ЛІРА САПР» та інших, є необхідним у процесі розрахунків та проектування сучасних сейсмостійких будівель і споруд.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ НА ОСНОВІ ЧИСЕЛЬНИХ МОДЕЛЮВАНЬ

2.1 Загальні положення

На основі аналізу сучасного стану теорії та практики розрахунків конструкцій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії, наведеного в розділі 1, запропоновано напрямок, основні етапи та послідовність теоретичних досліджень, які наведені на рисунку 2.1 у вигляді блок-схеми.

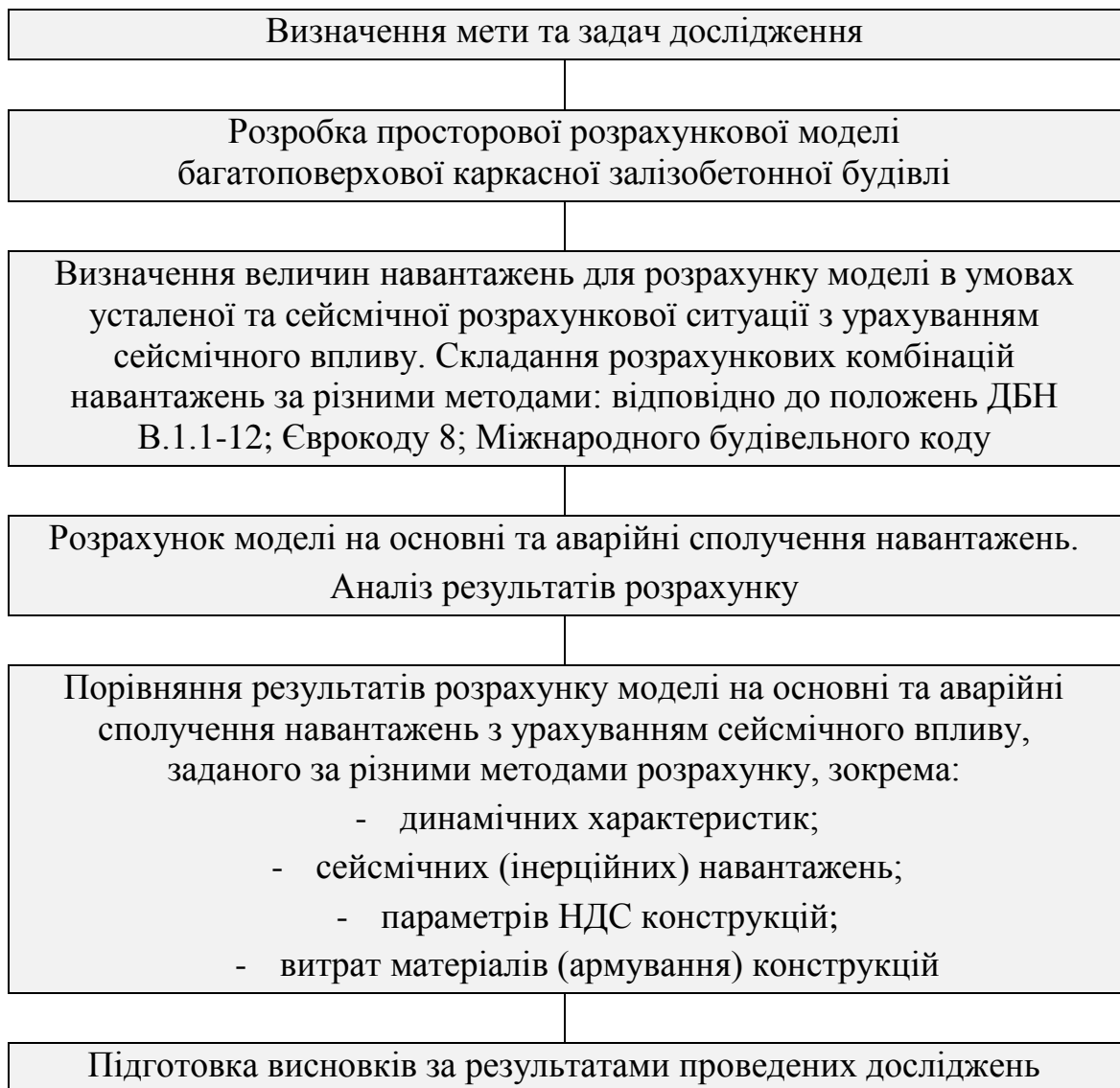


Рисунок 2.1 – Блок-схема основних етапів дослідження

В наступних підрозділах наведено обґрунтування напрямку, мети та задач дослідження, застосовані методи та засоби вирішення задач.

2.2 Визначення мети та задач дослідження

Метою досліджень є вивчення та порівняльний аналіз сучасних методів розрахунку будівельних конструкцій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії у складі сейсмічних розрахункових ситуацій.

Задачами дослідження є наступні:

- розробка просторової розрахункової моделі багатоповерхової каркасної залізобетонної будівлі з використанням ПК «ЛІРА САПР»;
- визначення величин навантажень для розрахунку моделі з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивності 7-8 балів;
- моделювання сейсмічної дії за спектральним методом ДБН В.1.1-12 [2] з урахуванням декількох компонент та просторового характеру впливу;
- формування сейсмічної розрахункової ситуації за різними підходами:
 - державних будівельних норм України ДБН В.1.1-12 [2];
 - норм Європейського союзу EN1998-1 [3];
 - міжнародного будівельного коду [18];
- виконання розрахунку розробленої моделі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації;
- аналіз результатів розрахунку моделі:
 - динамічних характеристик моделі;
 - сейсмічних (інерційних) навантажень;
 - параметрів НДС основних несучих конструкцій;
 - витрат матеріалів (армування) конструкцій.
- підготовка висновків за результатами проведених досліджень.

Об'єктом досліджень є 14-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

Предметом дослідження є параметри НДС конструкцій, визначені за результатами розрахунку в умовах сейсмічної розрахункової ситуації, сформованої з використанням різних методів та врахуванням декількох компонент та просторового характеру впливу.

Методи дослідження.

Для досягнення мети та рішення поставлених завдань використовуються наступні методи досліджень:

- теоретичні (числове моделювання) дослідження параметрів НДС будівельних конструкцій з урахуванням сейсмічної дії, заданої відповідно до різних методів, на основі аналітичної комп'ютерної моделі багатопверхового залізобетонного каркасного будинку;
- аналіз результатів розрахунку за визначеними параметрами динамічної реакції та НДС конструкцій, витрат матеріалів несучих конструкцій, зокрема у порівнянні із граничними значеннями відповідно до вимог нормативних документів (розділ 3).

2.3 Опис програмного комплексу розрахунку

Сучасні методи розрахунку на сейсмічні навантаження дозволяють вирішувати практичні питання розрахунку і проектування будівель з урахуванням їх просторової роботи.

Практично незамінну перевагу надає використання програмних комплексів (ПК) розрахунку, зокрема «ЛІРА-САПР» [36], «МОНОМАХ» [37], «САПФІР» [38], «СКАД Софт» [39] та інших.

Для виконання розрахунків у складі досліджень обрано ПК «ЛІРА-САПР» - багатофункціональний програмний комплекс для розрахунку і проектування конструкцій різного призначення. В ПК «ЛІРА-САПР» реалізовано метод скінченних елементів (МСЕ) у формі переміщень.

Розрахунок будівельних конструкцій з використанням МСЕ є представлення пружних систем у вигляді набору елементів з скінченим числом ступенів свободи, які з'єднуються між собою у вузлових точках. Таке представлення системи призводить до повної формалізації всіх етапів

розрахунку. Підхід до розв'язання задачі є єдиним як для стержневих систем, так і для пластин, оболонки, об'ємних тіл тощо [36].

ПК «ЛІРА-САПР» містить 24 розрахункові модулі, які дають можливість розрахунку будівельних конструкцій на сейсмічні навантаження. Зокрема, в ПК «ЛІРА-САПР» реалізовані всі методи розрахунку, передбачені ДБН В.1.1-12 [2], спектральний метод розрахунку відповідно до нормативних документів країн Європейського Союзу (Єврокод 8 [3]), США, Азербайджану, Вірменії, Грузії, Узбекистану та інших, а також прямий динамічний метод з використанням трикомпонентних акселерограм.

Для виконання розрахунків в рамках цього дослідження будуть використані наступні модулі ПК «ЛІРА-САПР»:

- Модуль 36 – спектральний метод відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
- Модуль 44 – спектральний метод відповідно до EN1998-1 [3].

Нижче наведено стислий опис кожного з модулів.

2.3.1 Модуль 36 - спектральний метод відповідно до ДБН В.1.1-12 [2]

Загальний вигляд меню завдання динамічних навантажень з обраним модулем 36 ПК «ЛІРА САПР» наведено на рис. 2.2, а; меню завдання вихідних даних для розрахунку – на рис. 2.2, б.

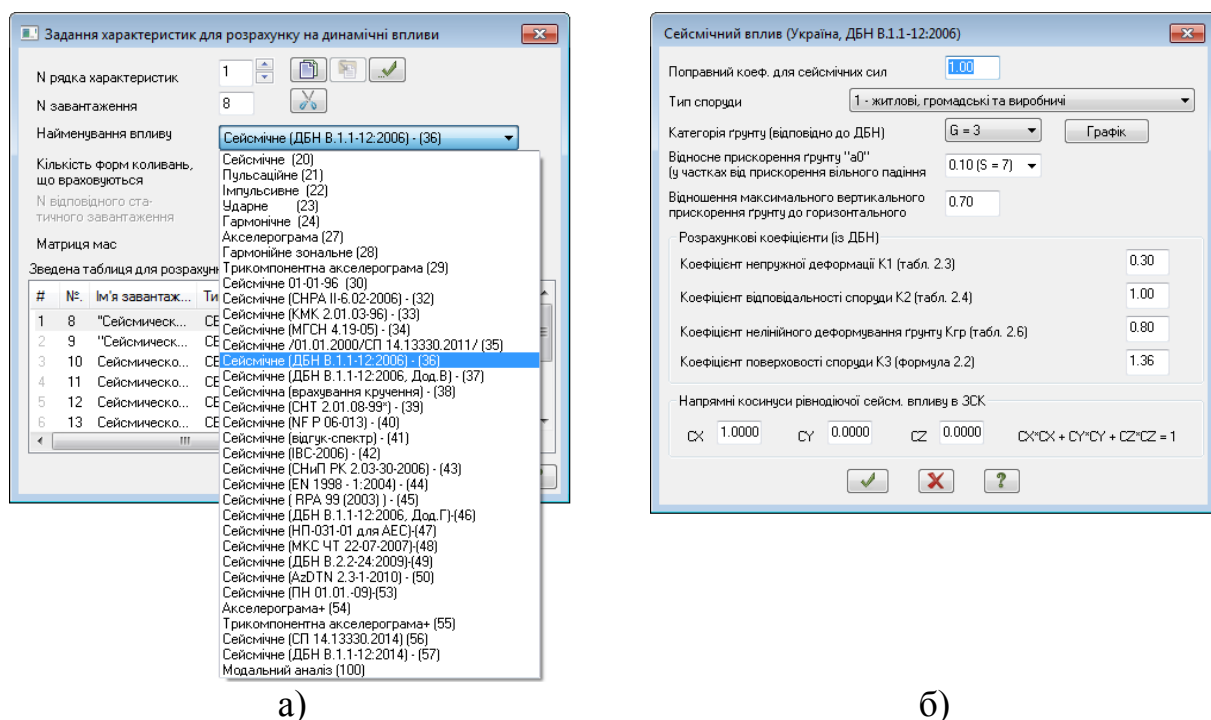


Рисунок 2.2 – Меню модуля 36 «ПК «ЛІРА САПР»» для завдання сейсмічного навантаження за спектральним методом ДБН В.1.1-12 [2]

У відповідних полях вводиться чисельне значення поправочного коефіцієнта для сейсмічних сил (за замовчуванням дорівнює одиниці).

Зі списку обирається тип споруди (1 - житлові, громадські та виробничі; 2 - транспортні; 3 - гідротехнічні; 4 - мостові, 5 - стійкість схилу).

Зі списку обирається категорія ґрунту за сейсмічними властивостями (G).

Зі списку вибирається чисельне значення відносного прискорення ґрунту a_0 (безрозмірна величина в частках від прискорення вільного падіння g). Для a_0 допускається завдання нестандартних значень.

У відповідних полях введення необхідно вказати значення коефіцієнтів k_1 (таблиця 6.3 [2]), k_2 (таблиця 6.4 [2]), k_3 (формула 6.2 [2]) и k_{sp} (таблиця 6.6 [2]), а також величину відношення максимального вертикального прискорення ґрунту до горизонтального.

Напрямок сейсмічної дії задається направляючими косинусами CX , CY і CZ . Зважаючи на те, що умова $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$ завжди має дотримуватися, достатньо задати два косинуса з трьох. Третій встановлюється автоматично.

2.3.2 Модуль 44 - спектральний метод відповідно до EN1998-1 [3]

Загальний вигляд меню завдання динамічних навантажень з обраним модулем 44 ПК «ЛІРА-САПР» наведено на рис. 2.3, а; меню завдання вихідних даних для розрахунку – на рис. 2.3, б.

Задається чисельне значення поправочного коефіцієнта для сейсмічних сил (за замовчуванням дорівнює одиниці). Цей коефіцієнт задається відмінним від одиниці, коли є необхідність провести розрахунок на якусь нестандартну сейсмічну дію.

У відповідних полях введення необхідно вказати наступні величини:

- розрахункове прискорення ґрунту в m/s^2 ;
- тип спектра реакції - 1 або 2;
- тип ґрунту А, В, С, D, Е;
- фактор поведінки;
- фактор регіону;
- фактор нижньої межі спектра.

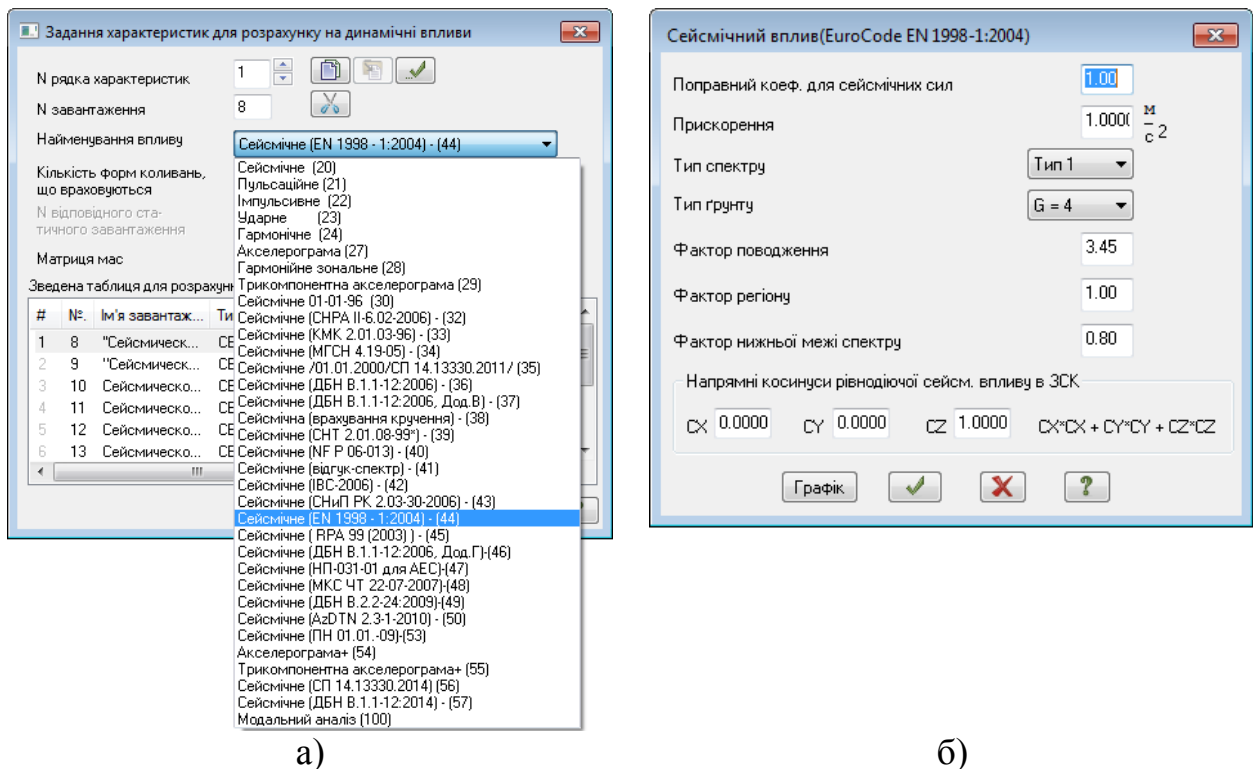


Рисунок 2.3 – Меню модуля 44 «ПК «ЛІРА САПР»» для завдання сейсмічного навантаження за спектральним методом EN1998-1 [3]

Напрямок сейсмічної дії задано направляючими косинусами CX , CY і CZ . Зважаючи на те, що умова $CX^2 + CY^2 + CZ^2 = 1$ завжди має дотримуватися, достатньо задати два косинуса з трьох. Третій встановлюється автоматично.

2.3.3 Формування динамічних завантажень із статичних

Діалогове вікно призначене для завдання інформації про статичні навантаження (маси), які мають бути враховані при формуванні сейсмічного навантаження. Загальний вигляд вікна наведено на рис. 2.4.

Маса може бути накопичена або з статичних завантажень (одного або декількох) - код 1, або з щільності матеріалу, заданої при описі параметрів жорсткості, - код 2. Необхідний код вказується за допомогою відповідної радіо-кнопки.

У відповідних полях введення задається номер динамічного завантаження, номер існуючого статичного завантаження і коефіцієнт перетворення.

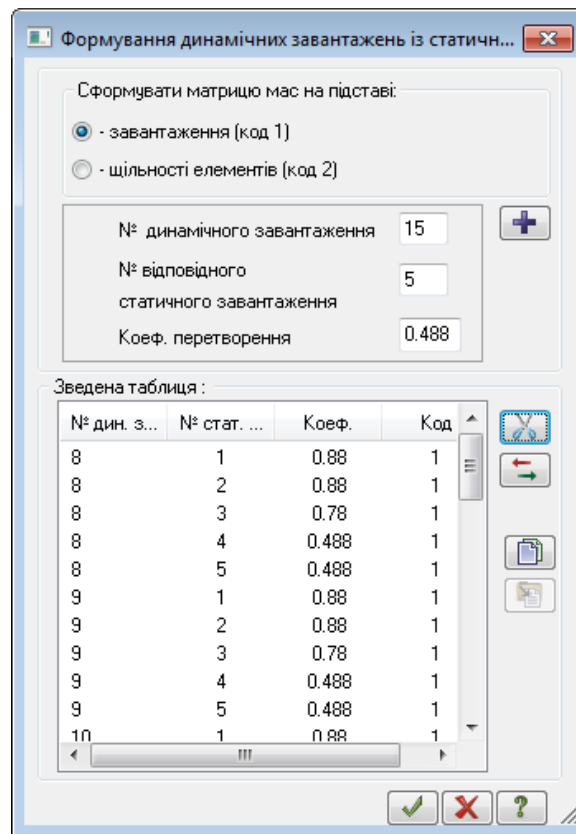


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд меню ПК «ЛІРА-САПР» для формування динамічних навантажень з статичних

2.3.4 Розрахункові сполучення навантажень

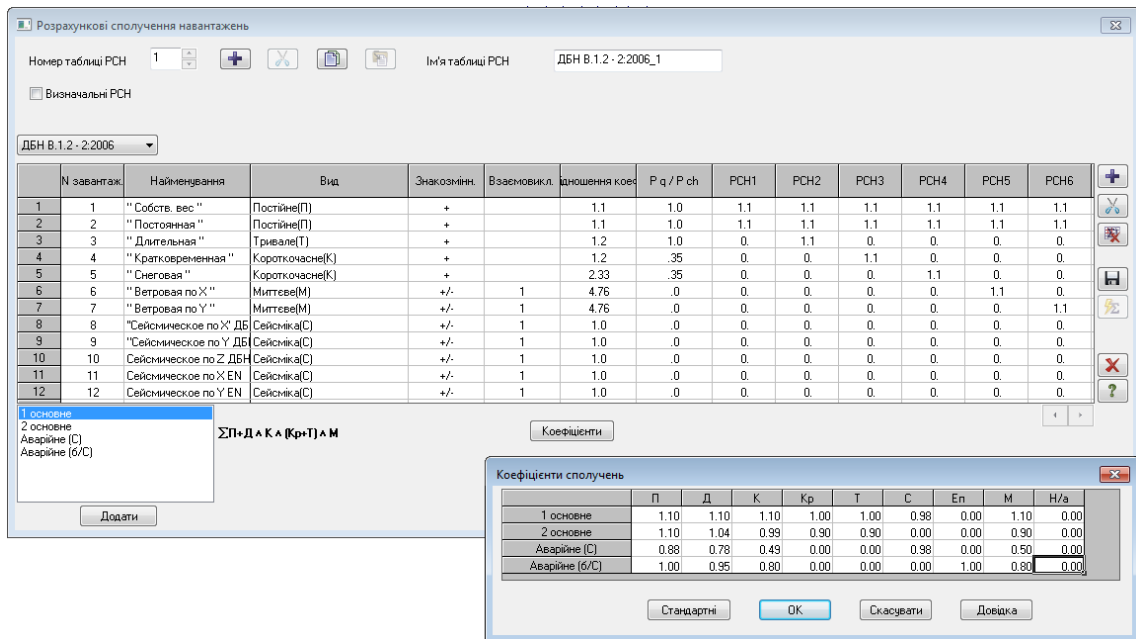
Система РСН - це процесор, призначений для обчислення переміщень у вузлах і зусиль (напружень) в елементах від стандартних і довільних лінійних комбінацій навантажень. Під стандартними лінійними комбінаціями маються на увазі сполучення, які встановлені нормативними документами (рис. 2.5).

Кількість таблиць РСН не обмежується.

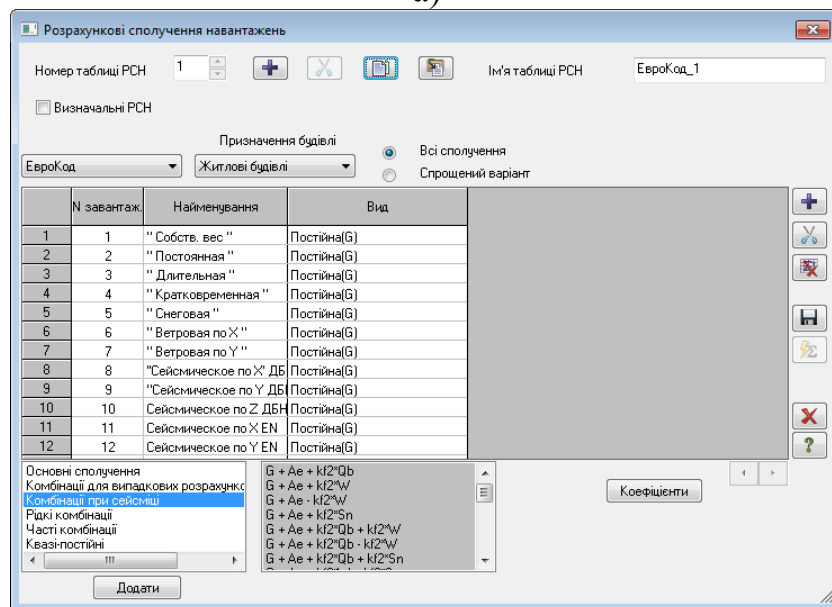
Встановлений прапорець «Визначальні РСН» дозволяє при розрахунку розглядати отримані РСН як взаємовиключні і відібрати найбільш небезпечні з них на підставі критеріїв вибору РСЗ.

У діалоговому вікні необхідно вибрати зі списку назву необхідного нормативу. Залежно від цього у вікні змінюється набір відповідних формул обчислення комбінацій, а також і набір функціональних кнопок.

Під кнопкою «Коефіцієнти» знаходиться меню, в якому можна задати відповідні значення поєднання для окремих навантажень та типів РСН.



а)



б)

Рисунок 2.5 - Загальний вигляд меню процесору ПК «ЛІРА-САПР» для формування розрахункових сполучень навантажень:
а - відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
б – відповідно до Єврокод-8 [3]

Незалежно від обраного нормативу обчислення РСН в діалоговому вікні задіяні також такі кнопки:

- *Сполучення користувача* – завдання стовпців з довільними коефіцієнтами сполучень;
- *Видалити сполучення* – видалити заданий стовпець сполучень;
- *Видалити всі сполучення* – видалити всі задані стовпці сполучень;

- *Розрахунок* – команда запуску задачі на розрахунок;
- *Вихід* – вихід з вікна системи РСН.

2.3.5 Результати розрахунку

Крім стандартних параметрів напружено-деформованого стану СЕ розрахункової схеми (переміщень, внутрішніх зусиль, напружень тощо) результатами розрахунку на сейсмічні навантаження в ПК «ЛІРА САПР» є:

- частоти власних коливань;
- форми (координати) власних коливань;
- маси, зосереджені в вузлах розрахункової схеми;
- інерційні навантаження, зосереджені в вузлах розрахункової схеми.

Таблиці результатів формуються у вигляді інтерактивних або стандартних таблиць, які формуються автоматично за допомогою редактора ПК «ЛІРА САПР» (рис. 2.6), для кожної з складових сейсмічного впливу.

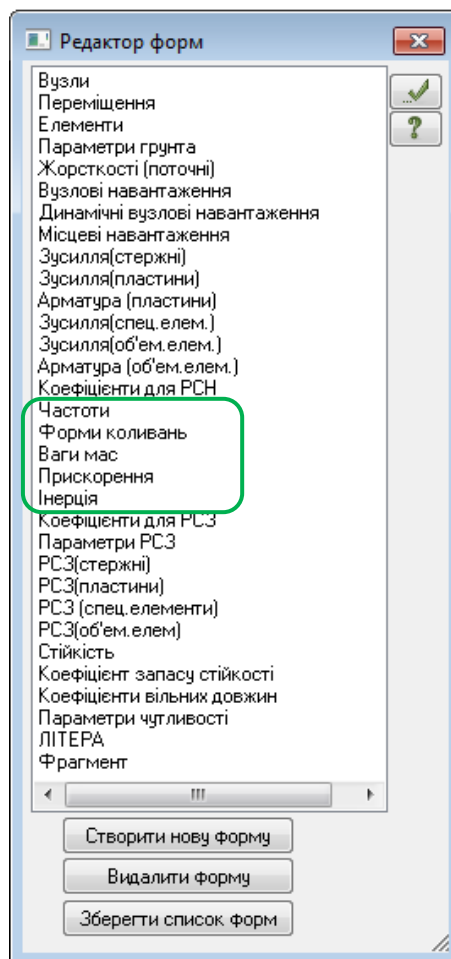


Рисунок 2.6 – Меню «Редактор форм» ПК «ЛІРА-САПР» для формування результатів розрахунку на сейсмічний вплив

2.4 Розробка комп'ютерної моделі будівлі

2.4.1 Опис комп'ютерної моделі будівлі

Розрахунки комп'ютерної моделі будівлі виконані за допомогою програмного комплексу (ПК) «ЛІРА САПР» [9], який є комп'ютерною системою для структурного аналізу і проектування.

Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі секції 14-ти поверхової будівлі наведена на рис. 2.7.

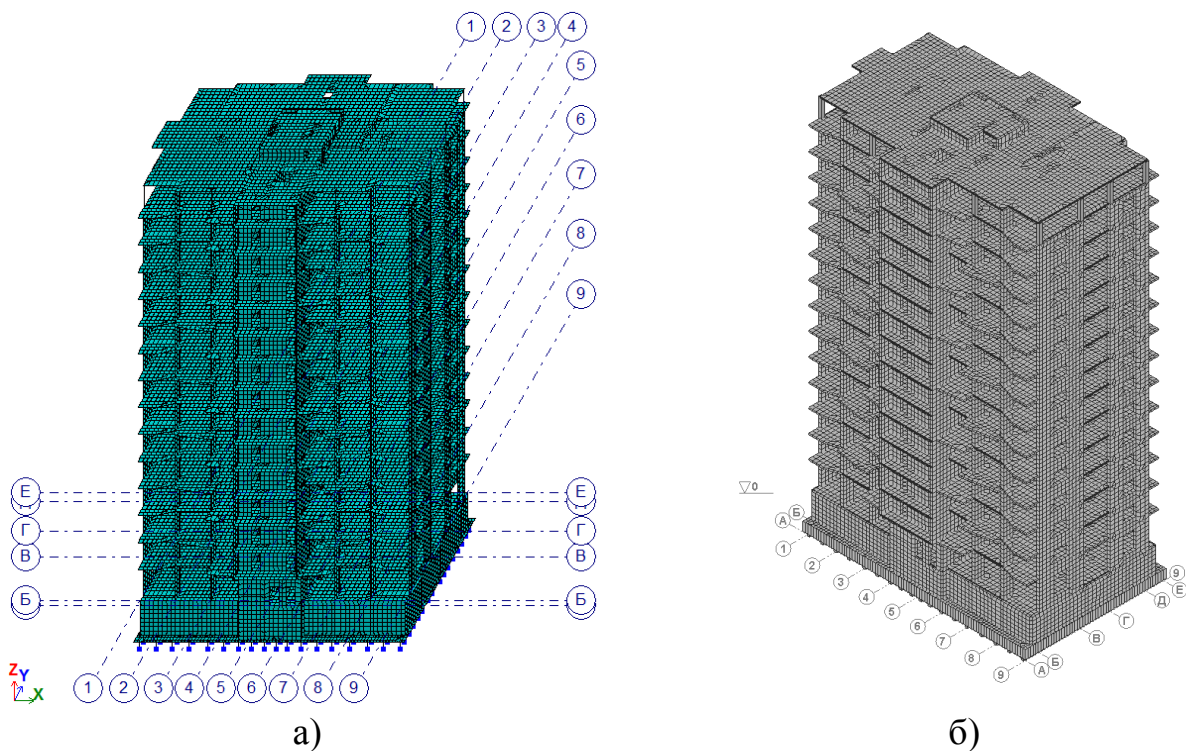


Рисунок 2.7 - Загальний вигляд тривимірної комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку

Розрахункова модель будівлі включає підвальний, перший поверх, 13 житлових поверхів і технічний поверх. Загальна висота від фундаментної плити до покриття машинного приміщення ліфта - 49,8 м.

Графічне відображення елементів розрахункової схеми на характерних відмітках будівлі наведено на рисунках 2.8 – 2.13.

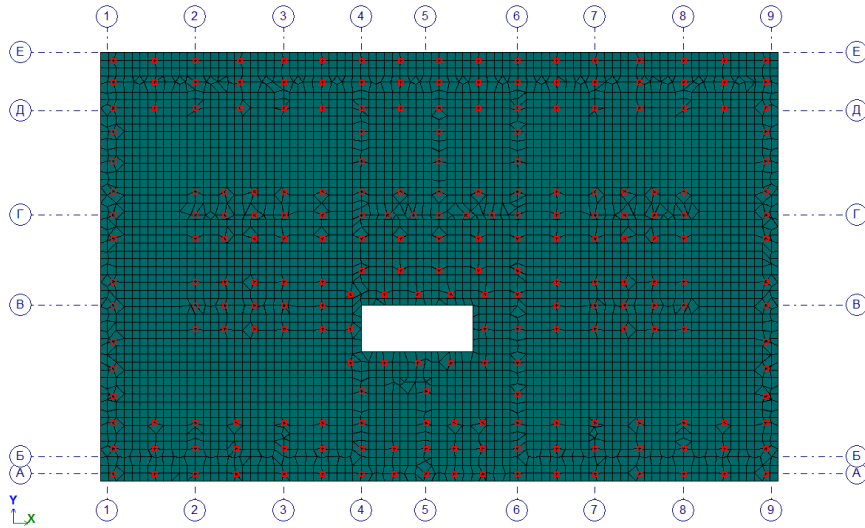


Рисунок 2.8 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Плитний ростверк і пальове поле

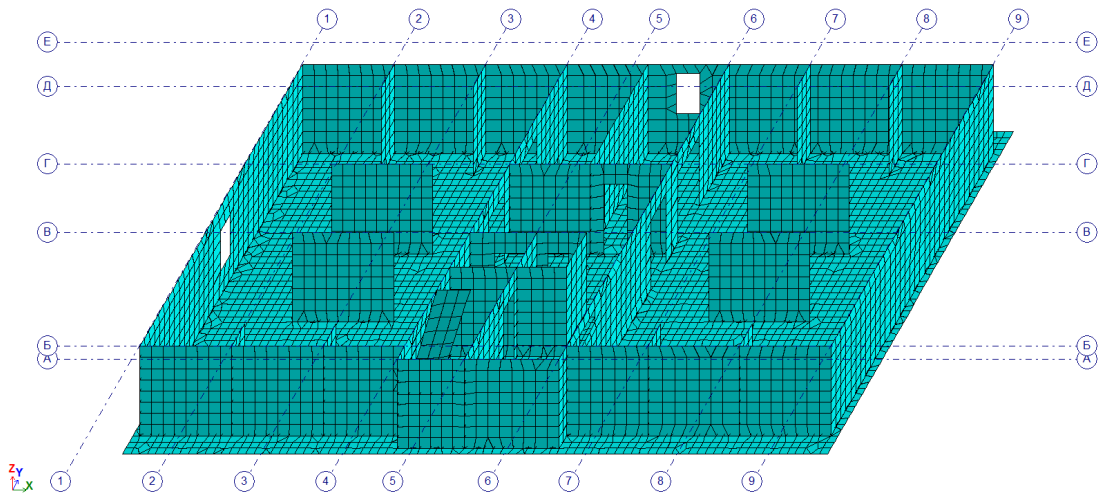


Рисунок 2.9 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Підвальний поверх

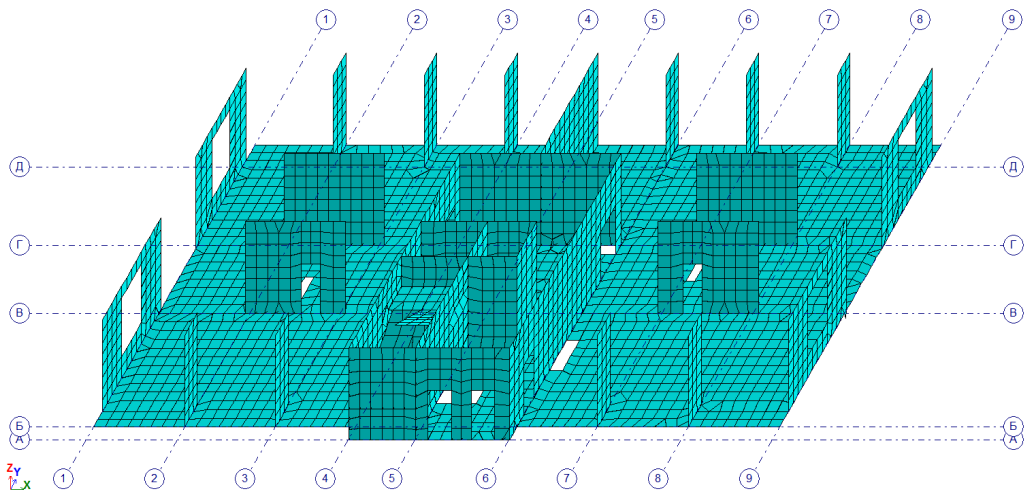


Рисунок 2.10 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Перший поверх

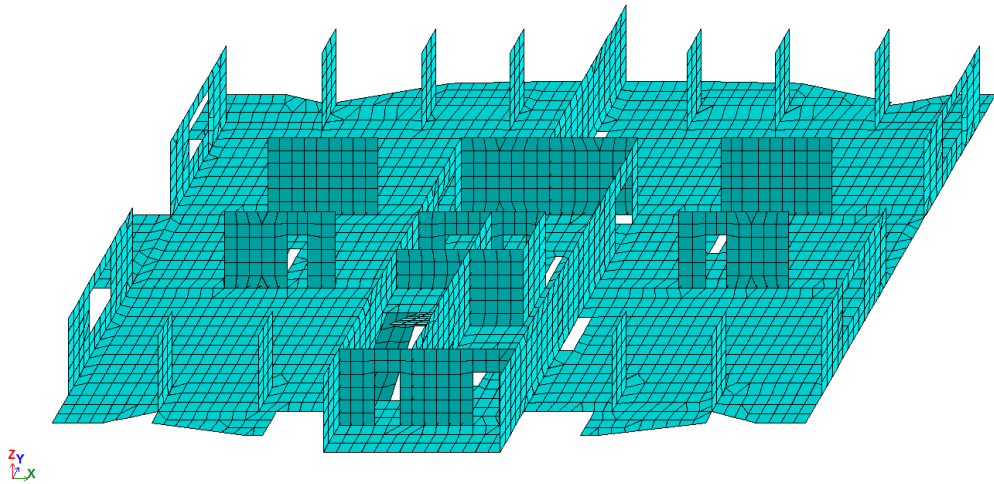


Рисунок 2.11 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Типовий поверх

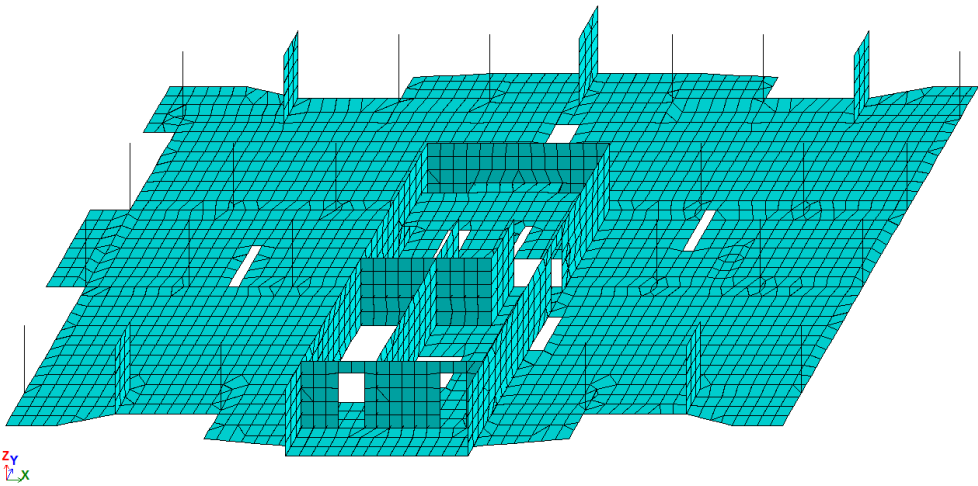


Рисунок 2.12 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Технічний поверх

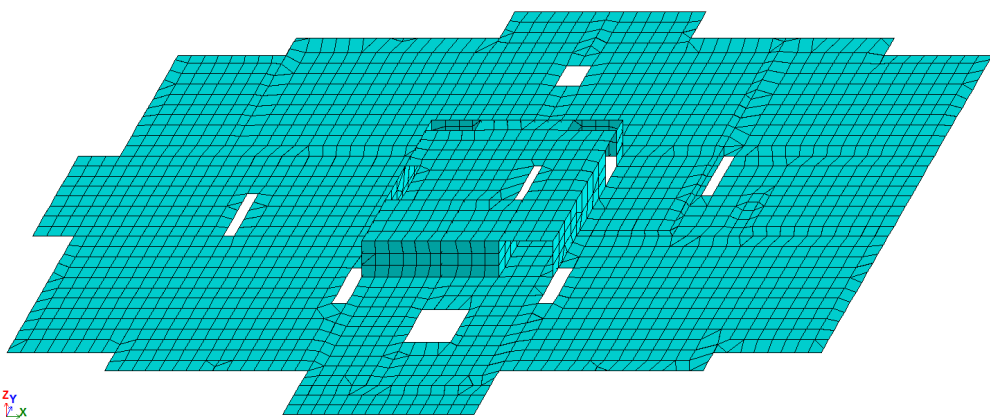


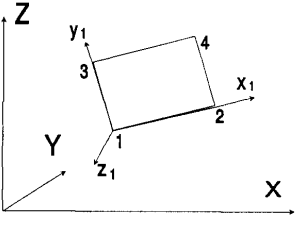
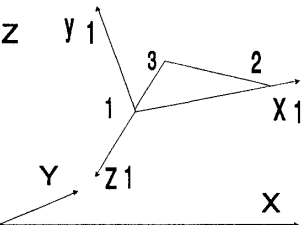
Рисунок 2.13 – Фрагмент комп'ютерної моделі 14-ти поверхового будинку.
Покрівля

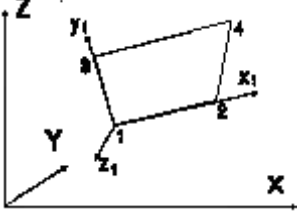
Розрахункову схему прийнято у вигляді просторової системи, що відображає конструктивне рішення будівлі і включає стрижневі скінчені елементи, що моделюють роботу колон і паль, і оболонкові скінчені елементи, що моделюють роботу перекриттів, діафрагм жорсткості і плитного розтертку (таблиця 2.1). Жорсткісні характеристики елементів наведені в таблиці 2.2.

Сполучення несучих елементів між собою - жорстке.

Палі змодельовані стержневими СЕ жорсткістю 5560 т/м.

Таблиця 2.1 - Опис типів скінчених елементів, використаних у комп'ютерній моделі будівлі

№ СЕ	Найменування СЕ	Площина розташування	Ступені свободи	Коментарі
1	2	3	4	5
10	Універсальний стержень 	довільно	X,Y,Z, UX,UY,UZ	1. Використовується для одно-, двух- і тривимірних завдань.
41	Універсальний прямокутний елемент оболонки 	довільно	X,Y,Z UX,UY,UZ	1. Допускається наявність пружної основи. 2. Враховуються властивості матеріалу : - ізотропія; - трансверсальна ізотропія; - ортотропія; - анізотропія
42	Універсальний трикутний елемент оболонки 	довільно	X,Y,Z, UX,UY,UZ	1. Допускається наявність пружної основи. 2. Враховуються властивості матеріалу : - ізотропія; - трансверсальна ізотропія; - ортотропія; - анізотропія

№ СЕ	Найменування СЕ	Площина розташуван ня	Ступені свободи	Коментарі
1	2	3	4	5
44	Універсальний чотирикутний елемент оболонки 	довільно	X,Y,Z UX,UY,UZ	1. Допускається наявність пружної основи. 2. Враховуються властивості матеріалу : - ізотропія; - трансверсальна ізотропія; - ортотропія; - анізотропія
56	Одновузловий скінчений елемент	довільно	X,Y,Z UX,UY,UZ	Пружний зв'язок

Таблиця 2.2 - Параметри скінчених елементів комп'ютерної моделі будівлі

№ т.ж.	Геометричні параметри	Фізико-механічні параметри	Положення в конструктивній схемі будинку
1	Брус 35x35	$E=45388, \nu=0.2, R_o=2,5$	Палі
2	Брус 40x40	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$	Колони
3	Брус 30x40	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2,5$	Колони
4	Пластина Н40	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Діафрагми жорсткості, пілони
5	Пластина Н30	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Діафрагми жорсткості, стіни шахт ліфтів, стіни сходової клітини
6	Пластина Н25	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Стіни шахт ліфтів
7	Пластина Н20	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Перекриття на всіх поверхах
8	Пластина Н40	$E=2.75e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Стіни підвалу
9	Брус 1x1	$E=3,06e+006, \nu=0.2, R_o=0,1$	Фіктивні стрижні для прикладення лінійних навантажень від ваги зовнішніх стін і огорож
10	Пластина Н120	$E=2,75e+006, \nu=0.2, R_o=2.5$	Плита ростверку

Позначення:
 R_o - щільність матеріалу елементів розрахункової схеми, тс/м³;
 E - модуль пружності, тс/м²; ν – коефіцієнт Пуасона

2.4.2 Навантаження і впливи

При розрахунку враховані наступні навантаження і впливи:

1. Постійні і довготривалі розрахункові навантаження - прийняті відповідно до проектних даних (розділ АР).

2. Короточасні:

- снігове навантаження;
- вітрове навантаження.

3. Сейсмічний вплив

2.4.2.1 Постійне навантаження від власної ваги несучих конструкцій

Розрахункове постійне навантаження від власної ваги несучих конструкцій. Величина цього навантаження визначалася програмно по щільності матеріалів і геометричним параметрам кінцевих елементів.

2.4.2.2 Власна вага покриття

Таблиця 2.3 - Власна вага покрівлі над технічним поверхом

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	3 шари «євроруберойда» $\delta=0,013\text{м}$;	13,0	1,2	15,6
2	Цементно-піщана стяжка $\delta=0,04\text{м}$; $\gamma=1800\text{кг/м}^3$	72,0	1,3	93,6
3	Керамзитовий гравій $\delta=0,11\text{м(средн.)}$; $\gamma=400\text{кг/м}^3$	44,0	1,3	57,2
4	Пароізоляція	5,0	1,2	6,0
6	Монолітна з/б плита покриття $\delta=0,20\text{м}$; $\gamma=2500\text{кг/м}^3$	500,0	1,1	550,0
	Разом	634,0		722,4

Таблиця 2.4 - Власна вага покрівлі над котельнею

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	3 шари «євроруберойда» $\delta=0,013\text{м}$;	13,0	1,2	15,6
2	Цементно-піщана стяжка $\delta=0,05\text{м}$; $\gamma=1800\text{кг/м}^3$	90,0	1,3	117,0
3	Керамзитовий гравій	44,0	1,3	57,2

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
	$\delta=0,11$ м(средн.); $\gamma=400$ кг/м ³			
4	Пароізоляція	5,0	1,2	6,0
5	Мінераловатна плита $\delta=0,10$ м, $\gamma=161$ кг/м ³	16,1	1,2	19,3
6	Монолітна з/б плита покриття $\delta=0,20$ м; $\gamma=2500$ кг/м ³	500,0	1,1	550,0
	Разом	668,1		765,1

Навантаження на покриття від ваги парапету (газобетон товщиною 400мм і висотою 1500 мм):

- характеристичне значення - $0,40 \times 1,5 \times 400 = 240$ кг/м;
- розрахункове значення – $240 \times 1,2 = 288$ кг/м.

2.4.2.3 Навантаження на перекриття

Таблиця 2.5 - Навантаження на перекриття котельної

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	Керамічна плитка $\delta=0,01$ м; $\gamma=2200$ кг/м ³	22,0	1,2	26,4
2	Клей для плитки $\delta=0,01$ м; $\gamma=1800$ кг/м ³	18,0	1,2	21,6
3	Цементно-піщана стяжка $\delta=0,04$ м; $\gamma=1800$ кг/м ³	72,0	1,3	93,6
4	з/б плита $\delta=0,06$ м; $\gamma=2500$ кг/м ³	150,0	1,1	165,0
5	2 шари «євроруберойда» $\delta=0,01$ м; $\gamma=10$ кг/м ²	10,0	1,2	12,0
6	Листи ДСП $\delta=0,02$ м; $\gamma=400$ кг/м ²	8,0	1,2	9,6
7	Мінераловатна плита $\delta=0,10$ м; $\gamma=161$ кг/м ³	16,1	1,2	19,3
8	2 шари «євроруберойда» $\delta=0,01$ м; $\gamma=10$ кг/м ²	10,0	1,2	12,0
9	Цементно-піщана стяжка $\delta=0,03$ м; $\gamma=1800$ кг/м ³	54,0	1,3	70,2
10	Інженерне обладнання	80,7	1,2	96,8
11	Монолітна з/б плита перекриття $\delta=0,20$ м;	500,0	1,1	550,0

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
	$\gamma=2500\text{кг/м}^3$			
	Разом	940,8		1076,5
	Корисне навантаження	200,0	1,2	240,0

Погонне навантаження на перекриття (підлога котельної) від ваги зовнішніх стін (газобетон $\delta=0,40\text{м}$, $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$ + шари штукатурки $\delta=2\times0,02\text{м}$; $\gamma=1800\text{кг/м}^3$):

- характеристичне значення $(400\times0,4+1800\times0,02\times2)\times3,5=812 \text{ кгс/м}$;
- розрахункове значення $812\times1,2=974 \text{ кгс/м}$.

Таблиця 2.6 - Навантаження на перекриття технічного поверху

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	Цементна стяжка $\delta=0,05\text{м}$; $\gamma=1800\text{кг/м}^3$	90,0	1,3	117,0
2	Утеплювач плитний $\delta=0,10\text{м}$; $\gamma=161\text{кг/м}^3$	16,1	1,2	19,3
3	Інженерні комунікації	15,0	1,2	18,0
4	Вентиляційні канали	30,0	1,1	33,0
5	Пароізоляція	5,0	1,2	6,0
6	Монолітна з/б плита перекриття $\delta=0,20\text{м}$; $\gamma=2500\text{кг/м}^3$	500,0	1,1	550,0
	Разом	656,1		743,3
	Перегородки	30,0	1,1	33,0
	Корисне навантаження	200,0	1,2	240,0

Погонне навантаження на перекриття типового поверху від ваги зовнішніх стін (газобетон, $\delta=0,40\text{м}$, $\gamma=400 \text{ кг/м}^3$ + 2 шари штукатурки $\delta=2\times0,02\text{м}$; $\gamma=1800\text{кг/м}^3$):

- характеристичне значення $(400\times0,4+1800\times0,02\times2)\times2,8=650 \text{ кгс/м}$;
- розрахункове значення $650\times1,2=780 \text{ кгс/м}$.

Таблиця 2.7 - Навантаження на перекриття типового поверху

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	Керамічна плитка $\delta=0,01\text{м}; \gamma=2200\text{кг/м}^3$	22,0	1,2	26,4
2	Клей для плитки	18,0	1,2	21,6
3	Армована цементна стяжка $\delta=0,05\text{м};$ $\gamma=1850\text{кг/м}^3$	92,5	1,3	120,3
4	Утеплювач плитний $\delta=0,03\text{м}; \gamma=161\text{кг/м}^3$	4,8	1,2	5,8
5	Інженерні комунікації	15,0	1,2	18,0
6	Вентиляційні канали	30,0	1,1	33,0
7	Пароізоляція	5,0	1,2	6,0
8	Монолітна з/б плита перекриття $\delta=0,20\text{м};$ $\gamma=2500\text{кг/м}^3$	500,0	1,1	550,0
	Разом	687,3		781,1
	Перегородки	90,0	1,2	108,0
	Корисне для офісів	200,0	1,2	240,0
	Корисне для коридорів, сходів, вестибюлей	300,0	1,2	360,0

Таблиця 2.8 - Навантаження на плиту ростверку

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення, кгс/м ²	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
1	Цементна стяжка $\delta=0,03\text{м}; \gamma=1800\text{кг/м}^3$	54,0	1,3	70,2
2	Керамзитобетон $\delta=0,07\text{м};$ $\gamma=800\text{кг/м}^3$	56,0	1,3	72,8
3	Гідроізоляція $\delta=0,04\text{м};$ $\gamma=4\text{кг/м}^2$	4,0	1,2	4,8
4	Монолітний з/б ростверк $\delta=1,20\text{м}; \gamma=2500\text{кг/м}^3$	3000,0	1,1	3300,0
	Разом	3114,0		3447,8
	Перегородки	90,0	1,2	108,0
	Корисне	200,0	1,2	240,0

Таблиця 2.9 - Навантаження від ваги ліфтового обладнання

Вантажо під'ємність, кгс	Маса кабіни, кгс	Маса противовісу, кгс	Маса лебідки, кгс	Загальна маса обладнання, кгс	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення, кгс/м ²
500	800	930	1650	3380	1,05	3549
1000	1700	1960	1890	5550	1,05	5828
Разом:	2500	2890	3540	8930		9377

Ліфтове навантаження прикладається в створі ліфтових шахт на плиту перекриття технічного поверху у вигляді рівномірно розподіленого навантаження по площі $4,95 \times 2,05 = 10,1 \text{ м}^2$, а саме:

Постійне навантаження від ваги ліфтового обладнання:

- характеристичне значення $8930/10,1=884 \text{ кгс/м}^2$
- розрахункове значення $9377/10,1=928 \text{ кгс/м}^2$

Корисне навантаження:

- характеристичне значення $1500/10,1=149 \text{ кгс/м}^2$;
- розрахункове значення $149 \times 1,3=193 \text{ кгс/м}^2$.

2.4.2.4 Снігове навантаження

Розрахунок снігового навантаження виконано відповідно розділу 8 ДБН В.1.2-2 [5].

Характеристичне значення снігового навантаження для м. Одеса згідно з таблицею Додатку Е становить – 100 кг/м^2 .

Коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі $C_e=1$ (п. 8.9).

Коефіцієнт географічної висоти $C_{alt}=1$ ($H < 0,5 \text{ км}$, п.8.10).

Коефіцієнт $\mu=1$ (для горизонтальних поверхонь, додаток Ж).

Коефіцієнт $S=\mu C_e C_{alt}=1$.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C = 1,14 \cdot 100 \cdot 1 = 114 \text{ кг/м}^2,$$

де $\gamma_{fm}=1,14$ при $T=100$ років (таблиця 8.1).

Експлуатаційне розрахункове значення снігового навантаження:

$$S_e = \gamma_{fe} S_0 C = 0,49 \cdot 100 \cdot 1 = 49 \text{ кг/м}^2,$$

де $\gamma_{fe} = 0,49$ при $\eta = 0,02$ (таблиця 8.2).

2.4.2.5 Вітрове навантаження

Розрахунок вітрового навантаження виконано відповідно розділу 9 ДБН В.1.2-2 [5].

Вихідні дані	
Вітровий район	3
Характеристичне значення вітрового тиску W_0	46 кг/м ²
Тип місцевості	IV – міські території, на яких принаймні 15% поверхні зайнято будівлями, що мають висоту понад 15 м
Тип споруди	Вертикальні поверхні і поверхні, що відхиляються від вертикальних не більше ніж на 15°

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження визначається як:

$$W_e = \gamma_{fe} W_0 C,$$

де $\gamma_{fe} = 0,21$ при $\eta = 0,02$ (п. 9.15, таблиця 9.3);

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

$$C_{aer} = 0,8 + 0,6 = 1,4 \text{ (додаток И);}$$

C_h - залежить від висоти споруди і типу місцевості (таблиця 9.02);

$$C_{alt} = 1 \text{ при } H < 0,5 \text{ км (п. 9.10);}$$

$$C_{rel} = 1,1 \text{ при } \varphi < 0,05 \text{ (п. 9.11);}$$

$$C_{dir} = 1 \text{ (п. 9.12);}$$

$$C_d = 0,95 \text{ (п. 9.13, рис. 9.5).}$$

$$C = 1,4 \times 0,95 \times C_h = 1,33 C_h;$$

Експлуатаційне розрахункове значення вітрового навантаження складає:

$$W_e = 0,21 \times 46 \times 1,33 C_h = 12,85 C_h$$

Граничне розрахункове значення вітрового навантаження складає:

$$W_m = \gamma_{fm} W_0 C,$$

де $\gamma_{fm} = 1,14$ при $T = 100$ років (п. 9.14, таблиця 9.1).

$$W_m = 1,14 \times 46 \times 1,33 C_h = 69,75 C_h.$$

Погонне вітрове навантаження, прикладене до перекриттів поверхів, наведене в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 - Розрахунок погонного вітрового навантаження

№ поверху	Відмітка поверху	C_h	W_m (кгс/м ²)	W_m (кгс/м)	W_e (кгс/м)
1	0.00	0.600	42	82	15
2	3.90	0.600	42	152	28
3	6.90	0.752	52	162	30
4	9.90	0.992	69	202	37
5	12.90	1.116	78	233	43
6	15.90	1.236	86	259	48
7	18.90	1.356	95	283	52
8	21.90	1.452	101	303	56
9	24.90	1.535	107	321	59
10	27.90	1.617	113	338	62
11	30.90	1.700	119	356	66
12	33.90	1.782	124	373	69
13	36.90	1.865	130	390	72
14	39.90	1.947	136	405	75
15	42.90	1.979	138	414	76

2.4.2.6 Сейсмічний вплив

Сейсмічні навантаження визначені за наступними методами:

- спектральним методом відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
- спектральним методом відповідно до EN 1998-1 [3].

Спектральний метод ДБН В.1.1-12

Згідно з вимогами [2] за спектральним методом, у відповідності до якого розрахункові сейсмічні навантаження S_{ik} в k -ій точці будівлі за прийнятим напрямом сейсмічного впливу i -го тону власних коливань визначалися за формулою:

$$S_{ki} = k_1 k_2 k_3 S_{0ki}, \quad S_{0ki} = Q_k a_0 k_{\pi} \beta_i \eta_{ki},$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує непружні деформації і локальні пошкодження елементів будівлі (споруди), значення якого за таблицею 6.3 прийнято рівним 0,3;

k_2 – коефіцієнт, відповідальності будівлі, який приймається рівним 1;

k_3 – коефіцієнт, що враховує поверховість будівлі заввишки понад 5 поверхів дорівнює $k_3=1+0.04 \cdot (n-5)=1+0.04 \cdot (14-5)=1,36$;

a_0 – розрахункова амплітуда прискорення основи, яка складає 0,1 та 0,2 від прискорення вільного падіння g для району сейсмічності 7 та 8 балів відповідно;

k_{ep} – коефіцієнт, що враховує нелінійне деформування ґрунтів, відповідно до таблиці 6.6 прийнято рівним 1;

β_i – спектральний коефіцієнт динамічності, що відповідає i -ій формі власних коливань будівлі або споруди, приймається за рисунком 6.2 [2];

η_{ki} – коефіцієнт, що залежить від форми власних коливань будівлі або споруди і від місця розташування навантаження.

При виконанні розрахунку маси формуються автоматично з вертикальних навантажень з урахуванням коефіцієнтів:

0,9 – для постійних навантажень;

0,8 – для тимчасових тривалих;

0,5 – для короткочасних.

Спектральний метод EN 1998-1

Ґрунт майданчика будівництва відповідно до таблиці 3.1 [3] класифікується типом D. Сейсмічний вплив визначається спектром пружної реакції типу 1 (при $M_s > 5.5$), параметри якого наведені в таблиці 3.3 EN1998-1 і для типу ґрунту D складають:

Тип ґрунту	S	$T_B(s)$	$T_C(s)$	$T_D(s)$
D	1,35	0,20	0,8	2,0

Проектне прискорення ґрунту відповідно до 3.2.1(1)Р EN1998-1 та карти ЗСР-2004-В за сейсмічності майданчика будівництва 7 балів складає $a_{gR}=0,1g$; для 8 балів $a_{gR}=0,2g$.

Відповідно до таблиці 4.3 EN1998-1 будівля, що проектується відноситься до класу важливості II, для якого значення показника важливості $\gamma_I=1,0$.

Таким чином пікове значення прискорення ґрунту складе $a_g = \gamma_I a_{gR} = 0,1g$ (0,2 g).

Для проектування будівлі відповідно до положень EN1998-1 використовується проектний спектр реакції, який відповідно до 3.2.2.5 отримують шляхом врахування показника поведінки q , визначеного у 3.2.2.5.3(P) EN 1998-1. Значення показника поведінки q отримують відповідно до (5.1) EN1998-1:

$$q = q_0 k_w \geq 1,5$$

Згідно з 5.1.2 EN 1998-1 конструктивна система будівлі, що проектується, характеризується як здвоєна система, в якій вертикальні навантаження сприймаються, в основному, просторовими рамами, а опір поперечним навантаженням розподіляється частково на систему рам і частково на конструкції стін. Відповідно до таблиці 5.1 EN1998-1 для значення $q_0 = 3,0\alpha_u/\alpha_1 = 3,0 \cdot 1,15 = 3,45$, де $\alpha_u/\alpha_1 = 1,15$, визначене для рамно – еквівалентної здвоєної системи як середнє значення між 1,0 та 1,3 відповідно до положень 5.2.2.2.6. Значення $k_w = 1,0$ відповідно до 5.2.2.2(11)P EN1998-1. Таким чином значення коефіцієнту поведінки складе $q = 3,45 \cdot 1,0 = 3,45$.

Форма та параметри S , T_B , T_C и T_D для використання в Україні визначаються графіком спектрального коефіцієнту динамічності β_i згідно з ДБН В.1.1-12 [2]. Тому саме цей графік в подальшому буде використано для розрахунку за спектральним методом EN1998-1 з наступними вихідними характеристиками:

Тип ґрунту	S	T_B (s)	T_C (s)	T_D (s)
III	1,0	0,1	1,2	2,0

Показник нижньої границі горизонтального проектного спектру складає $\beta = 0,8$.

Відомості про навантаження, використані в розрахунках, наведені в таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 - Таблиця завантажень

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення
1	Постійне			
	власна вага несучих конструкцій	Визначається автоматично	1,1	Визначається автоматично
2	Постійне			
	на плиту покриття - власна вага над технічним поверхом - власна вага над котельнею - вага парапету	13,4 кПа 16,8 кПа 24 кН/м		17,3 кПа 21,5 кПа 28,8 кН/м
	на перекриття котельної - вага підлоги та інженерного обладнання - вага зовнішніх стін	44,1 кПа 81,2 кН/м		52,7 кПа 97,4 кН/м
	на перекриття технічного поверху - вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій - вага зовнішніх стін - вага ліфтового обладнання	16,1 кПа 52,2 кН/м 88,4 кПа		19,3 кПа 62,6 кН/м 92,8 кПа
	на перекриття типового поверху - вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій - вага зовнішніх стін	16,2 кПа 65,0 кН/м	1,2 1,2	20,0 кПа 78,0 кН/м
	на перекриття офісного поверху - вага підлоги, вентиляційних каналів, інженерних комунікацій - вага зовнішніх стін	18,7 кПа 85,8 кН/м	1,2 1,2	23,1 кПа 103,0 кН/м
	на плиту ростверка - вага підлоги - боковий тиск ґрунту на стіни підвалу	11,4 кПа 222,3 кПа	1,2 1,15	14,8 кПа 255,6 кПа
3	Тривале			
	вага тимчасових перегородок - на підлогу технічного поверху - на перекриття типового поверху - на підлогу офісного	3,0 кПа 9,0 кПа	1,2 1,2	3,6 кПа 10,8 кПа

Ч.ч.	Вид навантаження	Характеристичне значення	Коефіцієнт надійності за навантаженням	Розрахункове значення
	поверху - на ростверк	9,0 кПа 9,0 кПа	1,2 1,2	10,8 кПа 10,8 кПа
4	Короткочасне			
	корисне - на підлогу котельні - на підлогу технічного поверху - на перекриття типового поверху: - жилі приміщення - коридори, сходи - балкони - на підлогу офісного поверху: - офісні приміщення - коридори, сходи - на фундаментну плиту	20,0 кПа 20,0 кПа 15,0 кПа 30,0 кПа 20,0 кПа 20,0 кПа 30,0 кПа 20,0 кПа	1,2 1,2 1,3 1,2 1,2 1,2 1,2 1,2	24,0 кПа 24,0 кПа 19,5 кПа 36,0 кПа 24,0 кПа 24,0 кПа 36,0 кПа 24,0 кПа
5	Снігове	5,2 кПа		12,0 кПа
6	Вітрове вздовж осі X			69.75 C _h
7	Вітрове вздовж осі Y			69.75 C _h
8	Сейсмічне (спектральний метод ДБН) вздовж осі X			7 балів 8 балів
9	Сейсмічне (спектральний метод ДБН) вздовж осі Y			
10	Сейсмічне (спектральний метод ДБН) вздовж осі Z			
11	Сейсмічне (спектральний метод EN) вздовж осі X			7 балів 8 балів
12	Сейсмічне (спектральний метод EN) вздовж осі Y			
13	Сейсмічне (спектральний метод EN) вздовж осі Z			

2.4.3 Сполучення навантажень

Розрахункові сполучення зусиль (табл. 2.12), призначені для розрахунку армування, складені з урахуванням діючих ДБН [2, 4].

Для визначення навантажень на конструктивні елементи складені розрахункові сполучення навантажень, куди увійшли як статичні, так і динамічні навантаження (табл. 2.13). Коефіцієнти в таблиці прийняті у відповідності з вимогами [2, 4].

Таблиця 2.12 - Коефіцієнти сполучень зусиль для статичного і динамічного розрахунку

№ навантаження	Найменування навантажень	k_f	$k_{дл}$	ψ для		
				РСЗ 1	РСЗ 2	РСЗ 3
1	Власна вага конструкцій	1,10	1,00	1,1	1,1	0,88
2	Постійне	1,10	1,00	1,1	1,1	0,88
3	Тимчасове тривале	1,20	1,00	1,1	1,045	0,78
4	Короткочасне (корисне)	1,20	0,35	1,1	0,99	0,488
5	Короткочасне (сніг)	2,33	0,35	1,1	0,99	0,488
6	Короткочасне вітер вздовж осі X (\pm)	5,43	0,00	1,1	0,99	0,0
7	Короткочасне вітер вздовж осі Y (\pm)	5,43	0,00	1,1	0,99	0,0
8	Сейсмічне (спектр ДБН) вздовж осі X (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975
9	Сейсмічне (спектр ДБН) вздовж осі Y (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975
10	Сейсмічне (спектр ДБН) вздовж осі Z (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975
11	Сейсмічне (спектральний EN) вздовж осі X (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975
12	Сейсмічне (спектральний EN) вздовж осі Y (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975
13	Сейсмічне (спектральний EN) вздовж осі Z (\pm)	1,00	0,00	0,00	0,00	0,975

Примітки:

1. Для основних сполучень (PCY 1 і PCY 2) коефіцієнти ψ сформовані з навантажень №№ 1-7 з коефіцієнтами відповідно 1.0 і 1.0; 0,95; 0,9, помноженим на коефіцієнти відповідальності $\gamma_n = 1.1$ (табл. 5 [4]).

2. Для аварійних сполучень (PCY 3) маси були сформовані з навантажень №№ 1-5 з коефіцієнтами 0,9; 0,8; 0,5, помноженим на відповідні коефіцієнти відповідальності $\gamma_n = 0,975$ (табл. 5 [4]).

3. Частина тривалості навантажень визначається як відношення квазіпостійної їх частини до характеристичного значення. Квазіпостійні навантаження враховуються тільки при розрахунках на повзучість, тому при розрахунках за I граничним станом значення коефіцієнтів частки тривалості не впливають на результат розрахунку.

4. Вітрові і сейсмічні навантаження визначені як знакозмінні і взаємовиключні.

Позначення:

$k_f = \gamma_{fm} / \gamma_{fe}$ - коефіцієнт надійності за навантаженням;

$k_{дл}$ - частка тривалості навантаження;

ψ - коефіцієнти сполучень навантажень.

2.5 Висновки за розділом

1. Запропоновано методика у відповідності до заявленої теми, основні етапи та послідовність теоретичних досліджень, які наведені на рисунку 2.1. Визначені мета, задачі, методи досліджень, обрано програмний комплекс для виконання моделювання та чисельних розрахунків за методом скінченних елементів.

2. На основі проектних даних в ПК «ЛІРА САПР» [36] розроблено просторову комп'ютерну модель 14-ти поверхового житлового будинку.

3. Виконано визначення величин навантажень для виконання розрахунку просторової комп'ютерної моделі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункових ситуацій основні з урахуванням сейсмічного впливу 7 та 8 балів.

4. Усталені розрахункові ситуації складені з урахуванням власної ваги конструкцій, постійних, змінних тривалих і короткочасних навантажень, снігового та вітрового навантаження, визначеного для м. Одеса.

5. Сейсмічні розрахункові ситуації включають сейсмічне навантаження, задані за наступними методами розрахунку:

- спектрального методу відповідно до ДБН В.1.1-12 [2];
- спектрального методу відповідно до EN1998-1 [3].

6. При аналізі результатів розрахунку для комбінація компонентів сейсмічного впливу будуть використані залежності ДБН В.1.1-12 [2] та EN1998-1 [3], наведені в 1.5.2, 1.5.3 відповідно, та положення ІВС 2009 [18], наведені в рядку 1 таблиці 1.4.

3. АНАЛІЗ ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Результати модального аналізу

Розрахунки динамічної моделі будівлі виконані у відповідності з вимогами ДБН [2].

В результаті модального аналізу отримані динамічні характеристики моделі будівлі за формами власних коливань (табл. 4.1, 4.2).

Таблиця 3.1 - Розрахункові динамічні характеристики будівлі при розрахунку за спектральним методом ДБН [2]

№ форми коливань	Частота, Гц	Період, с	Сума модальних мас, %, за напрямком		
			X	Y	Z
1	0.73	1.37	69.05	2.28	0.001
2	0.74	1.36	71.28	72.94	0.005
3	1.17	0.85	71.51	72.95	0.01
4	2.55	0.39	97.98	72.95	0.01
5	2.76	0.36	97.98	99.53	0.01
6	3.18	0.31	97.99	99.54	0.01
7	4.26	0.24	97.99	99.54	98.04
8	4.81	0.21	99.13	99.54	98.42
9	5.23	0.19	99.88	99.54	98.47
10	6.38	0.16	99.92	99.54	98.47

Примітка. Заливкою відзначені форми коливань, які визначають напружено-деформований стан будівлі

Таблиця 3.2 - Розрахункові динамічні характеристики будівлі при розрахунку за спектральним методом EN1998-1 [3]

№ форми коливань	Частота, Гц	Період, с	Сума модальних мас, %, за напрямком		
			X	Y	Z
1	0.73	1.41	68.50	2.56	0.001
2	0.74	1.40	71.01	72.64	0.005
3	1.17	0.88	71.23	72.65	0.01
4	2.55	0.41	98.03	72.65	0.01
5	2.76	0.38	98.03	99.54	0.01
6	3.18	0.33	98.04	99.56	0.01
7	4.26	0.24	98.04	99.56	98.08
8	4.81	0.22	99.19	99.56	98.46
9	5.23	0.20	99.88	99.56	98.53
10	6.38	0.16	99.92	99.56	98.53

Примітка. Заливкою відзначені форми коливань, які визначають напружено-деформований стан будівлі

Як впливає з наведених таблиць динамічні характеристики моделей, отримані зі різними методами розрахунку, дещо відрізняються, що викликано особливостями розрахункових модулів ПК «ЛІРА САПР». Проте відмінності не є суттєвими і не мають вплинути на загальні результати розрахунків при їх порівнянні.

Форми власних коливань наведені на рис. 3.1.

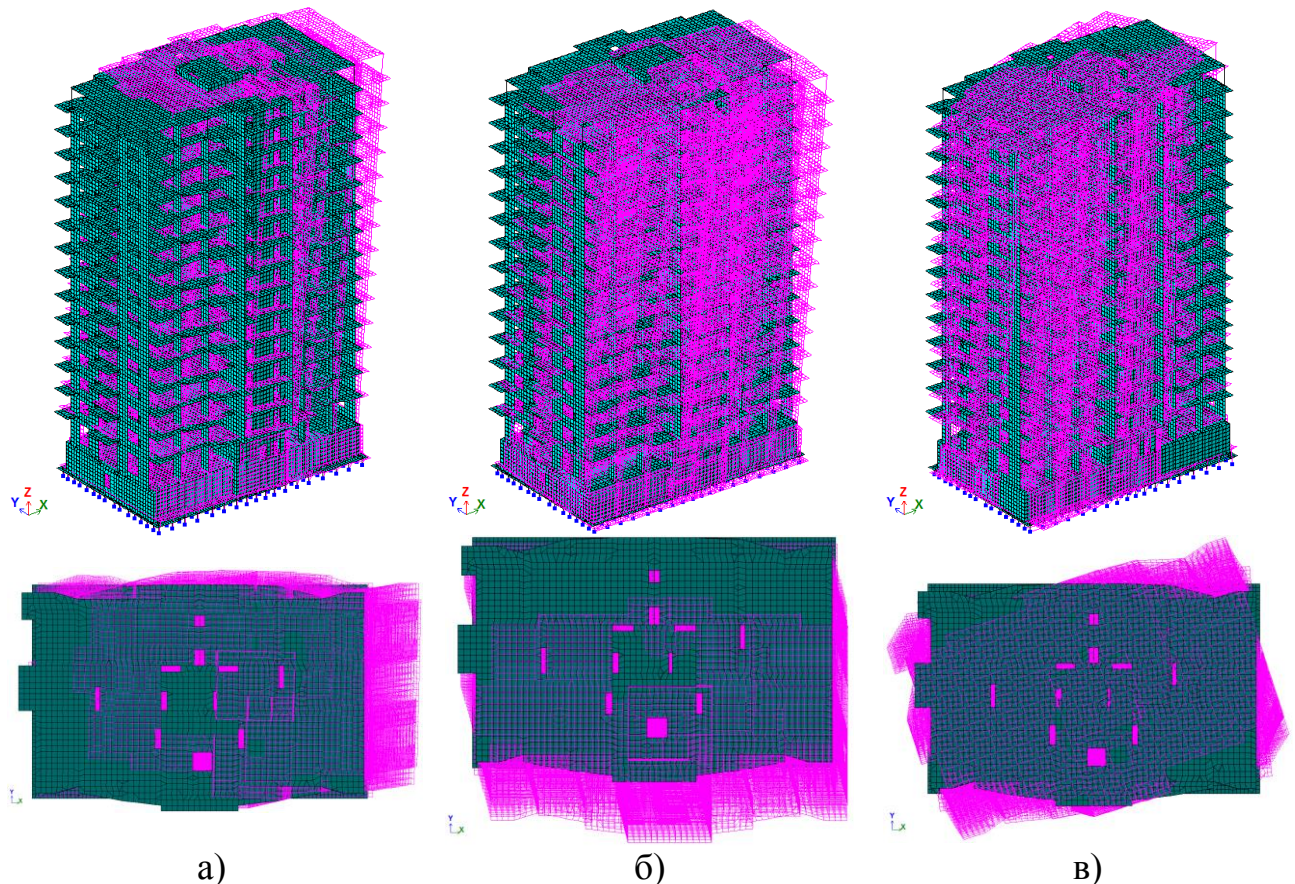


Рисунок 3.1 - Перші три форми власних коливань будівлі:
а – перша; б – друга; в – третя

Перша і друга форми коливань будівлі є поступальними (вздовж осей X і Y відповідно), третя форма коливань – крутильна, що відповідає вимогам ДБН [2].

Подальші розрахунки на сейсмічні впливи виконувались при врахуванні 7 форм власних коливань, що відповідає вимогам ДБН [2] щодо мінімальної суми врахованих модальних мас - не менше 85% при горизонтальних і не менше 75% - при вертикальних коливаннях, та вимогам EN1998-1 [3] – 90% при горизонтальних коливаннях.

3.2 Результати розрахунку сейсмічних навантажень

Розрахунок просторової моделі будівлі виконано із використанням розрахункових модулів ПК «ЛІРА-САПР»:

- за спектральним методом: модуль 36 - відповідно до положень ДБН [2] та модуль 44 - відповідно до положень EN1998-1 [3];

За результатами розрахунків визначені сейсмічні (інерційні) навантаження в рівні перекриттів будівлі та розподіл поперечних сил за висотою будівлі у двох горизонтальних напрямках. Порівняння отриманих значень у вигляді розподілу інерційних сил та поперечних сил за висотою будівлі у двох горизонтальних напрямках наведено в таблиці 3.3 та на рисунку 3.2.

Таблиця 3.3 - Інерційні сили в рівнях поверхів будівлі за результатами розрахунку (7 балів)

Відмітка поверху, м	Метод розрахунку			
	спектральний ДБН		спектральний EN1998-1	
	при сейсмічному впливі вздовж осі			
	X	Y	X	Y
-3.8	106.6	116.5	135.1	147.7
0	84.1	103.1	105.2	128.9
3.9	142.0	166.6	174.3	204.4
6.9	171.3	194.5	214.5	243.5
9.9	210.9	233.0	264.0	291.7
12.9	254.3	274.0	318.2	342.9
15.9	303.3	321.2	372.2	394.2
18.9	343.2	356.5	429.3	445.9
21.9	393.7	405.2	483.0	497.2
24.9	434.1	440.9	543.0	551.6
27.9	484.2	490.4	594.2	601.8
30.9	522.6	524.9	653.8	656.7
33.9	571.0	574.5	700.5	704.9
36.9	608.3	609.0	761.0	761.9
39.9	657.9	662.0	805.3	810.3
42.95	666.5	670.8	841.5	846.9
45.5	504.9	511.1	607.8	615.2
Сумарні	6458.9	6654.3	8002.9	8245.6

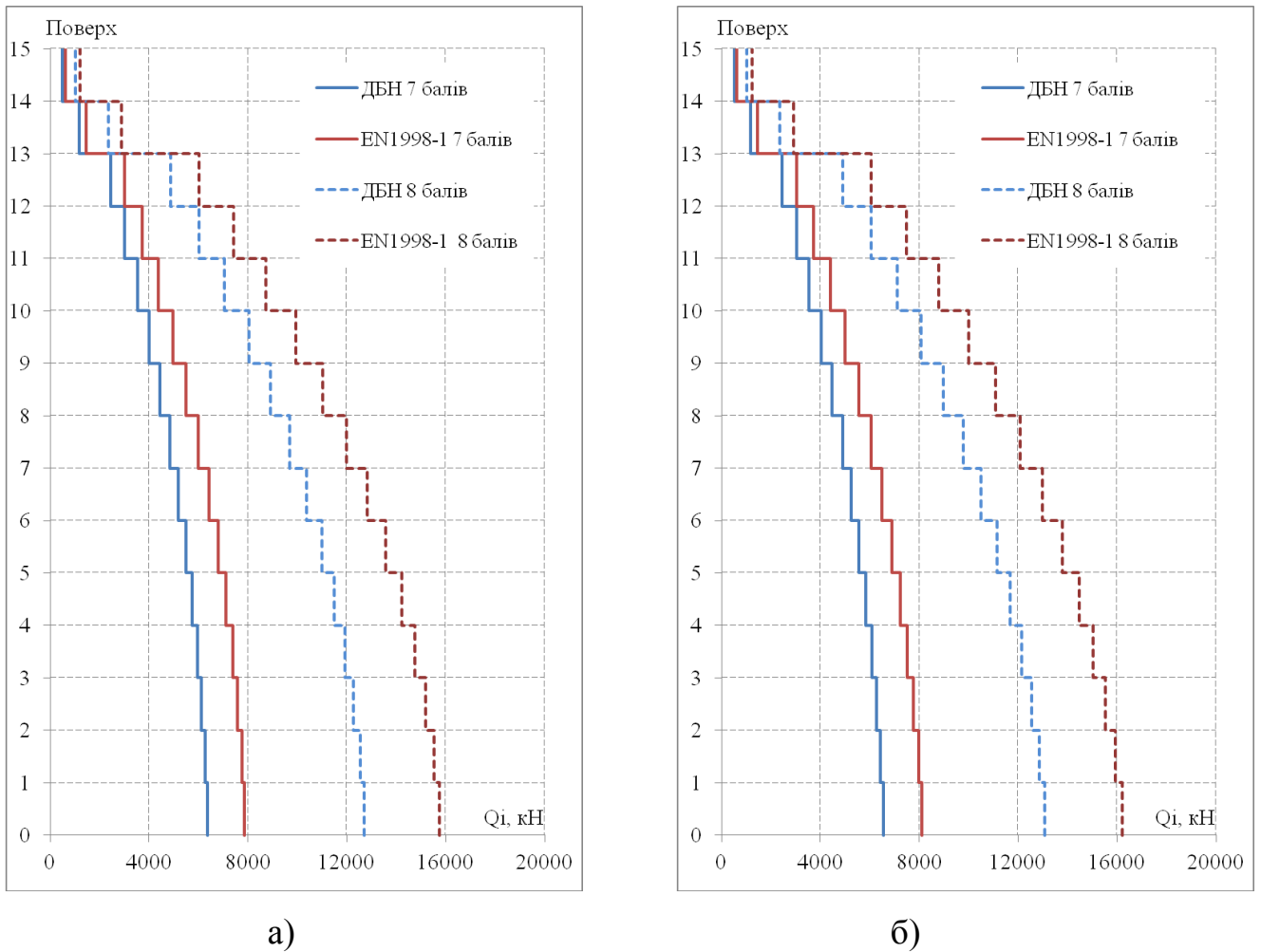


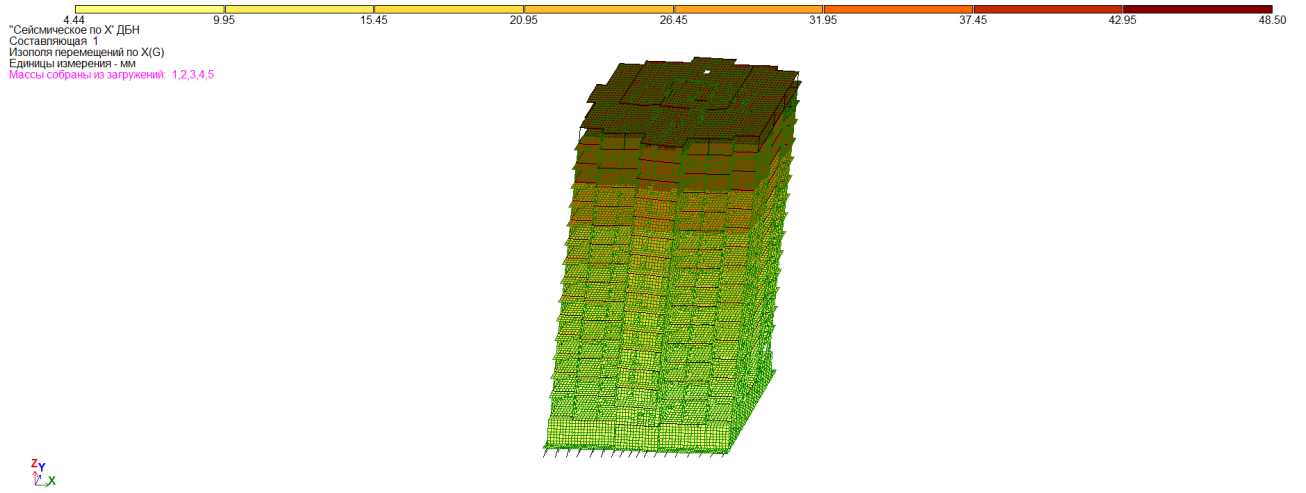
Рисунок 3.2 - Розподіл поперечних сил за висотою будівлі, отримані за різними методами розрахунку: а - вздовж осі X; б – вздовж осі Y

Як видно із рисунку 3.2 при розрахунку за спектральним методом ДБН [2] та EN1998-1 [3] значення інерційних та поперечних сил за висотою будівлі суттєво відрізняються - різниця складає 23% при 7 та 8 балах.

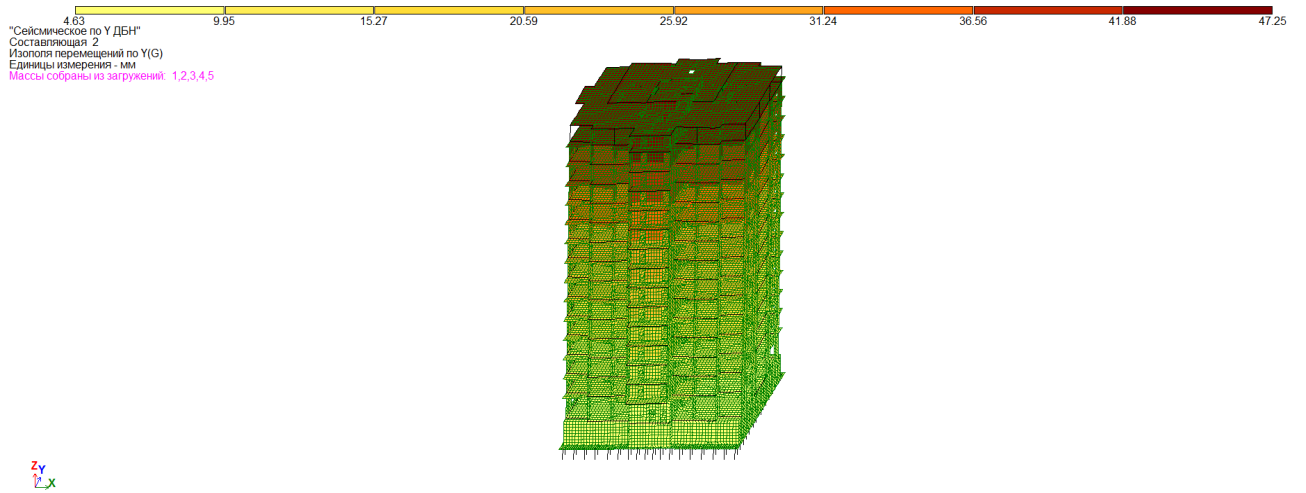
Різниця між результатами розрахунку викликана, насамперед, відмінністю значень спектрів реакції конструкцій, що відповідають переважаючим періодам коливань конструкцій.

3.3 Деформований стан будівлі

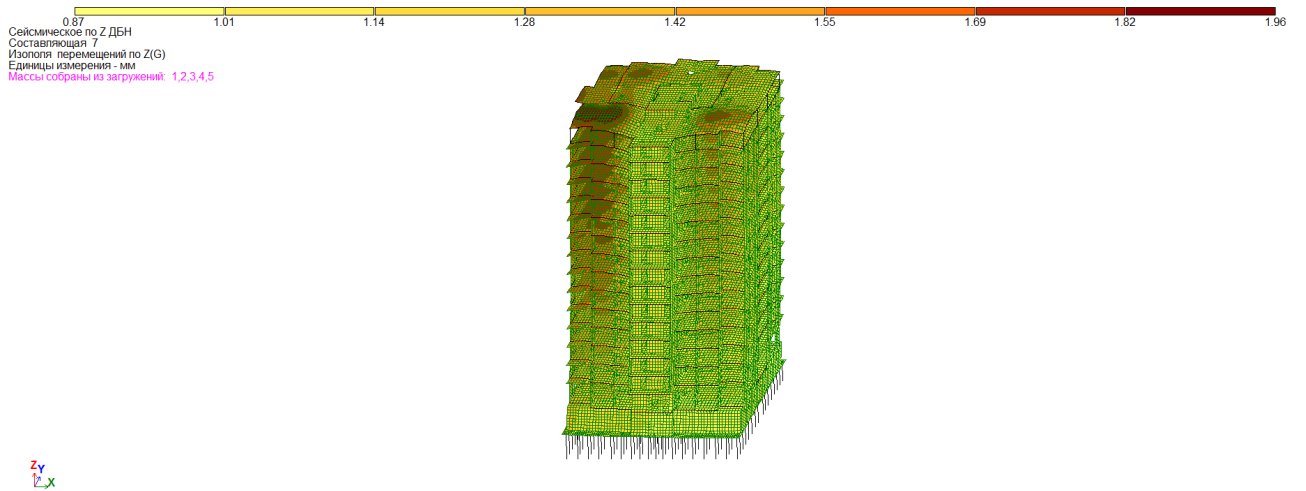
На рис. 3.3 - 3.6 наведено ізополі переміщень розрахункової моделі будівлі, отримані за різними методиками розрахунку від сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів.



а)



б)



в)

Рисунок 3.3 – Изополюса перемещений будівлі від сейсмічних навантажень, визначених за спектральним методом ДБН [2] – 7 балів:
а – вздовж осі X; б – вздовж осі Y; в – вздовж осі Z

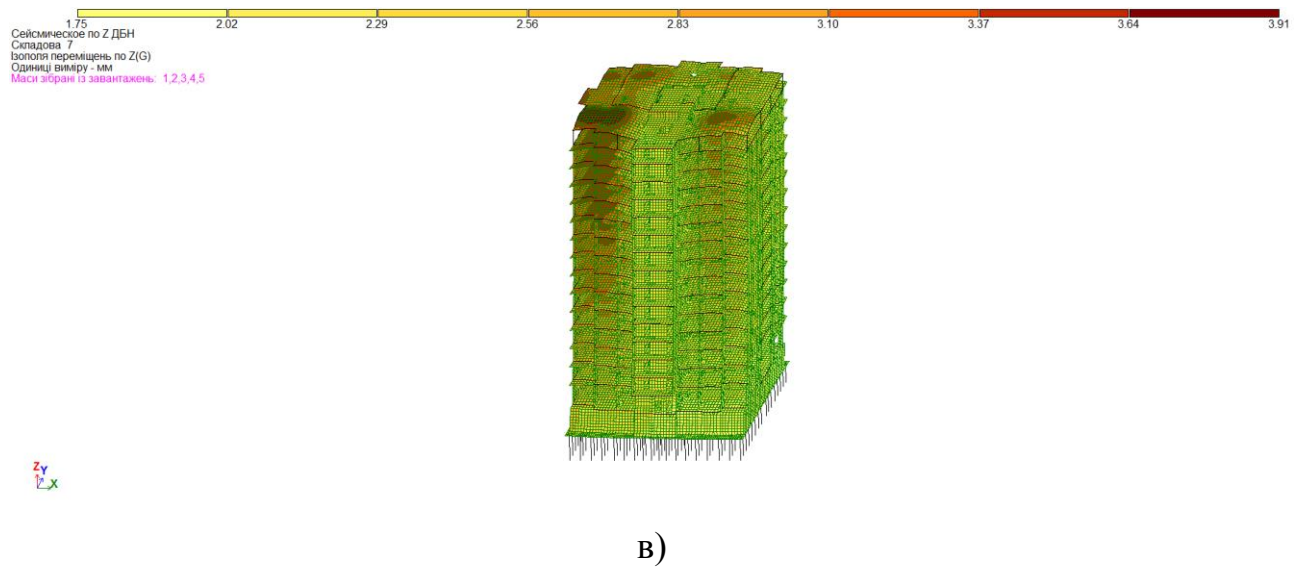
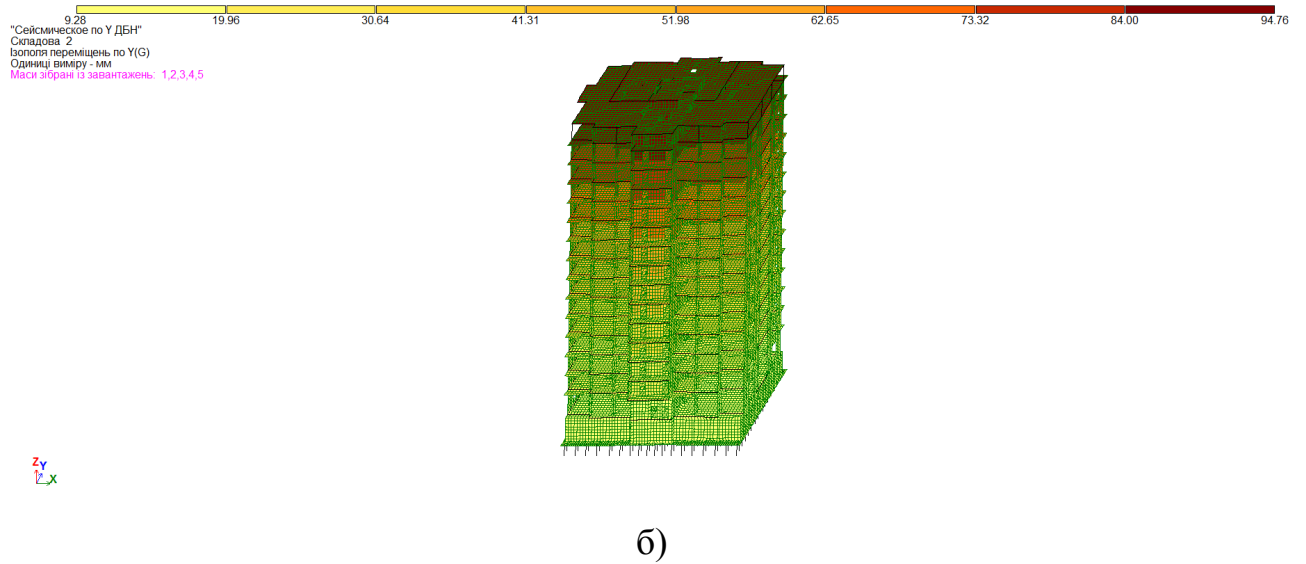
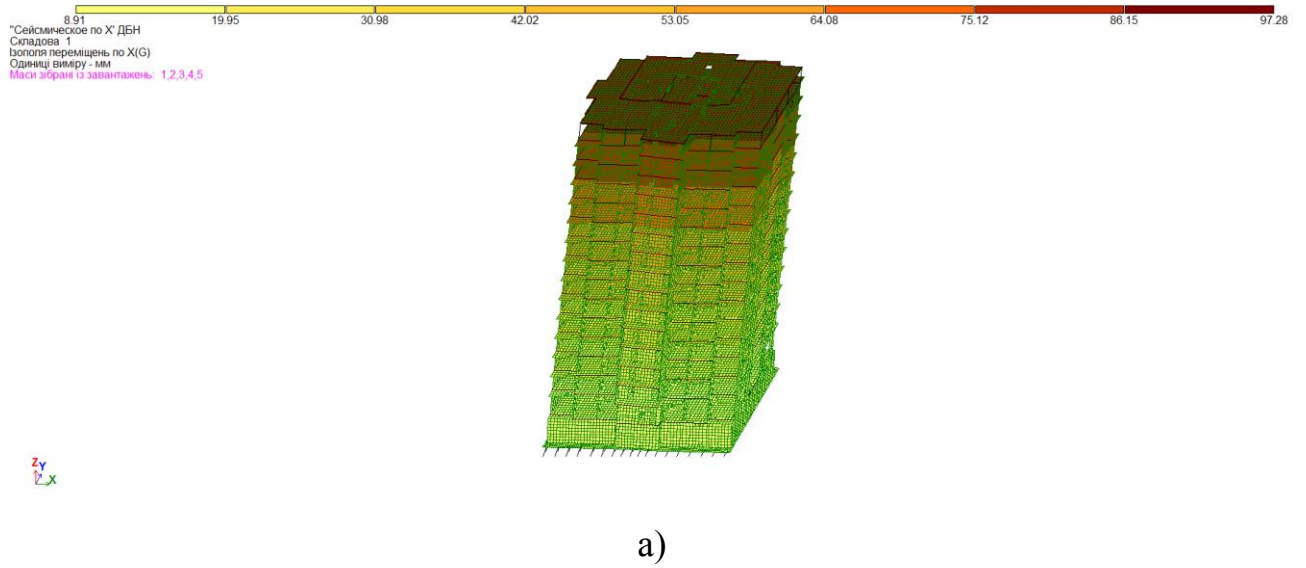
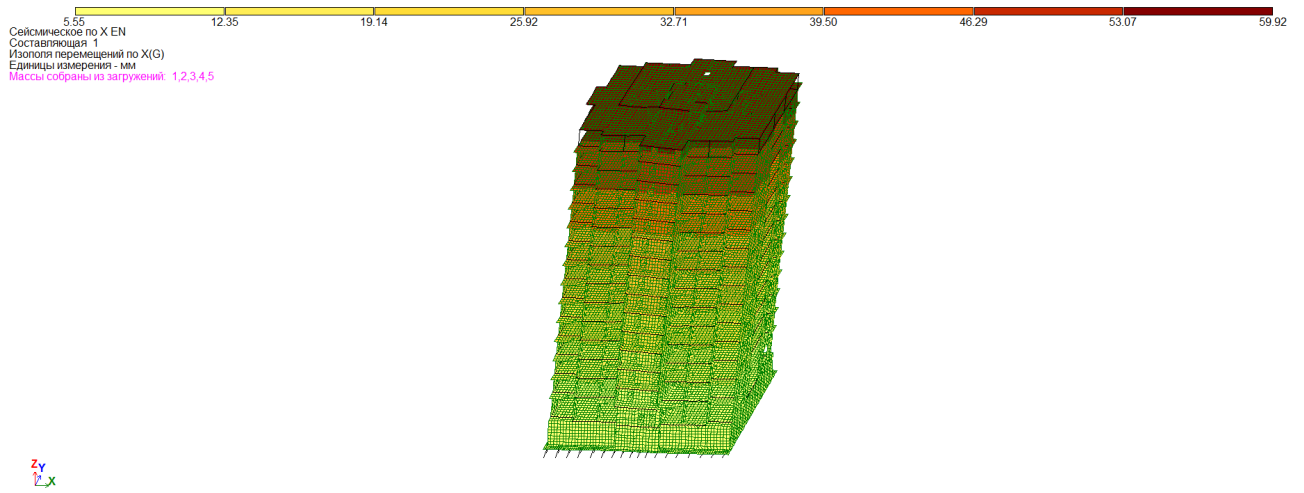
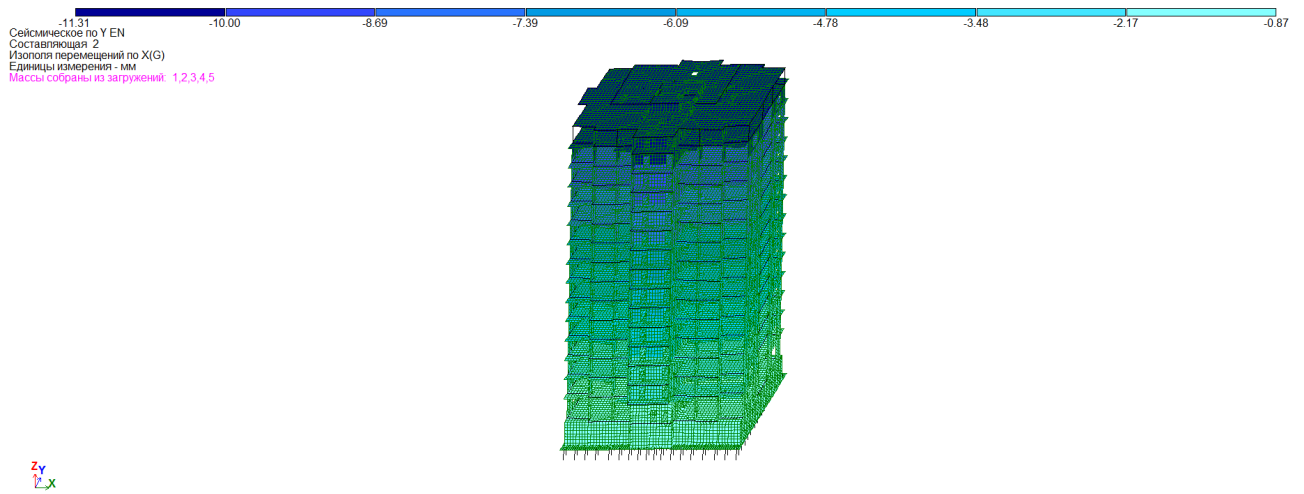


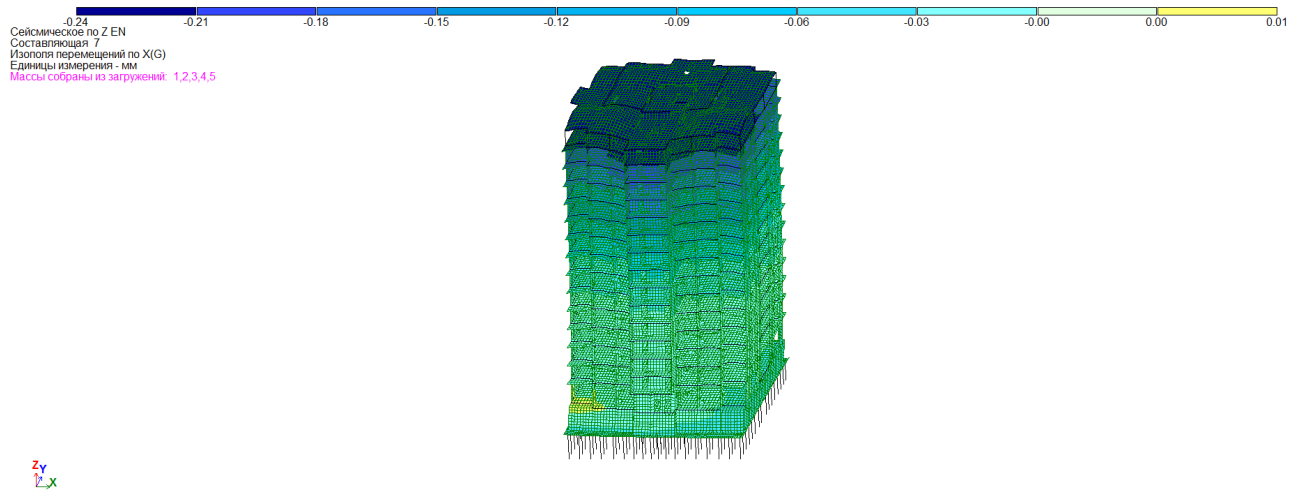
Рисунок 3.4 – Ізополя переміщень будівлі від сейсмічних навантажень, визначених за спектральним методом ДБН [2] – 8 балів:
а – вздовж осі X; б – вздовж осі Y; в – вздовж осі Z



а)

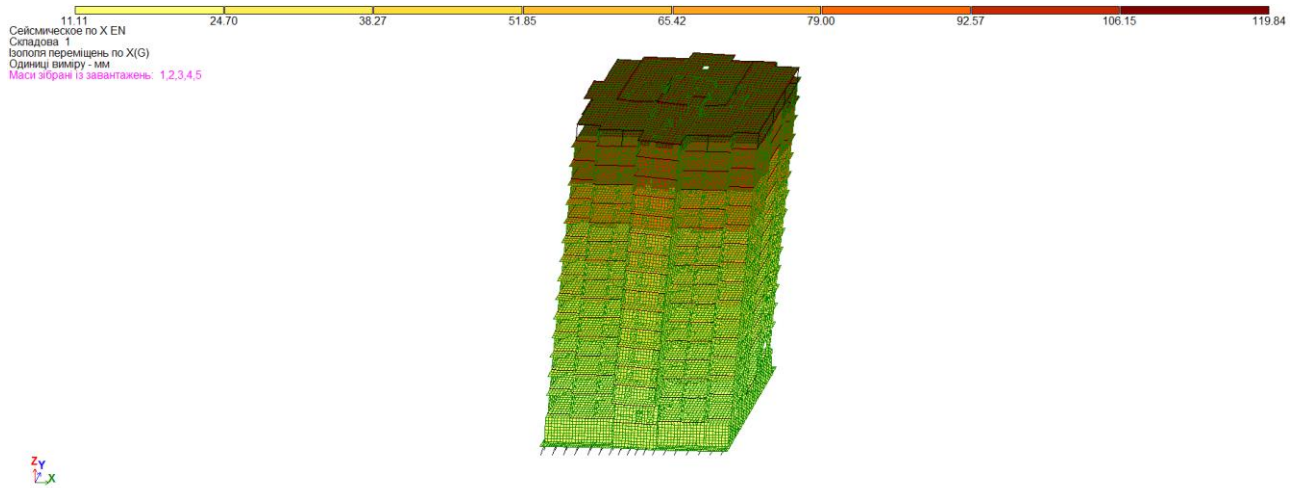


б)

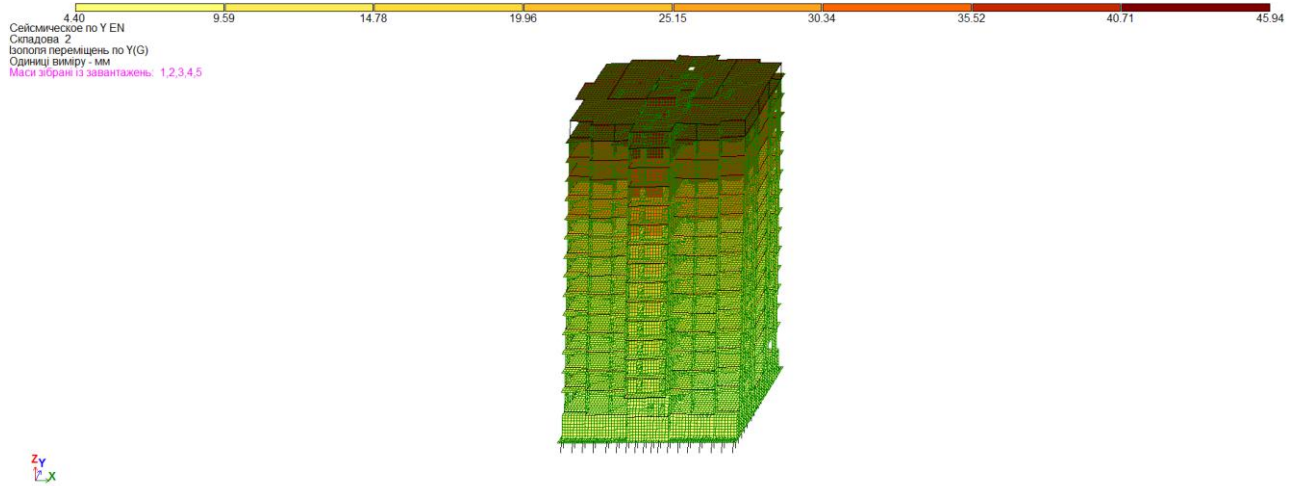


в)

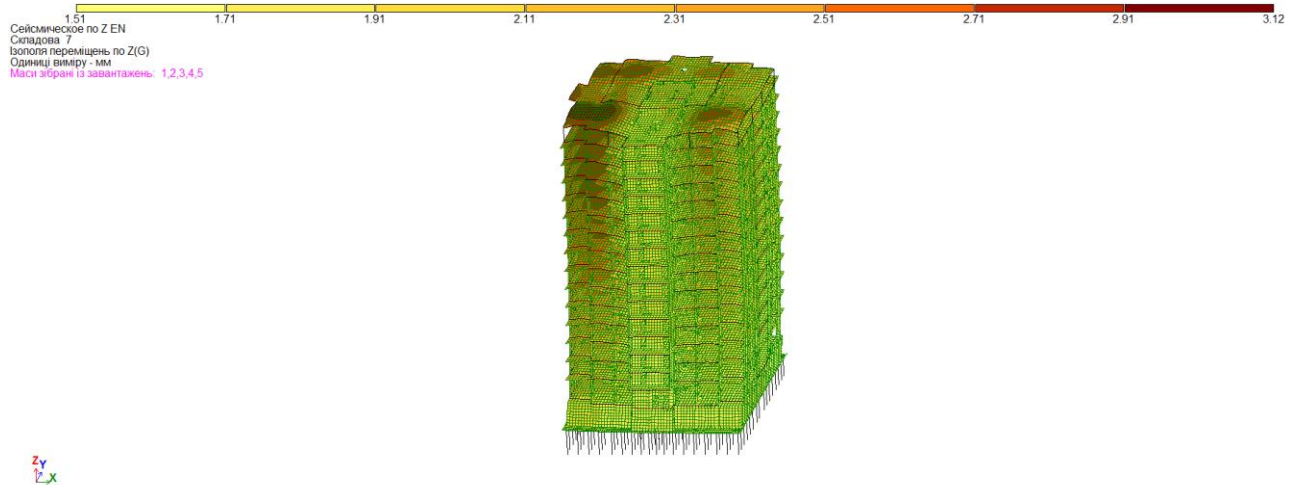
Рисунок 3.5 – Изополя перемещений будівлі від сейсмічних навантажень, визначених за спектральним методом EN1998-1 [3] – 7 балів:
а – вздовж осі X; б – вздовж осі Y; в – вздовж осі Z



а)



б)



в)

Рисунок 3.6 – Ізополя переміщень будівлі від сейсмічних навантажень, визначених за спектральним методом EN1998-1 [3] – 8 балів:
а – вздовж осі X; б – вздовж осі Y; в – вздовж осі Z

Значення горизонтальних переміщень та перекося поверхів, отриманих в за різними методиками розрахунку на сейсмічні впливи інтенсивністю 7 і 8 балів, наведені в таблицях 3.4 та 3.5, відповідно.

Таблиця 3.4 – Максимальні горизонтальні переміщення, та перекося поверхів в рівні перекриттів при сейсмічному впливі 7 балів

Відмітка поверху, м	Переміщення, мм за методом розрахунку				Перекіс поверху за методом розрахунку			
	спектр ДБН		спектр EN		спектр ДБН		спектр EN	
	при сейсмічному впливі				при сейсмічному впливі			
	вздовж осі		вздовж осі		вздовж осі		вздовж осі	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
-3.8	4.70	5.00	5.67	2.39	-	-	-	-
0	6.30	7.39	7.61	3.56	0.00042	0.00063	0.00051	0.00031
3.9	9.03	10.34	10.89	5.00	0.00070	0.00076	0.00084	0.00037
6.9	11.52	12.81	13.87	6.21	0.00083	0.00082	0.00099	0.00041
9.9	14.20	15.37	17.10	7.46	0.00089	0.00085	0.00108	0.00042
12.9	17.02	18.00	20.49	8.74	0.00094	0.00088	0.00113	0.00043
15.9	19.93	20.68	23.99	10.05	0.00097	0.00089	0.00117	0.00044
18.9	22.90	23.40	27.55	11.38	0.00099	0.00091	0.00119	0.00044
21.9	25.88	26.15	31.13	12.72	0.00099	0.00092	0.00119	0.00045
24.9	28.85	28.91	34.71	14.07	0.00099	0.00092	0.00119	0.00045
27.9	31.80	31.67	38.24	15.42	0.00098	0.00092	0.00118	0.00045
30.9	34.70	34.43	41.72	16.77	0.00097	0.00092	0.00116	0.00045
33.9	37.53	37.17	45.13	18.12	0.00094	0.00091	0.00114	0.00045
36.9	40.29	39.90	48.45	19.45	0.00092	0.00091	0.00111	0.00045
39.9	42.97	42.59	51.67	20.77	0.00089	0.00090	0.00107	0.00044
42.95	46.53	46.23	55.94	22.55	0.00087	0.00089	0.00104	0.00044
45.5	48.91	48.65	58.81	23.75	0.00085	0.00086	0.00103	0.00043

Відповідно до 6.3.7 ДБН В1.1-12 [2] спосіб обчислення перекося поверхів аналогічний способу EN1998-1 [3], тобто перекіс поверху обчислюється як відношення різниці горизонтальних переміщень верху і низу k -го поверху до його висоти H_L :

$$\Delta_k = \frac{U_k - U_{k-1}}{H_L}.$$

Таблиця 3.5 – Максимальні горизонтальні переміщення, та перекоси поверхів в рівні перекриттів при сейсмічному впливі 8 балів

Відмітка поверху, м	Переміщення, мм за методом розрахунку				Перекося поверху за методом розрахунку			
	спектр ДБН		спектр EN		спектр ДБН		спектр EN	
	при сейсмічному впливі				при сейсмічному впливі			
	вздовж осі		вздовж осі		вздовж осі		вздовж осі	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
-3.8	9.40	10.00	11.34	4.61	-	-	-	-
0	12.60	14.78	15.22	6.88	0.00084	0.00126	0.00102	0.00062
3.9	18.06	20.68	21.79	9.67	0.00140	0.00152	0.00168	0.00074
6.9	23.05	25.62	27.75	12.01	0.00166	0.00164	0.00198	0.00083
9.9	28.41	30.74	34.21	14.42	0.00178	0.00170	0.00216	0.00085
12.9	34.05	36.00	40.99	16.90	0.00188	0.00176	0.00226	0.00087
15.9	39.87	41.36	47.99	19.42	0.00194	0.00178	0.00234	0.00089
18.9	45.81	46.80	55.11	22.00	0.00198	0.00182	0.00238	0.00089
21.9	51.77	52.30	62.28	24.60	0.00198	0.00184	0.00238	0.00091
24.9	57.71	57.82	69.44	27.20	0.00198	0.00184	0.00238	0.00091
27.9	63.62	63.34	76.50	29.82	0.00196	0.00184	0.00236	0.00091
30.9	69.42	68.86	83.46	32.43	0.00194	0.00184	0.00232	0.00091
33.9	75.08	74.34	90.28	35.03	0.00188	0.00182	0.00228	0.00091
36.9	80.60	79.80	96.92	37.61	0.00184	0.00182	0.00222	0.00091
39.9	85.96	85.18	103.37	40.15	0.00178	0.00180	0.00214	0.00089
42.95	93.08	92.46	111.91	43.60	0.00174	0.00178	0.00208	0.00089
45.5	97.84	97.30	117.65	45.91	0.00170	0.00172	0.00206	0.00087

Порівняння з допустимими перекосами поверхів, наведеними в таблиці 6.8 ДБН В1.1-12 [2], наведено на рисунку 3.7. Значення граничних перекосів $[\delta]$ відповідають вимозі неприпустимості руйнування перегородок та огорожуючих конструкцій будівель і споруд, що відповідає вимогам обмеження перекосів поверхів для неконструктивних елементів EN1998-1 [3].

Аналіз даних наведених в таблицях 3.4, 3.5 та рис. 3.7 свідчить про те, що максимальні значення перекосів поверхів становлять 0,0012 при 7 балах та 0,0024 при 8 балах. Всі отримані перекося поверхів не перевищують допустимі значення, які відповідно до [2] для розглянутого типу будівлі становлять 0,004.

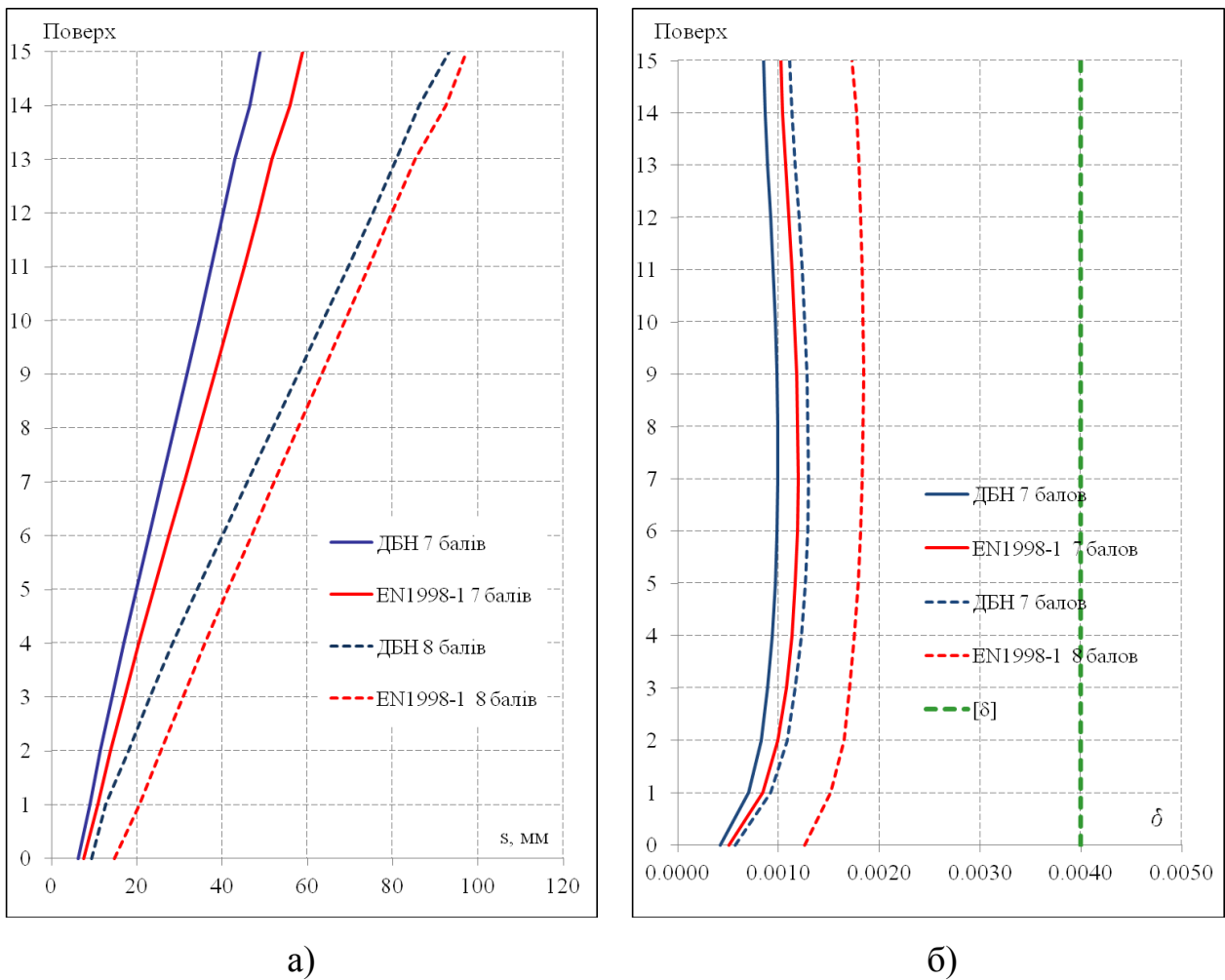


Рисунок 3.7 – Горизонтальні переміщення будівлі в рівні перекриттів (а) та порівняння міжповерхових перекосів будівлі з допустимими значеннями (б)

3.4 Розрахунок зусиль в конструкціях

В результаті розрахунку конструкцій отримані значення зусиль в основних несучих конструкціях будівлі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункових ситуаціях.

Ізополя навантажень на палі, окремих компонентів напружень в плитному ростверку, вертикальних несучих елементах та плиті перекриття типового поверху будівлі наведені на рисунках Б.1 – Б.20. в Додатку Б.

3.5 Результати розрахунку армування конструкцій

Критерієм міцності залізобетонних конструкцій може служити необхідний коефіцієнт армування при невідгідних поєднаннях розрахункових навантажень. В рамках даного дослідження було прийнято, що для виключення крихкого руйнування залізобетонних конструкцій, їх армування не повинно перевищувати 4%.

Визначення розрахункового армування конструкцій будівлі виконувалося з допомогою модулів ЛІР-АРМ програмного комплексу «ЛІРА-САПР» [36]. Система ЛІР-АРМ призначена для визначення і перевірки армування у стрижневих і пластинчастих елементах у відповідності з нормативними вимогами ДБН [41, 42].

При визначенні розрахункового армування несучих конструкцій будівлі враховувалися розрахункові сполучення зусиль, наведені вище в таблиці 3.14.

Розрахункове армування видається відповідно до схем розташування армування та умовних позначень, прийнятих в модулі ЛІР-АРМ ПК «ЛІРА САПР» [36]. Схеми розташування армування в стрижневих та пластинчастих скінченних елементах наведені на рис. 3.8 та 3.9 відповідно.

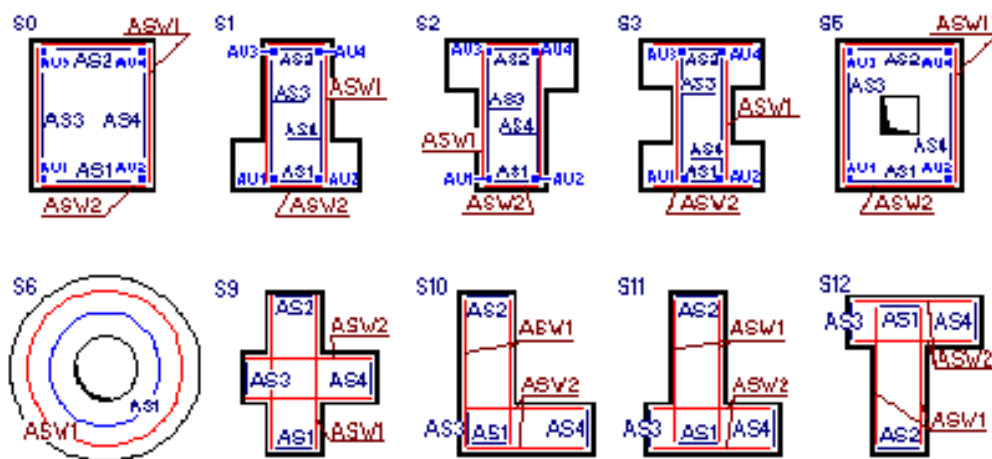


Рисунок 3.8 – Схеми розташування армування стрижневих елементів модуля ЛІР-АРМ ПК «ЛІРА САПР» [36]

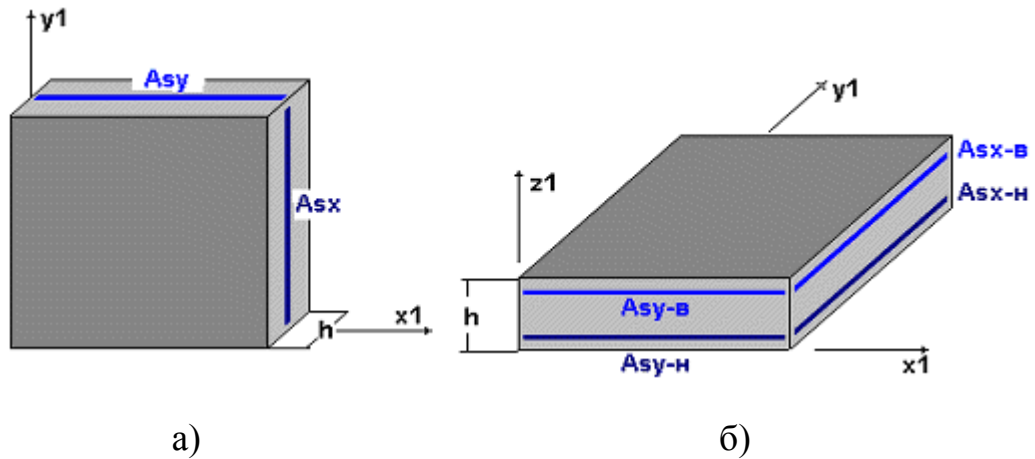


Рисунок 3.9 - Схеми розташування поздовжньої арматури:

а - балок-стінок, б - плит і оболонок.

В результаті підбору арматури стержневих СЕ видається:

- Поздовжня арматура - площа поздовжньої арматури (см^2) і відсоток армування, а саме:
 - AU1 - площа кутової нижньої поздовжньої арматури (в лівому нижньому кутку перерізу);
 - AU2 - площа кутової нижньої поздовжньої арматури (в правому нижньому кутку перерізу);
 - AU3 - площа кутовий верхній поздовжньої арматури (в лівому верхньому кутку перерізу);
 - AU4 - площа кутовий верхній поздовжньої арматури (в правому верхньому куті перерізу);
 - AS1 - площа нижньої поздовжньої арматури;
 - AS2 - площа верхньої поздовжньої арматури;
 - AS3 - площа бічної поздовжньої арматури (у лівій межі перерізу);
 - AS4 - площа бічної поздовжньої арматури (у лівій межі перерізу);
- Поперечна арматура – площа поперечної арматури (см^2), підібрана при кроці хомутів 100 см.
 - ASW1 - вертикальна поперечна арматура;

ASW2 - горизонтальна поперечна арматура;

- Ширина розкриття тріщин - ширина короткочасного і тривалого розкриття тріщин (мм).

В результаті підбору плоских СЕ видається площа поздовжньої арматури (см²) на погонний метр:

AS1 (Asx-н) - площа нижньої арматури у напрямку X (для балки-стілки посередині);

AS2 (Asx-в) - площа верхньої арматури у напрямку X;

AS3 (Asy-н) - площа нижньої арматури у напрямку Y (для балки-стілки посередині);

AS4 (Asy-в) - площа верхньої арматури у напрямку Y.

В якості прикладу в таблицях 3.6 – 3.12 наведені результати розрахунку арматури для всіх несучих залізобетонних елементів будівлі, отримані за результатами розрахунку в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації з урахуванням сейсмічного впливу 7 балів. Аналогічні параметри розрахункового армування отримані для варіанту сейсмічного впливу 8 балів.

Таблиця 3.6 - Максимальні розрахункові відсотки армування колон в умовах усталеної розрахункової ситуації

Z, м	Поздовжня арматура у граней перерізу при максимальному % армування, см ²				% армування	Поперечна арматура, см ² , на 1 м висоти	
	AU 1	AU 2	AU 3	AU 4		ASW1	ASW2
Колони 40x40 см (т.ж.2)							
+44,000	0.24	0.24	0.24	0.24	0.06	5.78	5.78
Колони 40x30 см (т.ж.3)							
+44,000	1.52	1.52	1.52	1.52	0.38	5.77	5.77
Примітки:							
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.							
2. Розрахункова висота колон прийнята рівною 0.7 їх геометричній висоті.							
4. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см. Армування симетричне.							

Таблиця 3.7 - Максимальні розрахункові відсотки армування колон в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (7 балів)

Z, м	Поздовжня арматура у граней перерізу при максимальному % армування, см ²				% армування	Поперечна арматура, см ² , на 1 м висоти	
	AU 1	AU 2	AU 3	AU 4		ASW1	ASW2
Колони 40x40 см (т.ж.2)							
+44,000	1.84	1.84	1.84	1.84	0.46	5.73	5.73
Колони 40x30 см (т.ж.3)							
+44,000	2.84	2.84	2.84	2.84	0.95	5.73	5.73
Примітки:							
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.							
2. Розрахункова висота колон прийнята рівною 0.7 їх геометричній висоти.							
4. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см. Армування симетричне.							

Таблиця 3.8 - Максимальне розрахункове армування діафрагм в умовах усталеної розрахункової ситуації

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по напрямку			
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4	AS1+AS2	AS3+AS4
товщиною 20 см (т.ж.7)								
+46,800	1	1	1	1	2	2	0.1	0.1
товщиною 25 см (т.ж.6)								
-3,800	2.35	2.67	1.74	3.21	3.92	4.46	0.16	0.18
0,000	1.72	1.82	1.25	1.77	3.07	3.02	0.12	0.12
+3,900	1.25	1.25	1.25	1.63	2.50	2.88	0.10	0.12
+6,900	1.25	1.25	1.25	1.30	2.50	2.55	0.10	0.10
+9,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+12,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+15,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+18,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+21,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+24,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+27,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+30,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+33,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+36,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+39,900	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
+44,000	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
товщиною 30 см (т.ж.5)								
-3,800	6.99	8.5	7.04	6.75	15.18	13.88	0.51	0.46
0,000	6.28	6.28	6.03	6.03	12.56	12.06	0.42	0.40
+3,900	1.55	1.98	1.98	2.07	3.48	3.71	0.12	0.12
+6,900	1.68	1.98	2.41	2.45	3.48	3.95	0.12	0.13

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по напрямку		AS1+AS2	AS3+AS4
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4		
+9,900	1.64	2.04	2.27	2.26	3.54	3.77	0.12	0.13
+12,900	1.61	1.78	2	1.95	3.28	3.5	0.11	0.12
+15,900	1.61	1.71	2.08	2.01	3.21	3.58	0.11	0.12
+18,900	1.6	1.82	1.93	2.23	3.32	3.73	0.11	0.12
+21,900	1.61	1.97	1.83	2.24	3.47	3.74	0.12	0.12
+24,900	1.64	2.14	1.87	2.16	3.64	3.66	0.12	0.12
+27,900	1.63	2.2	1.72	2.1	3.7	3.6	0.12	0.12
+30,900	1.75	2.16	1.64	1.96	3.66	3.46	0.12	0.12
+33,900	1.74	2.04	1.7	1.78	3.54	3.28	0.12	0.11
+36,900	1.61	1.85	1.85	1.53	3.35	3.35	0.11	0.11
+39,900	2.36	2.19	2.7	2.21	3.86	4.2	0.13	0.14
+44,000	2.22	1.92	2.46	1.89	3.72	3.96	0.12	0.13
+46,800	1.89	2.56	3.02	3.57	4.06	5.07	0.14	0.17
товщиною 40 см (т.ж.4)								
-3,800	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
0,000	2.69	2.68	2.6	2.29	4.69	4.6	0.12	0.12
+3,900	3.23	2.56	3.84	2.87	5.23	5.84	0.13	0.15
+6,900	2.89	3.15	2.36	2.64	5.15	4.64	0.13	0.12
+9,900	2.59	3.07	2.23	2.64	5.07	4.64	0.13	0.12
+12,900	2	2.44	2	2.15	4.44	4.15	0.11	0.10
+15,900	2	2.17	2	2	4.17	4	0.10	0.10
+18,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+21,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+24,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+27,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+30,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+33,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+36,900	2	2	2	2	4	4	0.10	0.10
+39,900	3.48	3.67	3.58	3.69	5.67	5.69	0.14	0.14
+44,000	2.72	3.05	4.57	5.15	5.05	7.15	0.13	0.18
стіни товщиною 40 см (т.ж.8)								
-3,800	9.64	13.82	8.06	10.49	48.82	78.38	1.22	1.96
Позначення:								
Z - апликація перекриття в комп'ютерній моделі будівлі;								
AS1 і AS2 - нижня і верхня відносно осі Z1 вертикальна арматура;								
AS3 і AS4 - нижня і верхня відносно осі Z1 горизонтальна арматура.								
Примітки:								
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.								
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см.								

Таблиця 3.9 - Максимальне розрахункове армування діафрагм в умовах
сейсмічної розрахункової ситуації (7 балів)

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по напрямку			
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4	AS1+AS2	AS3+AS4
товщиною 20 см (т.ж.7)								
+46,800	1.41	1.18	1.24	1.35	2.41	2.35	0.12	0.12
товщиною 25 см (т.ж.6)								
-3,800	6.39	7.57	6.00	7.53	13.96	12.47	0.56	0.50
0,000	5.61	4.46	1.67	3.15	10.07	4.40	0.40	0.18
+3,900	4.94	6.31	2.87	4.86	11.25	7.73	0.45	0.31
+6,900	4.86	5.81	2.35	4.57	10.67	5.82	0.43	0.23
+9,900	4.72	4.91	2.30	2.40	9.63	4.70	0.39	0.19
+12,900	4.91	5.89	2.38	2.88	10.80	5.26	0.43	0.21
+15,900	1.38	2.35	1.25	2.89	3.60	4.14	0.14	0.17
+18,900	1.30	2.00	1.25	2.46	3.25	3.71	0.13	0.15
+21,900	1.25	1.71	1.25	2.07	2.96	3.32	0.12	0.13
+24,900	1.25	1.50	1.25	1.78	2.75	3.03	0.11	0.12
+27,900	1.25	1.57	1.25	1.67	2.82	2.92	0.11	0.12
+30,900	1.25	1.41	1.25	1.49	2.66	2.74	0.11	0.11
+33,900	1.25	1.34	1.25	1.41	2.59	2.66	0.10	0.11
+36,900	1.25	1.25	1.25	1.29	2.50	2.54	0.10	0.10
+39,900	1.27	1.25	1.25	1.25	2.52	2.50	0.10	0.10
+44,000	1.25	1.25	1.25	1.25	2.50	2.50	0.10	0.10
товщиною 30 см (т.ж.5)								
-3,800	14.38	17.12	21.77	20.97	31.22	42.74	1.04	1.42
0,000	16.26	16.86	49.14	46.73	32.75	95.87	1.09	3.20
+3,900	17.43	19.07	24.76	22.71	36.16	40.08	1.21	1.34
+6,900	19.73	20.78	19.66	18.85	39.2	30.48	1.31	1.02
+9,900	20.43	20.86	18.33	16.74	40.43	28.08	1.35	0.94
+12,900	20.41	20.29	16.25	15.04	40.34	23.84	1.34	0.79
+15,900	19.42	19.82	14.58	13.49	39.24	23.35	1.31	0.78
+18,900	18.48	18.85	13.05	12.15	37.33	23.3	1.24	0.78
+21,900	17.4	17.41	11.54	10.88	34.81	21.8	1.16	0.73
+24,900	15.85	15.89	10.37	9.74	31.74	20.11	1.06	0.67
+27,900	14.11	14.13	9.27	8.77	28.24	18.04	0.94	0.60
+30,900	12.17	12.18	8.24	8.46	24.35	15.86	0.81	0.53
+33,900	10.15	10.16	7.27	8.15	20.31	14.55	0.68	0.49
+36,900	7.97	7.85	7.28	7.75	15.72	15.03	0.52	0.50
+39,900	6.99	6.3	9.59	9.28	13.29	18.68	0.44	0.62
+44,000	3.24	3.5	5.79	4.27	5.85	8.98	0.20	0.30
+46,800	2.83	3.49	4.71	6.27	5.59	8.27	0.14	0.21
товщиною 40 см (т.ж.15)								
-3,800	3.01	3.8	5.06	2.8	5.8	7.06	0.15	0.18
0,000	14.21	14.74	17.09	15.09	28.62	31.45	0.72	0.79

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по напрямку		AS1+AS2	AS3+AS4
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4		
+3,900	13.51	13.84	11.35	11.35	27.17	22.7	0.68	0.57
+6,900	9.92	9.87	8.52	6.13	18.75	14.6	0.47	0.37
+9,900	8.93	8.68	3.5	3.73	14.66	5.73	0.37	0.14
+12,900	2.99	3.94	3.64	3.18	5.94	5.64	0.15	0.14
+15,900	2.98	3.49	3.03	2.91	5.49	5.03	0.14	0.13
+18,900	2.87	3.04	2.76	2.7	5.04	4.76	0.13	0.12
+21,900	2.59	2.66	2.67	2.58	4.66	4.67	0.12	0.12
+24,900	2.29	2.37	2.5	2.48	4.37	4.5	0.11	0.11
+27,900	2	2.13	2.38	2.37	4.13	4.38	0.10	0.11
+30,900	2.16	2.15	2.35	2.24	4.16	4.35	0.10	0.11
+33,900	2.06	2.51	3.76	3.37	4.51	5.76	0.11	0.14
+36,900	2.51	2.53	4.86	4.41	4.53	6.86	0.11	0.17
+39,900	4.04	4.2	6.83	7.08	6.2	10.01	0.16	0.25
+44,000	3.01	3.18	5.78	6.11	5.18	9.13	0.13	0.23
стіни товщиною 40 см (т.ж.8)								
-3,800	20.23	23.11	21.7	19.61	43.34	41.31	1.08	1.03
Позначення:								
Z - апликація перекриття в комп'ютерній моделі будівлі;								
AS1 і AS2 - нижня і верхня відносно осі Z1 вертикальна арматура;								
AS3 і AS4 - нижня і верхня відносно осі Z1 горизонтальна арматура.								
Примітки:								
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.								
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см.								

Таблиця 3.10 - Максимальне розрахункове армування ростверку, плит перекриття в умовах усталеної розрахункової ситуації

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по позиції		AS1+AS2	AS3+AS4
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4		
Плита ростверку (т.ж.10)								
-3,800	6.70	15.08	8.61	12.16	16.08	16.85	0.80	0.84
Перекриття на відм. 0,000 (т.ж.7)								
0,000	3.78	3.94	3.16	3.89	7.72	7.05	0.51	0.47
Позначення:								
Z - апликація перекриття / проміжної сходової площадки в комп'ютерній моделі будівлі;								
AS1 - нижня арматура, паралельна числовим осям;								
AS2 - верхня арматура, паралельна числовим осям;								
AS3 - нижня арматура, паралельна літерним осям;								
AS4 - верхня арматура, паралельна літерним осям.								
Примітки:								
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.								
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см (для плит перекриття) та 5,5 см (для плити ростверку).								

Таблиця 3.11 - Максимальне розрахункове армування ростверку, плит перекриття в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (7 балів)

Z, м	Максимальна розрахункова площа арматури, см ² /пм						Максимальний % армування	
	по позиції				по позиції			
	AS1	AS2	AS3	AS4	AS1+AS2	AS3+AS4	AS1+AS2	AS3+AS4
Плита ростверку (т.ж.10)								
-3,800	61.21	22.53	31.32	13.28	83.74	37.32	0.70	0.31
Перекриття на відм. 0,000 (т.ж.7)								
0,000	13.04	19.34	11.06	12.56	28.98	23.62	1.45	1.18
Позначення:								
Z - аппликата перекриття / проміжної сходової площадки в комп'ютерній моделі будівлі;								
AS1 - нижня арматура, паралельна числовим осям;								
AS2 - верхня арматура, паралельна числовим осям;								
AS3 - нижня арматура, паралельна літерним осям;								
AS4 - верхня арматура, паралельна літерним осям.								
Примітки:								
1. При підборі арматури враховані конструктивні вимоги.								
2. Результати, наведені в таблиці, відповідають відстані від центра ваги арматури до граней перерізу, рівному 3 см (для плит перекриття) та 5,5 см (для плити ростверку).								

Таблиця 3.12 - Максимальні розрахункові відсотки армування елементів будівлі

№№ т.ж.	Назва елементу	Максимальний % армування при розрахунках в умовах розрахункової ситуації		
		усталеної	сейсмічної	
			7 балів	8 балів
2	Колона 40х40 см	0,06	0,46	0,98
3	Колона 30х40 см	0,38	0,95	1,40
4	Діафрагми 40 см	0,15	0,79	2,15
5	Діафрагми 30 см	0,51	2,8	4,7
6	Діафрагми 25 см	0,18	0,56	1,24
7	Перекриття 20 см	0,51	1,45	3,08
8	Стіни підвалу 40 см	1,96	1,08	2,55
10	Плита ростверку 120 см	0,84	0,7	1,23

Результати, наведені в таблиці 3.12, свідчать про те, що максимальні розрахункові відсотки армування несучих елементів не перевищують граничного значення (4%) при сейсмічному впливі 7 балів. При сейсмічному впливі 8 балів розрахункове армування окремих елементів діафрагм товщиною 30 см перевищує 4%. Це стосується ділянок в осях 7-8/В та 2-3/В в рівні першого поверху. Таким чином, для сприйняття діючих навантажень перерізи цих конструкцій мають бути збільшені. Відсотки армування інших елементів діафрагм товщиною 30 см не перевищують 3,2%.

Слід також зазначити, що максимальні значення армування при сейсмічному впливі 7 балів для діафрагм товщиною 30 см (2,8%) зафіксовані лише в окремих елементах – місцях сполучення з перекриттям. Максимальні значення армування переважної більшості елементів діафрагм товщиною 30 см не перевищують 1,42%.

3.6 Порівняння результатів розрахунку

В таблиці 3.13 наведено порівняння основних параметрів сейсмічної реакції будівлі загалом та окремих конструктивних елементів, розрахункового армування отримані за результатами розрахунку в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів за різними методиками розрахунку.

Таблиця 3.13 - Порівняння результатів розрахунку будівлі

Конструктивний елемент	Показник	Розрахункова ситуація та метод розрахунку		
		усталена вітер	сейсмічна	
			ДБН [2]	EN [3]
Деформації				
Будівля загалом	Горизонтальне переміщення верху, мм	10,17	48,91	58,81
			97,84	117,65
Ростверк	Вертикальне переміщення, мм	18,01	18,79	19,94
			22,27	25,25
Ростверк	Різниця осідань, мм	4,59	6,73	7,91
			11,6	12,55
Будівля загалом	Нерівномірне осідання [0.002]	0,000242	0,000354	0,000416
			0,00061	0,00066
Поверхи	Перекіс поверху [0.004]	-	0,00099	0,00119
			0,00199	0,00238
Розрахункове армування				
Ростверк		0.43	0.61	0.66
			1,23	1,32
Діафрагми	% армування перерізу	0.51	1.37	1.42
			3,2	3,58
Колони		0.38	0.89	0.93
			1,4	1,76
Перекриття		0.69	1.21	1.42
			3,08	3,61
Примітки. В чисельнику наведені значення, що відповідають 7 балам, в знаменнику - 8 балам.				

В таблиці 3.14 наведено зусилля в основних конструктивних елементах будівлі, отриманих за різними способами комбінування навантажень, а саме:

$$\text{ДБН [2]: } 0,9DL + 0,8LL1 + 0,5LL2 \pm 1,0E \quad E=1,0E_x \llcorner \llcorner 1,0E_y \llcorner \llcorner 1,0E_z -$$

комбіновані за правилом ККСК

$$\text{ЕН [3]: } 1,0DL + 0,3LL \pm 1,0E_x \pm 0,3E_y \pm 0,3E_z$$

$$1,0DL + 0,3LL \pm 0,3E_x \pm 1,0E_y \pm 0,3E_z \quad (\text{обрано максимальне значення})$$

$$1,0DL + 0,3LL \pm 0,3E_x \pm 0,3E_y \pm 1,0E_z$$

$$\text{ІВС-1 [18]: } 1,2DL + 1,0LL \pm 1,0E_x$$

$$1,2DL + 1,0LL \pm 1,0E_y \quad (\text{обрано максимальне значення})$$

$$\text{ІВС-2 [18]: } 0,9DL \pm 1,0E_x$$

$$0,9DL \pm 1,0E_y \quad (\text{обрано максимальне значення})$$

Примітки. Всі позначення навантажень приведені до єдиного типу: DL – навантаження від власної ваги; LL – змінне навантаження (LL1 – тривале; LL2 – короткочасне відповідно до ДБН [2]), E – сейсмічна дія.

Таблиця 3.14 – Порівняння зусиль в конструкціях будівлі

Конструктивний елемент, зусилля	Інтенсивність сейсмічного впливу	Зусилля			
		Метод комбінування навантажень			
		ДБН [2]	ЕН [3]	ІВС-1 [18]	ІВС-2 [18]
Палі $N_{\min}, \text{кН}$	7 балів	992	838	1100	917
	8 балів	1302	1126	1409	1228
Ростверк $M_y, \text{кН/м}^2$	7 балів	1289	994	1378	1256
	8 балів	1693	1570	2140	2018
Діафрагми 40 см $N_y, \text{кН/м}^2$	7 балів	9347	10317	11740	9999
	8 балів	13055	14602	16463	14722
Діафрагми 40 см $N_x, \text{кН/м}^2$	7 балів	1913	2387	2453	2150
	8 балів	2868	3428	3460	3546
Діафрагми 30 см $N_y, \text{кН/м}^2$	7 балів	10209	10903	12690	10580
	8 балів	14740	15453	18032	15921
Діафрагми 30 см $N_x, \text{кН/м}^2$	7 балів	1548	1764	1882	1585
	8 балів	2138	2629	2811	2393
Колони $N, \text{кН}$	7 балів	208	241	268	216
	8 балів	287	345	361	310
Колони $M, \text{кН}\cdot\text{м}$	7 балів	49	65	68	58
	8 балів	75	103	105	96
Перекрыття $M_x, \text{кН/м}^2$	7 балів	57	64	76	69
	8 балів	97	111	126	123

Порівняння зусиль в основних конструктивних елементах будівлі, отриманих за різними способами комбінування навантажень наведено на рисунках 3.11 – 3.16.

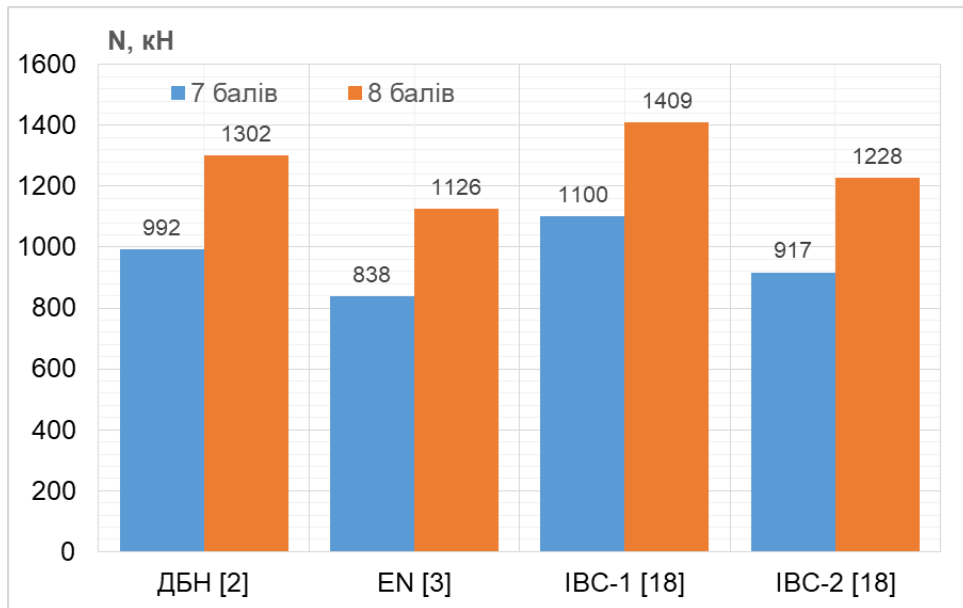


Рисунок 3.11 – Навантаження на палі, N, кН

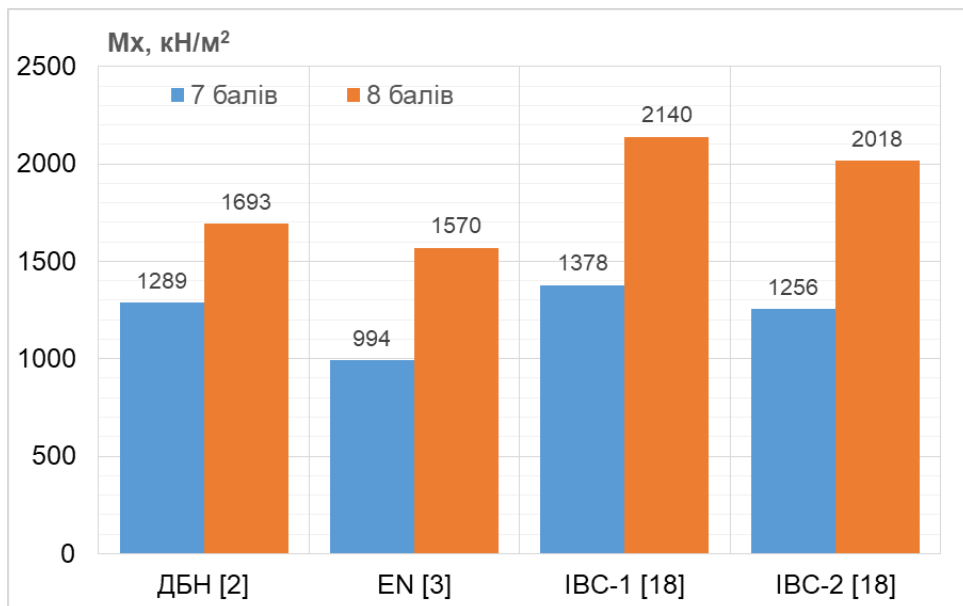
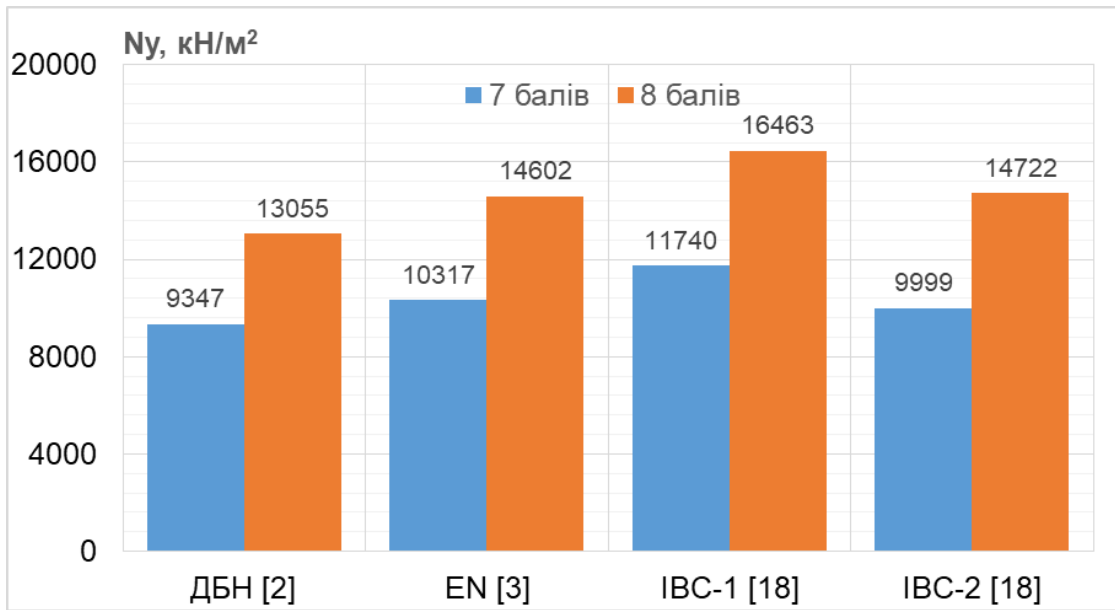
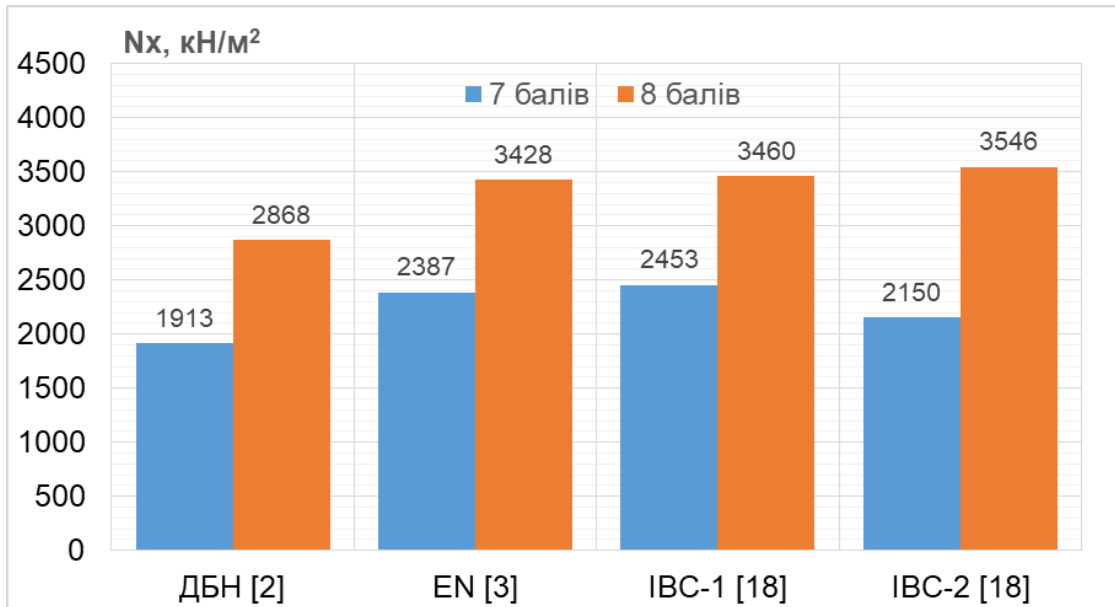


Рисунок 3.12 – Згинальні напруження M, кН/м² в ростверку

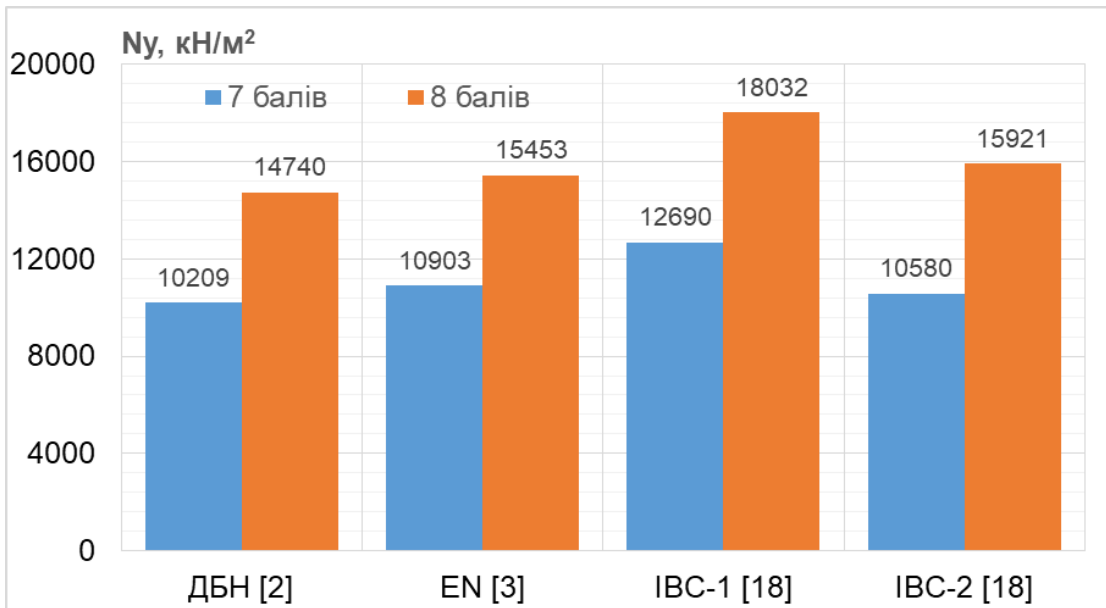


а)

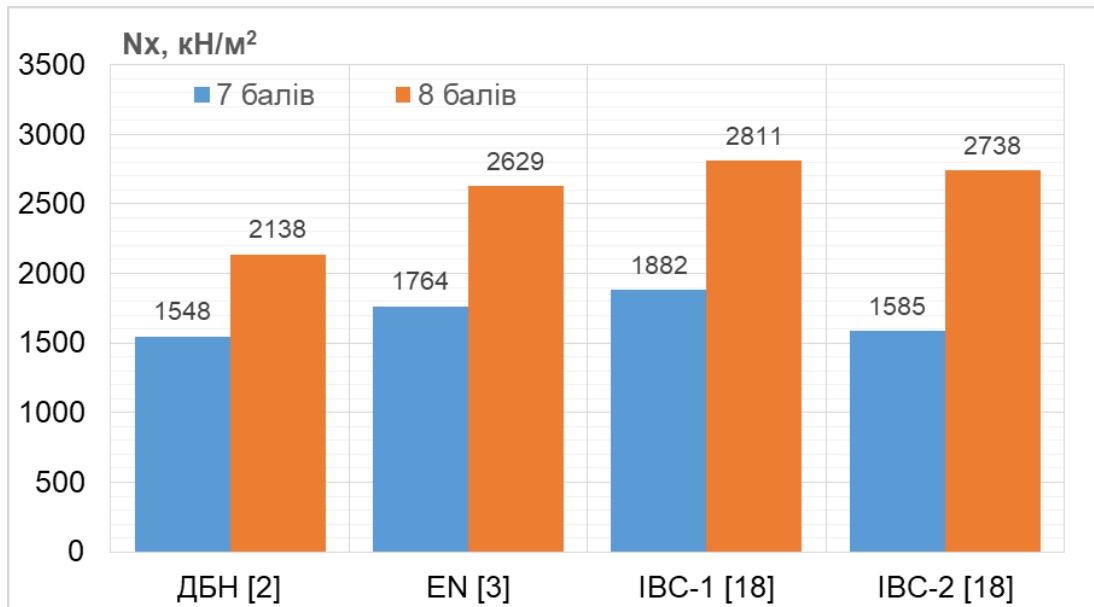


б)

Рисунок 3.13 – Поздовжні N_y , кН/м² (а) та поперечні N_x , кН/м² (б) напруження в діафрагмах товщиною 40 см

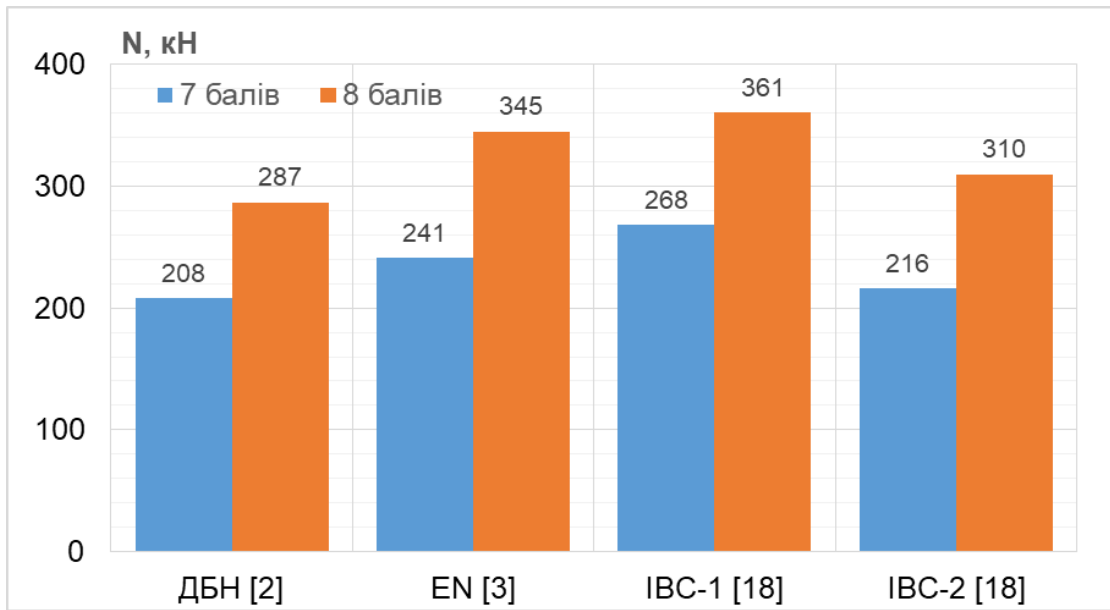


а)

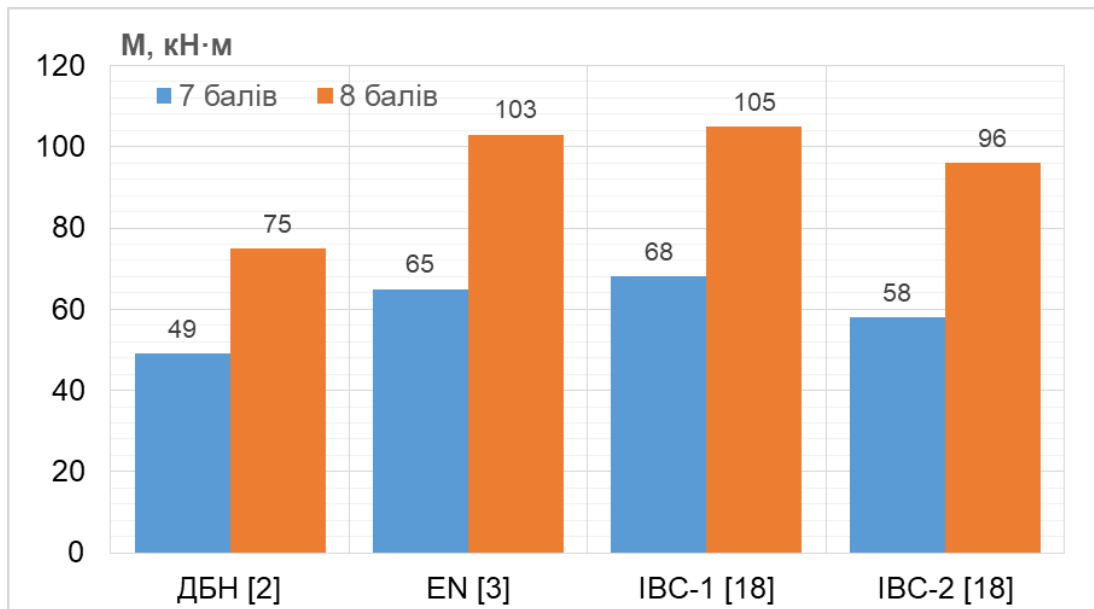


б)

Рисунок 3.14 – Поздовжні N_y , кН/м² (а) та поперечні N_x , кН/м² (б) в діафрагмах товщиною 30 см



а)



б)

Рисунок 3.15 – Поздовжні зусилля, N , кН (а) та згинальні моменти M , кН·м (б) в колонах

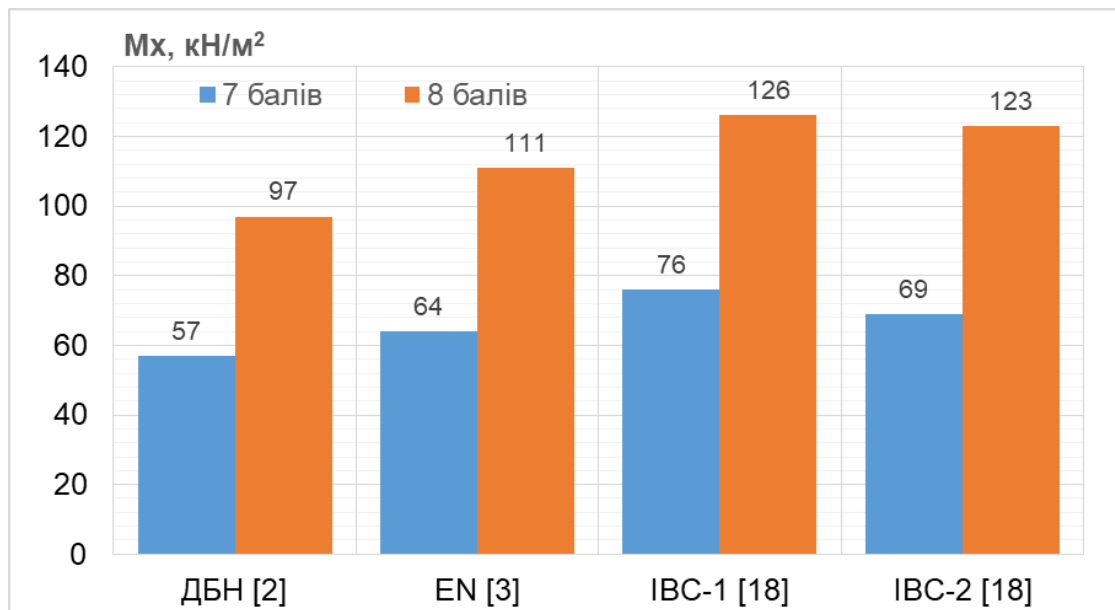


Рисунок 3.16 – Згинальні напруження M_x , kN/m^2 в плитах перекриття

Таблиця 3.15 – Відсотки відхилень результатів розрахунку зусиль в конструкціях будівлі від мінімального значення

Конструктивний елемент, зусилля	Інтенсивність сейсмічного впливу	Перевищення значень зусиль, %			
		Метод комбінування навантажень			
		ДБН [2]	EN [3]	ІВС-1 [18]	ІВС-2 [18]
Палі N_{\min}, kH	7 балів	18	-	31	9
	8 балів	16	-	25	9
Ростверк $M_y, \text{kH/m}^2$	7 балів	30	-	39	26
	8 балів	8	-	36	29
Діафрагми 40 см $N_y, \text{kH/m}^2$	7 балів	-	10	26	7
	8 балів	-	12	26	13
Діафрагми 40 см $N_x, \text{kH/m}^2$	7 балів	-	25	28	12
	8 балів	-	20	21	24
Діафрагми 30 см $N_y, \text{kH/m}^2$	7 балів	-	7	24	4
	8 балів	-	5	22	8
Діафрагми 30 см $N_x, \text{kH/m}^2$	7 балів	-	14	22	2
	8 балів	-	23	31	28
Колони N, kH	7 балів	-	16	29	4
	8 балів	-	20	26	8
Колони $M, \text{kH}\cdot\text{m}$	7 балів	-	33	39	18
	8 балів	-	37	40	28
Перекриття $M_x, \text{kH/m}^2$	7 балів	-	12	33	21
	8 балів	-	14	30	27
Середнє значення перевищення, %		-	14	29	15

3.7 Висновки за розділом

За результатами аналізу даних таблиці 3.12 - 3.16 можна зробити наступні висновки:

1. Значення параметрів напружено-деформованого стану будівлі в умовах розрахункової сейсмічної ситуації із урахуванням сейсмічних впливів 7 та 8 балів перевищують аналогічні значення НДС в умовах усталеної розрахункової ситуації, зокрема при впливі вітрових навантажень.

2. Значення інерційних та поперечних сил за висотою будівлі, отримані за спектральним методом більші відповідно до EN1998-1 [3], а ніж за ДБН [2] - різниця складає 23% при 7 та 8 балах.

3. Різниця між значеннями переміщень, отриманих за спектральним методом ДБН [2] та EN1998-1 [3], складає 19% при 7 та 8 балах. Максимальні значення перекосів поверхів становлять 0,0012 при 7 балах та 0,0024 при 8 балах. Всі отримані перекоси поверхів не перевищують допустимі значення, які відповідно до [2] для розглянутого типу будівлі становлять 0,004.

4. Аналіз зусиль в елементах несучих конструкцій показав наступне:

- зусилля від комбінації навантажень відповідно до ДБН [2] виявились найнижчими, за виключенням навантажень на палі та зусиль у ростверку, для яких мінімальні значення отримані для EN1998-1 [3] - різниця складає 17% у порівнянні із ДБН [2]);

- зусилля від комбінації навантажень відповідно до EN1998-1 [3] та ІВС-1 [18] перевищують аналогічні зусилля ДБН [2] в середньому на 14% та 29% відповідно;

- зусилля від комбінації ІВС-2 [18] приблизно відповідають зусиллям від до EN1998-1 [3] та перевищують показники ДБН [2] в середньому на 15%;

- отримані зусилля залежать від коефіцієнта комбінацій постійних навантажень та способу врахування сейсмічної дії. За методами EN1998-1 [3] та ІВС-1 [18], що враховують повний вплив однієї з компонент (з коефіцієнтом 1,0), значення зусиль суттєво перевищують значення, отримані за правилом ККСК ДБН [2]. Особливо це стосується зусиль, викликаних горизонтальними

складовими сейсмічної дії (поперечні сили в діафрагмах, колонах), для яких отримані максимальні значення перевищень. Це може бути обґрунтовано проявом максимальної реакції на складову сейсмічної дії в одному напрямку, яке не проявляється подібним чином при врахуванні просторового характеру впливу за правилом ККСК;

- суттєвим недоліком методів ІВС [18] є нехтування вертикальною складовою сейсмічної дії, що для розглянутого прикладу не є визначальним, але може бути суттєвим при більших прогонах плит перекриття.

5. Максимальні відсотки розрахункового армування конструкцій, визначені в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуацій при сейсмічному впливі 7 та 8 балів загалом не перевищують граничного значення 4%. Виключенням є перерізи діафрагм товщиною 30 см в осях 7-8/В та 2-3/В в рівні першого поверху. Для сприйняття діючих навантажень перерізи цих конструкцій мають бути збільшені. Відсотки армування інших елементів діафрагм товщиною 30 см не перевищують 3,2%.

3.8 Порівняння витрат армування для забезпечення сейсмостійкості будівлі

Розраховано витрати додаткової арматури для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 балів у порівнянні із витратами арматури для основних сполучень навантажень.

Результати розрахунку площі, об'єму, ваги та вартості додаткової арматури при врахуванні сейсмічних навантажень 8 балів наведені в таблицях 3.16 та 3.17 для основних конструкцій будинку. При розрахунках вартості додаткової арматури прийнята ціна 32 200 грн. за одну тону відповідно до цін виробників [43] (прокат для армування залізобетонних конструкцій, клас А400/А500, діаметр 16 – 32 мм).

Максимальна вага додаткової арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, необхідної для забезпечення сейсмостійкості конструкцій будівлі

при сейсмічних впливах 8 балів, складає 288,54 т. Вартість додаткової арматури складає 9 291 тис. грн.

Максимальна вага додаткової арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, необхідної для забезпечення сейсмостійкості конструкцій будівлі при сейсмічних впливах 7 балів, складає 72,8 т. Вартість додаткової арматури складає 2 344 тис. грн.

Таблиця 3.16 - Збільшення витрат арматури в діафрагмах жорсткості та стінах будинку при врахуванні сейсмічних впливів інтенсивністю 8 балів

Позначка, м	Макс. % армування ($\mu_x + \mu_y$)		Збільшення армування $\Delta\mu$, %	Площа діафрагм на поверсі, м ² .	Об'єм додаткової арматури, м ³	Вага додаткової арматури, т ($\rho = 7,81 \text{ т/м}^3$)	Вартість додаткового армування, грн.
	усталена р.с.	сейсмічна р.с.					
Діафрагми товщиною 25 см							
-3,800	0.34	2.15	1.8118	0.8573	0.0590	0.4610	14843.41
0,000	0.24	1.18	0.9374	0.8573	0.0313	0.2448	7881.87
+3,900	0.22	1.54	1.3228	0.8573	0.0340	0.2657	8555.69
+6,900	0.2	1.34	1.1398	0.8573	0.0293	0.2289	7372.07
+9,900	0.2	1.18	0.9774	0.8573	0.0251	0.1963	6321.69
+12,900	0.2	1.30	1.0992	0.8573	0.0283	0.2208	7109.48
+15,900	0.2	0.63	0.4293	0.8573	0.0110	0.0862	2776.65
+18,900	0.2	0.57	0.3684	0.8573	0.0095	0.0740	2382.76
+21,900	0.2	0.51	0.3075	0.8573	0.0079	0.0618	1988.87
+24,900	0.2	0.47	0.2669	0.8573	0.0069	0.0536	1726.27
+27,900	0.2	0.47	0.2669	0.8573	0.0069	0.0536	1726.27
+30,900	0.2	0.45	0.2466	0.8573	0.0063	0.0495	1594.98
+33,900	0.2	0.43	0.2263	0.8573	0.0058	0.0455	1463.68
+36,900	0.2	0.41	0.206	0.8573	0.0053	0.0414	1332.38
+39,900	0.2	0.41	0.206	0.8573	0.0072	0.0566	1820.92
+44,000	0.2	0.41	0.206	0.86	0.0035	0.0277	891.05
Діафрагми товщиною 30 см							
-3,800	0.97	3.28	2.31	20.81	1.8267	14.2665	459382.62
0,000	0.82	4.39	3.5667	20.81	2.8947	22.6074	727957.65
+3,900	0.24	3.40	3.16	20.81	1.9728	15.4075	496120.67
+6,900	0.25	3.11	2.8567	20.81	1.7834	13.9285	448497.27
+9,900	0.25	3.05	2.8033	20.81	1.7501	13.6684	440123.93
+12,900	0.23	2.84	2.61	20.81	1.6294	12.7258	409770.55

Позначка, м	Макс. % армування ($\mu_x + \mu_y$)		Збільшення армування $\Delta\mu$, %	Площа діафрагм на поверсі, м ² .	Об'єм додаткової арматури, м ³	Вага додаткової арматури, т ($\rho = 7,81 \text{ т/м}^3$)	Вартість додаткового армування, грн.
	усталена р.с.	сейсмічна р.с.					
+15,900	0.23	2.79	2.5567	20.81	1.5961	12.4658	401397.21
+18,900	0.23	2.69	2.4633	20.81	1.5379	12.0107	386743.86
+21,900	0.24	2.52	2.28	20.81	1.4234	11.1168	357960.48
+24,900	0.24	2.31	2.0667	20.81	1.2902	10.0766	324467.11
+27,900	0.24	2.05	1.8133	20.81	1.1321	8.8414	284693.72
+30,900	0.24	1.79	1.5467	20.81	0.9656	7.5412	242827.00
+33,900	0.23	1.56	1.33	20.81	0.8303	6.4848	208810.28
+36,900	0.22	1.36	1.14	20.81	0.7117	5.5584	178980.24
+39,900	0.27	1.41	1.1433	20.81	0.9755	7.6187	245321.55
+44,000	0.25	0.67	0.4167	20.81	0.2428	1.8961	61055.64
+46,800	0.31	0.47	0.1567	20.81	0.0652	0.5092	16397.80
Діафрагми товщиною 40 см							
-3,800	0.2	0.67	0.4699	11.76	0.2100	1.6400	52808.43
0,000	0.24	3.07	2.8253	11.76	1.2958	10.1202	325869.27
+3,900	0.28	2.54	2.2575	11.76	0.7964	6.2202	200291.83
+6,900	0.25	1.71	1.4552	11.76	0.5134	4.0096	129109.49
+9,900	0.25	1.04	0.7853	11.76	0.2771	2.1638	69674.05
+12,900	0.21	0.59	0.3787	11.76	0.1336	1.0435	33599.34
+15,900	0.2	0.55	0.3481	11.76	0.1228	0.9591	30884.42
+18,900	0.2	0.51	0.3075	11.76	0.1085	0.8473	27282.28
+21,900	0.2	0.49	0.2872	11.76	0.1013	0.7913	25481.20
+24,900	0.2	0.45	0.2466	11.76	0.0870	0.6795	21879.05
+27,900	0.2	0.43	0.2263	11.76	0.0798	0.6235	20077.98
+30,900	0.2	0.43	0.2263	11.76	0.0798	0.6235	20077.98
+33,900	0.2	0.51	0.3075	11.76	0.1085	0.8473	27282.28
+36,900	0.2	0.57	0.3684	11.76	0.1300	1.0151	32685.50
+39,900	0.28	0.83	0.5523	11.76	0.2663	2.0798	66968.89

Позначка, м	Макс. % армування ($\mu_x + \mu_y$)		Збільшення армування $\Delta\mu$, %	Площа діафрагм на поверсі, м ² .	Об'єм додаткової арматури, м ³	Вага додаткової арматури, т ($\rho = 7,81 \text{ т/м}^3$)	Вартість додаткового армування, грн.
	усталена р.с.	сейсмічна р.с.					
+44,000	0.31	0.73	0.4208	11.76	0.0990	0.7730	24889.72
Стіни підвалу товщиною 25 см							
-3,800	3.18	4.18	1	33.7	1.2806	10.0015	322047.85
Разом:					9.17	71.59	7 097 811.34

Таблиця 3.17 - Збільшення витрат арматури в плитах ростверку та перекриття при врахуванні сейсмічних впливів інтенсивністю 8 балів

Позначка, м	Макс. % армування ($\mu_x + \mu_y$)		Збільшення армування $\Delta\mu$, %	Площа додаткової арматури A_s , см ² /п.м.	Об'єм додаткової арматури, м ³	Вага додаткової арматури, т ($\rho = 7,81 \text{ т/м}^3$)	Вартість додаткового армування, грн.
	усталена р.с.	сейсмічна р.с.					
Ростверк товщиною 120 см							
-3,800	0.43	1.23	0.8	16	0.1367	17.0822	550 047.62
Плити перекриття товщиною 20 см							
0,000 - +45,500 (16 перекриттів)	0.69	3.08	2.39	47.8	0.4084	51.0331	1 643 267.27
Разом:					0,8612	107,613	2 193 314.99

4. ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

При визначенні параметрів проектування, дані об'єкти та конструктивні елементи, їх характеристики наведені у відповідності державним стандартам та будівельним нормам.

4.1. Архітектурно-будівельні рішення

4.1.1 Благоустрій території забудови

Генеральний план забудови території розроблений на топографічній основі в масштабі 1:500. Проектом передбачено благоустрій та озеленення прилеглої території: асфальтування під'їздів та вимощення біля будівлі, заощення декоративною плиткою тротуарів, майданчиків, влаштування гостьових парковок, озеленення газонів сумішню газонних трав стійких до вищипування, посадку нових дерев і чагарників, влаштування квітників.

Запроектований житловий комплекс знаходиться в місті Одеса і розміщується вздовж вулиці Гетьманській. Зі сходу, півдня і півночі ділянка забудови обмежена внутрішньо-квартальними проїздами, що проектуються. Під'їзд до житлового комплексу і в'їзд в паркінг (виїзд) здійснюється з вул. Гетьманської і зі запроектованих проїздів.

Рельєф майданчика будівництва спокійний, рівний. Висотне положення комплексу, що проектується та вертикальне планування ділянки запроектовані, виходячи з умов водовідведення дощових та талих вод, примикання до позначок існуючої дороги і майданчика будівництва в цілому. Відведення атмосферних вод від будівлі і ділянки вирішено поверхневим стоком уздовж бортового каменю спланованою територією, в понижені місця рельєфу.

Проект благоустрою території включає в себе влаштування покриттів внутрішньо-квартального проїзду, майданчиків, тротуарів, вимощення, озеленення і установку устаткування. Покриття проїжджої частини прийнято

асфальтобетонне, тротуарів - з декоративної плитки.

При встановленні інженерно-сейсмологічної характеристики майданчику будівництва визначено, що нормативна інтенсивність сейсмічних впливів для м. Одеси прийнята на основі карти «А» і списку населених пунктів України, наведеного в ДБН В.1.1-12, і становить 7 балів за шкалою ДСТУ Б В.1.1-28.

Відповідно до результатів інженерно-геологічних вишукувань встановлено, що категорія ґрунтів за сейсмічними властивостями – третя. Таким чином відповідно до таблиці 1.1 ДБН В.1.1-12 розрахункова сейсмічність майданчика будівництва має становити 8 балів. Відповідно до ДБН В.1.1-12 розрахункова сейсмічність має бути уточнена за результатами робіт з сейсмічного мікрорайонування майданчика будівництва.

Для озеленення території забудови прийняті наступні заходи: посадка дерев, чагарників, влаштування квітників і газонів. На майданчику для відпочинку проектом передбачена установка лавок і урн для сміття.

Перед визначенням робіт благоустрою, проєктований житловий комплекс обладнується системами водопостачання та каналізації, розробленими відповідно до діючих норм і правил, що діють на території України. Водопостачання всіх вбудованих приміщень здійснюється від магістральних трубопроводів систем холодного і гарячого водопостачання нижніх зон. Всі відгалуження до споживачів вбудованих приміщень обладнуються водомірами холодної і гарячої води. Прилади санвузлів приєднуються до стояків госп-побутової каналізації житлової частини будівлі. Стоки від виробничих процесів вбудованих приміщень відводяться окремою системою виробничої каналізації в зовнішню мережу.

Всі роботи з благоустрою території виконувати після прокладки всіх підземних комунікацій.

4.1.2 Архітектурно-планувальні рішення

Проектом передбачено будівництво житлового 14-типоверхового будинку, планувальними рішеннями якого передбачено підвал, з позначкою підлоги -3.000,

офісний поверх, з позначкою підлоги 0.000 та 13 житлових поверхів, висотою 3.0 м і технічний поверх.

Житловий будинок, опрацьований в кваліфікаційній роботі входить до житлового комплексу в якому передбачено групу житлових будинків різної поверховості. Всі будівлі об'єднані між собою одноповерховим стилобатом. Зблоковані секції розділені між собою антисейсмічними швами.

У перших поверхах житлових будинків (в стилобаті) передбачено розміщення приміщень громадського призначення (магазинів, дитячого центру), вестибюлів житлового будинку, приміщення консьєржа, кімната відпочинку охорони, санвузли, офісні та підсобні приміщення, сходово-ліфтовий блок. Висота першого поверху складає 4,2 м. Висота житлових поверхів прийнята рівною 3 м.

У житловому будинку передбачаються 1-2 кімнатні квартири. Всі квартири мають поліпшене планування: просторі житлові кімнати і кухні, широкі передпокої.

Несучі монолітні стіни виконуються з утепленням з зовнішньої сторони пінополістиролом товщиною 100 мм. Зовнішні не несучі стіни будівель виконуються з кладки газобетонних блоків ($\lambda = 400$ кг/куб.м) товщиною 400 мм з укладанням його за допомогою спеціальної клейової суміші. Міжквартирні стіни - з газобетонних блоків товщиною 200 мм. Перегородки - з газобетонних блоків товщиною 100 мм.

У будівлях передбачені технічні поверхи: під першим поверхом будівлі і на другому поверсі. У технічних поверхах передбачені електрощитові (в кожній блок-секції), технічні приміщення, протипожежні пости (два приміщення на будинок). Передбачені також не задимлювані сходові клітки, забезпечені природним освітленням. Покрівля плоска, поєднана. Водостік – внутрішній. Будівля обладнується ліфтами, що опускаються на поверх, де розташовується стоянка автомобілів.

У всіх приміщеннях квартир виконується внутрішнє оздоблення, штукатурні роботи, цементно-піщана стяжка по перекриттях, затирка стель, встановлюються віконні та дверні балконні блоки. Вхідні дверні блоки в квартири виконуються

металевими, протипожежними, посиленої конструкції. Решта оздоблювальних робіт виконується за рахунок власників квартир. Оздоблення стін сходових клітин: водоемульсійне фарбування стін (0.4 м від підлоги - масляне фарбування світлих тонів), клейова побілка нижньої частини сходових площадок і маршів. До виконання зовнішнього оздоблення будівлі відносяться стіни - штукатурка по сітці з пінополістиролу, з подальшим високоякісним фарбуванням фасадними акриловими фарбами, частково - обробка керамічною плиткою під натуральний камінь.

Віконні і балконні дверні блоки виконуються з металопластикового профілю білого кольору. Цоколь будівлі – передбачено облицювання натуральним каменем.

На першому поверсі будівель житлового комплексу передбачено розміщення приміщень громадського призначення. Висота приміщень передбачена 4,2 м. Можливе розміщення: магазинів непродовольчої групи товарів загальною площею до 1000 кв.м). Завантаження магазинів - ізольоване від житлової частини комплексу, з рівня паркінгу.

Також розміщений надземний паркінг розміщений в рівні перших поверхів будівлі і під дворовим простором, на якому розміщена стоянка автомобілів, що належать громадянам. Паркінг запроектований дворівневим, надземний і підземний. З кожного рівня передбачені самостійні заїзди і виїзди автомашин. Стоянка розділена на відсіки місткістю не більше 100 машино-місць. З кожного відсіку передбачено не менше двох розосереджених виїздів (в'їздів). Ворота - підйомні. Оздоблення стін - вапняна побілка, підлоги - бетонні, армовані. З паркінгу передбачені евакуаційні виходи назовні в дворовий простір. Між першим поверхом і паркінгом особлива вимога до герметичності і звукопоглинанню перекриття. Герметичність забезпечується застосуванням гідросклоізола, звукоізоляція забезпечується за рахунок керамзитової засипки в перекриття.

До інженерно-комунікаційних рішень будівлі відносяться системи його інженерного обладнання, які забезпечують оптимальний рівень енерговитрат в

процесі експлуатації.

Нагрівальні прилади забезпечені кранами для регулювання тепловіддачі. Труби опалення та теплопостачання, прокладені в штробах стін та підлог, що проходять через холодні приміщення підлягають обов'язковій тепловій ізоляції у відповідності до вимог державних будівельних норм.

Площі світлопрозорих огорожень не перевищують величин, що регламентуються діючими нормами. Огороджувальні конструкції будівлі запроектовані з теплозахисними властивостями, які забезпечують питоме споживання теплової енергії, що витрачається на опалення в межах встановлених нормативів.

З метою економії електроенергії передбачено автоматичне керування освітленням сходових клітин, входів від фотодатчика, освітлення вбудованих приміщень виконується світильниками з найбільш світловідбиваючим ефектом.

Електрообладнання житлового будинку передбачає заходи, що дозволяють економити електроенергію, матеріальні та трудові ресурси. При проектуванні передбачено нове електрообладнання, освоєне ЮЕК згідно наказів Комітету будівництва, архітектури та житлової політики України, Комітету по нагляду за охороною праці та Міністерства енергетики України.

4.1.3 Техніко-економічні показники проекту

Техніко-економічні показники проекту визначаємо з розрахунку об'ємів ділянки території та запроектованих на ній об'єктів будівництва, що створює чіткість і правильність прийнятих проектних рішень..

1. Благоустрій території:

- Площа ділянки - 2,56 га;
- Площа забудови - 14275,0 м²;
- Площа покриття - 7 680,0 м²;
- Площа озеленення - 5 650,0 м².

2. 14-ти поверховий житловий будинок:

- Житлова площа - 4 587,36 м²;

- Площа квартир - 8 584,68 м²;
- Загальна площа квартир - 8 884,68 м²;
- Кількість квартир - 196 шт.,
- а саме: - 1 кімнатних - 24 шт.;
- 2 кімнатних - 144 шт.;
- 2 кімнатних (пентхаус) - 4 шт.;
- 3 кімнатних - 24 шт.;
- Загальна площа вбудованих приміщень - 354,0 м².

4.2 Конструктивні рішення

Конструктивні рішення будівлі, що проектується представлено визначеними конструктивними елементами, які створюють основу надійності даної будівлі та експлуатаційну довговічність будівлі.

Фундаменти 14-поверхової будівлі передбачаються у вигляді суцільних залізобетонних плит - ростверків на пальовій основі. Палі, що занурюються способом вдавлення, призматичні, з бетону класу за міцністю С25/30, перерізом 35х35 см, довжиною 20 м. Несуча здатність палі, визначена за результатами статичного зондування (зонд II типу) -139,0 т. при осіданні 25 мм.

Плита ростверку товщиною 1200 мм виконана з монолітного бетону класу С15/20 і заармована арматурою А400С; поперечна арматура - А240С.

Стіни підвалу - залізобетонні, товщиною 400 мм (бетон кл С15/20, арматура А400С і А240С).

Всі несучі конструкції (колони, пілони, діафрагми жорсткості, плити перекриттів, стіни сходової клітки, стіни шахт ліфтів) виконані з монолітного бетону класу С20/25 і заармовані арматурою А400С; поперечна арматура - А240С. Верхню будову запроектовано за схемою безригельного каркаса.

Прийнято наступні перерізи несучих елементів:

- плити перекриття – товщиною 20 см;
- діафрагми жорсткості, пілони – товщиною 40 см;
- стіни шахт ліфтів – товщиною 20, 25 и 30 см;

- колони – 40 x 40 см та 40 x 30 см.

Стилобатна частина - одноповерхова будівля каркасної конструкції, розділена на секції антисейсмічними швами.

Заповнення несучих зовнішніх стін, а так само внутрішньо квартирних і міжквартирних перегородок передбачено з газобетону з укладанням його за допомогою спеціального клейового складу. Кріплення перегородок до несучих елементів будівель виключатиме можливість передачі на них горизонтальних навантажень і забезпечить при цьому їх стійкість.

Зовнішні огорожувальні стіни виконані з оштукатурених газобетонних блоків ($\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$) товщиною 40 см.

Перегородки виконані з газобетону $\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$:

- міжквартирні - товщиною 20 см;
- внутрішньоквартирні - товщиною 10 см.

Парапети - з газобетонних блоків ($\gamma = 400 \text{ кг/м}^3$) товщ. 40 см і висотою 150 см.

Поділ визначається рекомендаціями ДБН В.1.1-2014 «Будівництво в сейсмічних районах України» і технологічними потребами.

4.2.2 Статичний та конструкторський розрахунки залізобетонного каркасу будівлі та його елементів

Статичний та конструкторські розрахунки будівлі, а також розрахунки на сейсмічні впливи виконано в середовищі програмного комплексу ЛІРА-САПР.

Перелік та величини навантажень, а також параметри та характеристики СЕ розрахункової схеми наведено на плакатах наукової частини та в розділі 2 МКР.

В статичні розрахунки будівлі було виконано на основні сполучення навантажень та з врахуванням сейсмічних впливів, в декількох варіаціях.

Засобами програмного комплексу ЛІРА-САПР було виконано конструкторські розрахунки (підбір армування) як для варіанту основного сполучення навантажень, так і для сейсмічного сполучення навантажень інтенсивністю в 7 та 8-м балів.

Результати статичних та конструкторських розрахунків приведено в Додатку Б до магістерської кваліфікаційної роботи.

Порівняння витрат арматури для розглянутих варіантів числового моделювання можливих впливів приведено на плакатах до наукової частини проекту. Також зроблена оцінка вартості арматури та відповідні порівняння для розглянутих варіантів числового моделювання можливих впливів.

4.2.3 Безпека життєдіяльності та охорона навколишнього середовища

До комплексу заходів щодо охорони навколишнього середовища включається:

- повне забезпечення об'єкта інженерними мережами, що виключають можливість ерозії ґрунту;
- відсутність джерел електромагнітного випромінювання;
- відсутність викиду в атмосферу шкідливих речовин;
- озеленення прилеглої території;
- своєчасне прибирання території

У проекті передбачається установка пристроїв автоматичної пожежної сигналізації. Для оповіщення про пожежу використовується сигнальна сирена, що встановлюється на 1-му поверсі на висоті 2,5 м від рівня підлоги. Електроживлення апаратури здійснюється від мережі змінного струму 220В, резервне електроживлення - від вмонтованої в центральній частині акумуляторної батареї.

Евакуаційні виходи відповідають вимогам нормативних документів. З кожної квартири, через повітряну зону, є вихід на не задимлювану сходову клітку і передбачений другий, в якості якого прийнято вихід на лоджію з простінком від торця лоджії до віконного отвору 1,2 м. Передбачене заземлення трубопроводів і щитів. Зовнішнє пожежогасіння передбачається від пожежних гідрантів розташованих на міському протипожежному водопроводі.

При розробці генерального плану передбачені заходи з інженерної підготовки території, а саме - вертикальне планування і організація відведення дощових і талих вод. Система видалення сміття, відходів і нечистот відповідає загальним

вимогам до санітарно гігієнічних приміщень. Повітря, що викидається в атмосферу з систем вентиляції не містить забруднюючі шкідливі речовини і розсіюється. Водовідведення з будівлі здійснюється безпосередньо в міські комунікації без попереднього очищення.

4.3 Висновки до технічної частини

1. В якості об'єкту дослідження прийнято 14 поверховий житловий будинок для будівництва в м. Одеса, каркасно-монолітної конструктивної схеми розрахованого для зведення в районах з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

2. Розміри будівлі в плані 28.9*33.8 (м), висота приміщень першого поверху (громадського функціонального призначення) 4.2 м, висота житлових поверхів 3.0 м.

3. Кількість квартир - 196 шт., а саме:

- 1 кімнатних - 24 шт.;
- 2 кімнатних - 144 шт.;
- 2 кімнатних (пентхаус) - 4 шт.;
- 3 кімнатних - 24 шт.;
- Загальна площа вбудованих приміщень - 354,0 м².

4. Плита розтертку товщиною 1200 мм на пальовій основі виконана з монолітного бетону класу C15/20 і заармована арматурою A400C; поперечна арматура - A240C.

5. Стіни підвалу - залізобетонні, товщиною 400 мм (бетон кл C15/20, арматура A400C і A240C).

6. Всі несучі конструкції (колони, пілони, діафрагми жорсткості, плити перекриттів, стіни сходової клітки, стіни шахт ліфтів) виконані з монолітного бетону класу C20/25 і заармовані арматурою A400C; поперечна арматура - A240C. Верхню будову запроектовано за схемою безригельного каркаса.

7. Прийнято наступні перерізи несучих елементів:

- плити перекриття – товщиною 20 см;

- діафрагми жорсткості, пілони – товщиною 40 см;
- стіни шахт ліфтів – товщиною 20, 25 и 30 см;
- колони – 40 x 40 см та 40 x 30 см.

8. Розраховано параметри армування основних несучих конструкцій для усталеної та сейсмічної розрахункових ситуацій з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів.

9. Визначено максимальні значення ваги та вартості додаткової арматури в несучих конструкціях будівлі, необхідної для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі 7 балів та 8 балів у порівнянні із витратами арматури для основних сполучень навантажень.

- максимальна вага додаткової арматури в конструкціях, необхідної для забезпечення сейсмостійкості будівлі при сейсмічних впливах 7 балів, складає 72,8 т; вартість додаткової арматури складає 2 344 тис. грн.

- максимальна вага додаткової арматури в конструкціях, необхідної для забезпечення сейсмостійкості будівлі при сейсмічних впливах 8 балів, складає 288,54 т; вартість додаткової арматури складає 9 291 тис. грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В цьому розділі магістерської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі організації безпечних робочих місць на будівництві під час зведення каркасів багатопверхових будинків. Аналіз потенційних небезпек проведемо за [1, 2] для будівельно-монтажного персоналу, з метою запобігання впливу на працівників таких шкідливих виробничих факторів:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря); виробничий шум, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, в основному аерозолі фіброгенної дії (нетоксичний пил, оксид вуглецю);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

5.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення щодо безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання будівельного майданчика, житлового масиву та системи освітлення здійснюється від електричної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 x 220 В з частотою 50 Гц.

Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [4, 5]. Під час монтажу будівельних конструкцій, виробів, трубопроводів і обладнання (далі – виконання монтажних робіт) необхідно передбачати заходи із запобігання негативному впливу на працівників визначених у вступі небезпечних і шкідливих виробничих факторів. За наявності цих факторів безпека монтажних робіт повинна бути забезпечена відповідно до [3], рішень проектно-технічної документації (ПОБ, ПВР тощо), зазначених заходів безпеки праці: точного визначення місця встановлення крана із зазначенням його марки, позначенням небезпечних зон під час його роботи; зазначення ваги вантажу, що піднімається; забезпечення безпеки робочих місць на висоті; визначення послідовності та забезпечення безпечного встановлення конструкцій; забезпечення стійкості конструкцій і частин будинку під час зведення; зазначення схем і способів укрупнювального складання елементів конструкцій.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт забороняється [3]:

- випускання стічних вод, а також неочищених господарсько-побутових або виробничих стоків, що утворюються на будівельному майданчику або поряд з ним, відповідно до вимог СанПіН 2.1.5-980 та СанПіН 4630;

- знищення на будівельному майданчику деревинно-кущової рослинності, якщо це не передбачено проектною документацією (знищені дерева та кущі необхідно компенсувати висадженням подібної рослинності після закінчення будівництва);

- складання відходів та сміття у зонах житлової забудови без застосування спеціальних при-строїв.

Керівник робіт несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

У робочій зоні монтажних робіт не допускається виконання інших робіт і перебування сторонніх осіб. Під час зведення будинків і споруд забороняється виконувати роботи, пов'язані з перебуванням людей на одній ділянці на поверхах (ярусах), над якими переміщують, встановлюють і тимчасово закріплюють

елементи конструкцій та обладнання. За неможливості розподілення будинків і споруд на окремі ділянки одночасне виконання монтажних та інших будівельних робіт на різних поверхах (ярусах) дозволяється тільки за наявності між ними надійних (обґрунтованих відповідними розрахунками на дію ударних навантажень) міжповерхових перекриттів, що передбачені у ПВР. Використання встановлених конструкцій для прикріплення до них вантажних поліспастів, відвідних блоків та інших монтажних пристосувань допускається тільки за згодою проектною організацією, яка виконала робочі креслення конструкцій.

Монтаж конструкцій будинків (споруд) необхідно починати з просторово стійкої частини: сполучного елемента, ядра жорсткості тощо. Монтаж конструкцій кожного розташованого вище поверху (ярусу) багатоповерхового будинку необхідно виконувати після закріплення усіх установлених монтажних елементів відповідно до проекту та досягнення бетоном (розчином) стиків несучих конструкцій необхідної міцності.

Під час монтажу каркасних будинків установлювати наступний ярус каркаса допускається тільки після встановлення огорожувальних конструкцій чи тимчасових огорож на попередньому ярусі. Монтаж сходових маршів і площадок будинків (споруд), а також вантажопасажирських підйомників (ліфтів) необхідно здійснювати одночасно з монтажем конструкцій будинку. На змонтованих сходових маршах повинні бути негайно встановлені огорожі.

Під час монтажу конструкцій будинків чи споруд монтажники повинні перебувати на раніше встановлених і надійно закріплених конструкціях чи засобах підмоцвання. Забороняється перебування людей на елементах конструкцій і обладнання під час їх піднімання і переміщення. Навісні монтажні площадки, сходи та інші пристосування, що необхідні для виконання робіт на висоті, потрібно встановлювати на конструкціях, які монтується до їх піднімання. Для переходу монтажників з однієї конструкції на іншу потрібно застосовувати драбини, перехідні містки, трапи з огорожами.

Забороняється перехід монтажників по встановлених конструкціях та їх елементах (фермах, ригелях тощо), на яких неможливо забезпечити необхідну

ширину проходу при встановлених огорожах, без застосування спеціальних запобіжних пристроїв (натягнутого уздовж ферми чи ригеля каната для закріплення карабіна запобіжного поясу). Місця та способи кріплення каната повинні бути зазначені в ПВР.

Спосіб стропування елементів конструкцій та обладнання повинен забезпечувати їх подавання до місця розміщення в положенні, близькому до проектного. Під час монтажу огорожувальних панелей необхідно застосовувати запобіжний пояс разом із запобіжними пристроями, про що слід зазначити у ПВР. Не дозволяється перебування людей під елементами конструкцій і обладнання, що монтуються. Навісні металеві драбини довжиною більше ніж 5 м необхідно огородити металевими дугами з вертикальними зв'язками і надійно прикріпити до конструкцій чи обладнання. Необхідно запобігати розгойдуванню й обертанню елементів конструкцій чи обладнання, що монтуються, під час переміщення. Стропування конструкцій і обладнання необхідно виконувати засобами, що забезпечують можливість дистанційного розстропування з робочого горизонту у разі, коли висота до замка вантажозахоплювального засобу перевищує 2 м.

Стропування елементів, що монтуються, необхідно виконувати у місцях, зазначених у робочих кресленнях, і забезпечувати їх піднімання і подавання до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Забороняється піднімання елементів будівельних конструкцій, що не мають монтажних петель чи отворів, маркування і позначок, які забезпечують їх правильне стропування і монтаж. Під час монтажу з транспортних засобів елементи конструкцій забороняється проносити над кабіною водія.

Забороняється виконання монтажних робіт на висоті у відкритих місцях за швидкості вітру 15 м/с і більше, під час ожеледі, грози, туману, що унеможлиблює видимість у межах фронту робіт.

5.1.2 Електробезпека

Проектування та експлуатація електричних мереж і установок повинна здійснюватися за умови дотримання вимог з їхньої електробезпеки [4, 5].

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам під час виконання робіт:

1) Для запобігання електротравм від контакту зі струмопровідними елементами електроустаткування потрібно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати в закритих конструкціях підлоги.

2) При живленні однофазних споживачів струму при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

3) Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про

можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Параметри мікроклімату для робіт категорії важкості Пб в виробничих приміщеннях [6], які монтуються, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість	Швидкість руху
Теплий	Пб	15-29	70 при 25°С	0,2-0,5
Холодний	Пб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

Для забезпечення потрібних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [7]: утеплення фасаду будівлі; встановлення вентиляції приміщень.

5.2.2. Склад повітря робочої зони

В умовах, що розглядаються в роботі, можливим забруднювачем повітря може бути пил нетоксичний [6]. Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення наведені в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Характерні забруднюючі речовини для виробничого приміщення

Найменування речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально	Середньодобова	

Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	г	середній великий великий	світлий світлий середній	-	200	4	2,4
--------------------	------------------------	----	---	--------------------------	--------------------------	---	-----	---	-----

5.2.4 Виробничий шум

Джерелами шуму, що розглядаються в роботі, для працівників є шум будівельних машин і механізмів. Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму наведено в таблиці 5.4

Для забезпечення допустимих параметрів шуму (поліпшення шумового клімату) в приміщенні проектом передбачено: раціональне розташування робочих місць; постійний контроль режиму праці і відпочинку працівників; обмеження застосування обладнання та використання робочих місць, що не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам.

Таблиця 5.4 Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного (непостійного) широкосмугового (тонального) шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Основні виробничі приміщення	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

5.2.5 Виробнича вібрація

На робочих місцях присутня вібрація типу – За [10]. Джерелами вібрацій в

умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, підйомники, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 5.4.

Таблиця 5.5 Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$m \cdot c^{-2}$	ДБ	$m \cdot c^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

5.2.6 Фактори умов праці

Психофізіологічні фактори визначаються відповідно до Гігієнічної класифікації праці [1]. Робота електротехнічного персоналу потребує значних фізичних зусиль за важкістю та напруженістю праці.

1. Клас умов праці за показниками важкості праці – допустимий (середньої важкості): загальні енергозатрати організму (кґ/м) – 291-348; зовнішнє фізичне динамічне навантаження, виражене в одиницях механічної роботи за зміну, кґ/(Вт): при регіональному навантаженні (для чоловіків) – 18000; при загальному навантаженні (за участю м'язів рук, тулуба, ніг) – до 61600; маса вантажу, що постійно підіймається та переміщується вручну, кґ – до 35 кґ; стереотипні робочі

рухи: при локальному навантаженні (участь м'язів кистей та пальців рук)- до 60000; при регіональному навантаженні(участь рук та плечового суглоба) – до 30000; статичне навантаження (кг/с): двома руками (чоловіки) – до 140000; за участю мязів тулуба та ніг – до 200 000; робоча поза: періодичне перебування в незручній та/або фіксованій позі від 25% до 50% часу зміни; перебування у вимушеній позі (навпочіпки, на колінах тощо) від 10 % до 25 % часу зміни; перебування в позі «стоячи» від 60% до 80% часу зміни; нахил тулуба: вимушені нахили протягом зміни – 101-300 разів; переміщення у просторі (переходи через виконання технологічного процесу) – по горизонталі більше 12, вертикалі – 8 км.

2. Класи умов праці за показниками напруженості праці:

Інтелектуальні навантаження: зміст роботи – рішення простих альтернативних завдань згідно з інструкцією; сприймання інформації та їх оцінка – сприймання інформації з наступною корекцією дій та операцій; розподіл функцій за ступенем складності завдання – обробка, виконання завдання та його перевірка; характер виконуваної роботи – робота за встановленим графіком з можливим його коригуванням під час діяльності.

Сенсорні навантаження: зосередження (% за зміну) – 51-75; щільність сигналів (звукові за 1 год) – 151-300; навантаження на голосовий апарат – сумарна кількість годин, з напруженням голосового апарату (протягом тижня) – від 16 до 20.

Навантаження на зоровий аналізатор: розмір об'єкта розрізнення (при відстані від очей працівника до об'єкта розрізнення не більше 0,5 м), мм, % часу зміни – 5,0–1,1 мм більше 50% часу; 1,0–0,3 мм до 50 % часу; менше 0,3 мм до 25% часу.

Навантаження на слуховий аналізатор (при виробничій необхідності сприйняття мови чи диференційованих сигналів) – розбірливість слів та сигналів від 90% до 70%.

Емоційне навантаження: ступінь відповідальності за результат своєї діяльності – є відповідальним за виконання окремих елементів завдання; ступінь ризику для власного життя – вірогідний; ступінь відповідальності за безпеку

інших осіб – є відповідальним за безпеку інших.

Режим праці: тривалість робочого дня – 8 год; змінність роботи – двозмінна (без нічної зміни).

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

5.3.1 Дія іонізуючих випромінювань на організм людини

Організм людини, рослинний і тваринний світ постійно зазнають дії іонізуючого випромінювання, яке складається з природної (космічне випромінювання, випромінювання радіоактивних газів з верхніх шарів земної кори) і штучної (рентгенівські апарати, телевізійні прилади, радіоізотопи, атомоходи, атомні електростанції, ядерні випробування) радіоактивності.

Усі джерела радіоактивного випромінювання становлять так званий природний радіаційний фон, під яким розуміють дозу іонізуючого випромінювання, що складається з космічного випромінювання, випромінювання природних радіонуклідів, які знаходяться у верхніх шарах Землі, приземній атмосфері, продуктах харчування, воді та організмі людини.

Радіоактивні речовини потрапляють у повітря, ґрунти, ріки, озера, моря, океани, а звідти поглинаються рослинами, рибами, тваринами і молюсками. Через листя і коріння радіоактивні речовини потрапляють у рослини, а потім в організм тварин і з продуктами рослинного та тваринного походження, з водою - в організм людини.

Основним джерелом опромінювання людини є радіоактивні речовини, які потрапляють з їжею. Ступінь небезпеки забруднення радіонуклідами залежить від частоти вживання забруднених радіоактивними речовинами продуктів, а також від швидкості виведення їх з організму. Якщо радіонукліди, які потрапили в організм, однотипні з елементами, що споживає людина з їжею (натрій, калій, хлор, кальцій, залізо, марганець, йод та ін.), то вони швидко виводяться з організму разом з ними.

Деякі речовини харчових продуктів (пектинові, барвники) утворюють нерозчинні сполуки зі стронцієм, кобальтом, свинцем, кальцієм та іншими важкими металами, які не перетравлюються і виводяться з організму. Отже, ці речовини виконують радіозахисну функцію. Тому пектин, а також пектиномісткі продукти (чорна смородина, агрус, полуниці та ін.), використовують у спеціальному харчуванні для виведення радіоактивних елементів з організму.

Первинним процесом дії радіоактивних речовин в організмі людини є іонізація. Збуджена при цьому енергія іонізуючого опромінювання передається на різні речовини організму людини. У разі дії на прості речовини (гази, метали та ін.) будь-яких змін фізико-хімічної природи у них не спостерігається. При дії на складні речовини, молекули яких складаються з багатьох різних атомів, вони розпадаються (дисоціація). Це так звана пряма дія на прості або складні речовини організму людини. Більш суттєву роль відіграє механізм непрямой дії іонізуючого випромінювання, під яким треба розуміти радіаційно-хімічні зміни у певній розчинній речовині, зумовлені продуктами радіолізу (розпаду) води.

5.3.2. Розрахунок коефіцієнта протирадіаційного захисту приміщення підвального поверху

Коефіцієнт протирадіаційного захисту приміщення, в якому переховуватимуться люди розраховуватимемо за формулою

$$K_3 = \frac{0,77 \times K_1 \times K_{CT} \times K_{II}}{K_M \times (1 - K_{III}) \times [(K_0 \times K_{CT} + 1) \times (K_{II} + 1)]}$$

Для розрахунку використаємо такі дані:

1. Стіни залізобетонні (400 мм), маса 1 м^2 – 610 кг;
2. Стіни залізобетонні (500 мм), маса 1 м^2 – 816 кг;
3. Дверні прорізи: $1,9\text{ м}^2$.
4. Маса 1 м^2 міжповерхового перекриття – 690 кг/м^2 .

5. Площа підлоги для розрахунку приміщення – $115,6 \text{ м}^2$;
6. Висота приміщення – 3 м;
7. Ширина зараженої ділянки, що примикає до приміщення – 31 м;
8. Плоскі кути:

Кут $\alpha_1 = 38^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею $18,75 \text{ м}^2$.

Кут $\alpha_2 = 142^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею $55,5 \text{ м}^2$.

Кут $\alpha_3 = 38^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (500 мм) площею $18,75 \text{ м}^2$.

Кут $\alpha_4 = 142^\circ$. Проти кута розташовані:

- стіна залізобетонна (400 мм) площею $55,5 \text{ м}^2$ з прорізом площею $12,3 \text{ м}^2$
- стіна залізобетонна (500 мм) площею $55,5 \text{ м}^2$.

Визначаємо зведені маси стін і перегородок, розташованих проти плоских кутів.

Кут $\alpha_1 = 38^\circ$.

Маса 1 м^2 стіни залізобетонної (500 мм) площею $18,75 \text{ м}^2$

$$G_{зв} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м^2 стін і перегородок плоского кута α_1

$$G_{\Sigma}^1 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_2 = 142^\circ$.

Маса 1 м^2 стіни залізобетонної (500 мм) площею $55,5 \text{ м}^2$

$$G_{зв} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м^2 стін плоского кута α_2

$$G_{\Sigma}^2 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_3 = 38^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 18,75 м²

$$G_{38} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м² стін плоского кута α_3

$$G_{\Sigma}^3 = 816 \text{ (кг)}$$

Кут $\alpha_4 = 142^\circ$.

Маса 1 м² стіни залізобетонної (400 мм) площею 55,5 м² з прорізом площею 12,3 м²

$$\alpha_{ст} = \frac{12,3}{55,5} = 0,22, \quad G_{38} = 610(1 - 0,22) = 475 \text{ (кг)}$$

Маса 1 м² стіни залізобетонної (500 мм) площею 55,5 м²

$$G_{38} = 816 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса 1 м² стін плоского кута α_4

$$G_{\Sigma}^4 = 475 + 816 = 1291 \text{ (кг)}$$

Сумарні маси 1 м² стін і перегородок проти плоских кутів приміщення

$$G_{\Sigma}^1 = 816 \text{ (кг)}; \quad G_{\Sigma}^2 = 816 \text{ (кг)};$$

$$G_{\Sigma}^3 = 816 \text{ (кг)}; \quad G_{\Sigma}^4 = 1291 \text{ (кг)}$$

Сумарна маса стін і перегородок проти четвертого плоского кута приміщення більше 1000 кг/м², тому коефіцієнт K_1 , що враховує долю радіації після послаблення зовнішніми і внутрішніми стінами складе

$$K_1 = \frac{360}{36 + \sum \alpha_i} = \frac{360}{36 + 218} = 1,42$$

За мінімальною сумарною масою стін $G_{сер} = 816 \text{ кг/м}^2$ визначаємо [11] коефіцієнт $K_{ст} = 290$.

За шириною будівлі визначаємо коефіцієнт, який враховує долю розсіювання випромінювання $K_{ш} = 0,15$ (висота приміщення складає 3 м) [11].

Коефіцієнт K_0 , що враховує зниження поглинальної здатності зовнішніх стін за рахунок наявності в прорізів та проникнення в приміщення вторинного випромінювання, з врахуванням висоти від підлоги менше 0,8 м розрахуємо

$$K_0 = 0,8 \frac{S_0}{S_{\Pi}} = 0,8 \frac{0}{115,6} = 0,$$

де $S_0 = 0 \text{ м}^2$ – загальна площа віконних перерізів приміщення, що виходять на вулицю; $S_{\Pi} = 115,6 \text{ м}^2$ – площа підлоги приміщення.

Коефіцієнт, що враховує зниження дози радіації в будинку, розташованому районі забудови, від екранувальної дії сусідніх споруд $K_M = 0,55$ [11].

Коефіцієнт, що враховує кратність послаблення радіації перекриттям підвалу $K_{\Pi} = 800$ [11].

Тоді

$$\begin{aligned} K_3 &= \frac{0,77 \times K_1 \times K_{CT} \times K_{\Pi}}{K_M \times (1 - K_{Ш}) \times [(K_0 \times K_{CT} + 1) \times (K_{\Pi} + 1)]} = \\ &= \frac{0,77 \times 1,41 \times 290 \times 800}{0,55 \times (1 - 0,15) \times [(0 \times 290 + 1) \times (800 + 1)]} = 672 \end{aligned}$$

Проведені для приміщення підвального поверху розрахунки показали, що коефіцієнт протирадіаційного захисту цього приміщення складає 672, тому дане приміщення можна використати як протирадіаційне укриття для чого необхідно:

- забезпечити можливість герметизації приміщення;
- забезпечити наявність мінімум двох виходів з приміщення;
- створити запас води та харчових продуктів тривалого зберігання;
- встановити в приміщенні фільтровентиляційну систему.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Основним завданням МКР, в даному розділі, є дослідження економічної доцільності інвестиційного проекту. Після виконання розрахунків, потрібно виконати економічний аналіз технічних рішень й на основі висновків проведених аналізів прийняти найдоцільніше рішення та розрахувати економічний ефект від впровадження розробок.

Об'єктом економічного обґрунтування є будівництво багатоповерхової житлової будівлі.

Капітальні вкладення

Капітальні вкладення у будівництво підраховуємо за укрупненими кошторисними нормами, розробленими в залежності від об'єму будівлі 37675,75 м³ та техніко-економічних показників генерального плану.

Складаємо інвесторську кошторисну документацію:

- локальний кошторис (приведено в Додатку В до МКР) на загально будівельні роботи (таблиця В.1),
- на внутрішні санітарно-технічні роботи (таблиця В.2),
- внутрішні електромонтажні (таблиця В.3),
- на монтаж технологічного устаткування (таблиця В.4),
- на придбання технологічного устаткування (таблиця В.5),
- об'єктний кошторис (таблиця В.6),
- зведений кошторисні розрахунки (ЗКР) (таблиці В.7).

Кошторисний прибуток приймаємо 3,82 грн/люд-год, адміністративні витрати 1,52 грн/люд-год, ризик усіх учасників інвестиційного процесу – 3% від суми глав 1-12 ЗКР, витрати, які враховують інфляційні процеси, приймаємо 3,6 % від суми глав 1-12 ЗКР.

Для розрахунку кошторисного прибутку в ЗКР необхідно визначити загальну кошторисну трудомісткість по будівельному об'єкту, яка складається з таких трудовитрат:

- нормативно-розрахункова кошторисна трудомісткість в прямих витратах – $T_{пв}$ (визначається за локальними кошторисами) –
- 394,542 тис. люд-год,

- розрахункова кошторисна трудомісткість в загальновиробничих витратах (ЗВВ) (визначається за локальними кошторисами)

- 45,166 люд-год;

- розрахункова кошторисна трудомісткість в засобах на зведення та розбирання титульних тимчасових будівель та споруд:

$$T_{\text{тимч}} = 0,015 \times T_{\text{пв}} = 5,918 \text{ тис. люд-год}, \quad (8.1)$$

- де 0,015- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт на зведення та розбирання тимчасових будівель.

- розрахункова кошторисна трудомісткість в додаткових затратах при виконанні БМР в зимовий період

$$T_{\text{зим}} = 0,166 \times T_{\text{пв}} = 65,494 \text{ тис. люд-год}, \quad (8.2)$$

де 0,166- усереднений показник розрахункової трудомісткості робіт в зимовий період .

Всього $T = 511,12$ тис. люд-год,

Кошторисний прибуток $\Pi = 3,82 \times 511,12 = 1952,48$ тис. грн.

Кошторисна вартість будівлі за зведеним кошторисним розрахунком (таблиця 8.7) на 2019 рік - 59408,12 тис. грн. складається з:

- будівельних робіт – 52215,01 тис. грн.,
- устаткування, меблі та інвентар – 775 тис. грн.,
- інші витрати – 6418,11 тис. грн.

Розрахунок строку окупності

Станом на 2023 рік, продаж 1м^2 приймаємо 24000 грн. Тому, в якості отримання доходу, для окупності капітальних вкладень в будівництво використано продаж квартир.

Прибуток від продажу квартир :

$$\Pi_{\text{п}} = 6692,62 \times 12000 = 80311,4 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності

$$T = 1 \text{ рік}$$

Висновок: вкладення інвестицій в даний проект є доцільним.

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

В роботі розглянуто основні методи формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії, зокрема відповідно до вимог нормативних документів України ДБН В.1.1-12:2014 [2] та Європейських норм ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 [3].

Встановлено, що підходи до формування розрахункових сейсмічних ситуацій залежать від призначення, рівня відповідальності, конструктивної схеми будівель і споруд, інтенсивності сейсмічного впливу, умов безпечної експлуатації та порушення нормальних умов експлуатації внаслідок аварійних впливів та проявів сейсмічної події.

На основі аналізу нормативних документів України, Європейського союзу та інших країн, закордонних та вітчизняних публікацій визначені основні принципи складання розрахункових сейсмічних ситуацій.

Розглянуто та окреслено області застосування різних способів комбінації компонентів сейсмічного впливу, що застосовуються у практиці проектування та положеннях нормативних документів.

Визначено мету, задачі та основні етапи досліджень з оцінки впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії на НДС будівлі. В якості об'єкту досліджень обрано конструкцій 14-ти поверхового залізобетонного житлового будинку, запроектованого за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

Розроблено просторову розрахункову модель 14-ти поверхової залізобетонної житлової будівлі з використанням програмного комплексу «ЛІРА САПР», в якому реалізовано основні методи розрахунку будівельних конструкцій на сейсмічні впливи. Сейсмічні навантаження задані за спектральним методом розрахунку відповідно до ДБН [2] та EN 1998-1 [3].

За результатами чисельних досліджень просторової розрахункової моделі будівлі отримано параметри НДС конструкцій в умовах усталеної та сейсмічної

розрахункових ситуацій з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів.

Порівняння розрахункових параметрів НДС із граничними значеннями свідчить про те, що розглянута конструктивна схема будівлі в цілому відповідає умовам міцності та деформативності, які передбачені нормативними вимогами до об'єктів, що проектуються в сейсмічних районах України із розрахунковою інтенсивністю сейсмічних впливів 7 балів. При інтенсивності сейсмічних впливів 8 балів окремі конструкції в рівні першого поверху потребують збільшення перерізів.

Розраховано параметри армування основних несучих конструкцій для усталеної та сейсмічної розрахункових ситуацій з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів. Визначено максимальні значення ваги та вартості додаткової арматури в несучих конструкціях будівлі, необхідної для забезпечення сейсмостійкості конструкцій при сейсмічному впливі інтенсивністю 7 балів та 8 балів у порівнянні із витратами арматури для основних сполучень навантажень.

Максимальна вага додаткової арматури в конструкціях, необхідної для забезпечення сейсмостійкості будівлі при сейсмічних впливах 7 балів, складає 72,8 т. Вартість додаткової арматури складає 2 344 тис. грн.

Максимальна вага додаткової арматури в діафрагмах, плитах перекриття та ростверку, необхідної для забезпечення сейсмостійкості конструкцій будівлі при сейсмічних впливах 8 балів, складає 288,54 т. Вартість додаткової арматури складає 9 291 тис. грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Німчинов Ю.І. Сейсмостійкість будівель і споруд. В двох частинах. – К.: Гудименко С.В., 2008. – 480 с.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р. – 117 с.
3. ДСТУ-Н Б EN 1998-1:2010 Єврокод 8. Проектування сейсмостійких конструкцій. Частина 1. Загальні правила, сейсмічні дії, правила щодо споруд (EN 1998-1:2004, IDT).
4. ДБН В.1.2-14:2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. – К.: Мінрегіонд України, 2018.
5. ДБН В.1.2-2:2006 Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006 р. – 75 с.
6. ДБН В.1.2-6:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Механічний опір та стійкість. – К.: Мінрегіон України, 2021 р. – 59 с.
7. НП 306.2.208-2016. Вимоги до сейсмостійкого проектування та оцінки сейсмічної безпеки енергоблоків атомних станцій. Затвердж. наказом Держатомрегулювання від 17.10.2016 № 175, зареєстр. в М-ві юстиції України 07.11.2016 за № 1449/29579.
8. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения. В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин; под общей редакцией А.В. Перельмутера. – м.: ИАСВ, 2007. - 476 стр.
9. Перельмутер А.В., Пичугин С.Ф. Расчетные сочетания нагрузок для проверки надежности конструкций (обзор)// Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського. – Випуск 15, 2015 р. – с.4-49.
10. ДСТУ-Н Б В.1.2-13:2008 Єврокод. Настанова. Основи проектування конструкцій (EN 1990:2002, IDN).
11. AISC: Manual of Steel Construction. Load & Resistance Factor Design - 2nd Edition. – Chicago, Ill: American Institute of Steel Construction, 1994.

12. D. Mitchell, P. Paultre, R. Tinawi, M. Saatcioglu, R. Tremblay, K. Elwood, J. Adams, and R. DeVall. 2010. Evolution of seismic design provisions in the National building code of Canada. *Canadian Journal of Civil Engineering*. 37(9): 1157-1170. Режим доступу: <https://doi.org/10.1139/L10-054>
13. National Building Code of Canada 2015/ Canadian Commission on Building and Fire Codes, National Research Council of Canada – 1404 pages. Режим доступу: <https://nrc.canada.ca/en/certifications-evaluations-standards/codes-canada/codes-canada-publications/national-building-code-canada-2015>
14. Residential Structural Design Guide, Second Edition: A State-of-the-Art Engineering Resource for Light-Frame Homes, Apartments, and Townhouses Author: Coulbourne Consulting, IPDS// CreateSpace Independent Publishing Platform; 2nd Edition (June 23, 2018). Режим доступу: <https://www.huduser.gov/publications/pdf/residential.pdf>
15. Shugaylo, O.- r., Ryzhov, D., Mustafin, M., Pidhaietskyi, T., & Letkova, N. (2019). Окремі аспекти практичного використання нормативних вимог до сполучення експлуатаційних та сейсмічних навантажень для тепломеханічного обладнання та трубопроводів. *Ядерна та радіаційна безпека*, 4(84), 5-11. Режим доступу: [https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4\(84\).01](https://doi.org/10.32918/nrs.2019.4(84).01)
16. Shugaylo, O.- r, Ryzhov, D., Sakhno, O., Pavliv, Y., & Khamrovska, L. (2020). Щодо вимог до сполучень навантажень під час оцінки сейсмостійкості конструкцій, систем та елементів непрямими методами. *Ядерна та радіаційна безпека*, (1(85), 56-61. Режим доступу: [https://doi.org/10.32918/nrs.2020.1\(85\).06](https://doi.org/10.32918/nrs.2020.1(85).06)
17. SEISMIC DESIGN OF NUCLEAR INSTALLATIONS. IAEA Safety Standards Series No. SSG-67 Specific Safety Guides - International Atomic Energy Agency, Vienna, Austria, 2021 – 65 pages.
18. IBC 2009(2009) International Building Code. International Code Council
19. Трифонов О.В. Анализ форм обрушения высотных конструкций. // Сейсмостойкое строительство. 2002, №5, с. 6-10

20. Turkey earthquake: Why did so many buildings collapse? By Jake Horton & William Armstrong/ BBC Reality Check & BBC Monitoring. Режим доступа: <https://www.bbc.com/news/64568826>
21. Türkiye Earthquakes Recovery and Reconstruction Assessment. United Nations Development Programme. Режим доступа: <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2023/03/Turkiye-Recovery-and-Reconstruction-Assessment.pdf>
22. Ицков И.Е. Последствия разрушительного землетрясения в Турции 17 августа 1999 г.// Сейсмостойкое строительство. 2001, №1, с. 49-53
23. Uniform Building Code (UBC-97), “Structural Engineering Design Provisions,” International Conference of Building Officials, Whittier, 1997, p. 492.
24. Applied Technology Council (ATC), “Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures,” ASCE/SEI 7-05, Structural Engineering Institute of the American Society of Civil Engineers, Reston, 2006.
25. НТП РК 08-01.2-2012 Проектирование сейсмостойких зданий Проектирование гражданских зданий. Общие требования. – Астана, 2015. – 84 с.
26. Prateek Raj Pandit, Vasudev M. V. COMPARATIVE ANALYSIS OF NBC 105:1994 AND IS 1893:2016 SEISMIC CODES WITH G+21 RC BUILDING// International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 06 Issue: 11 (Nov 2019) – 1995-2000. Режим доступа: <https://www.irjet.net/archives/V6/i11/IRJET-V6I11219.pdf>
27. Prateek Raj Pandit, Vasudev M. V. COMPARATIVE ANALYSIS OF NBC 105:1994 AND IS 1893:2016 SEISMIC CODES WITH G+21 RC BUILDING// International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 06 Issue: 11 (Nov 2019) – 1995-2000. Режим доступа: <https://www.irjet.net/archives/V6/i11/IRJET-V6I11219.pdf>
28. TBDY-2018, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2018. Режим доступа: https://tr.wikisource.org/wiki/T%C3%BCrkiye_Bina_Deprem_Y%C3%B6netmeli%C4%9Fi/Ek/B%C3%BB61%C3%BCm_4

29. Poutanen, T.; Pursiainen, S.; Länsivaara, T. Combination of Permanent and Variable Load Is Dependent. *Appl. Sci.* 2021,11, 4434. DOI:[10.3390/app11104434](https://doi.org/10.3390/app11104434)
30. Abhishek K. Patil *et al.* Comparative Analysis of Structure with and without Seismic Load// IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1197, International Conference on Advances in Civil Engineering (ICACE 2021) 25th-26th June 2021, Guntur, India. doi:10.1088/1757-899X/1197/1/012028
31. R. RESATOGLU, M.K.A. HAMED Comparative study of different seismic codes for reinforced concrete buildings in Northern Cyprus using static and dynamic methods// *Journal of Engineering Science and Technology*. Vol. 14, No. 3 (2019) 1314–1329. Режим доступа: https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2014%20issue%203%20June%202019/14_3_16.pdf
32. I,şık, E.; Hadzima-Nyarko, M.; Bilgin, H.; Ademovi´c, N.; Büyüksaraç, A.; Harirchian, E.; Bulaji´c, B.; Özmen, H.B.; Aghakouchaki Hosseini, S.E. A Comparative Study of the Effects of Earthquakes in Different Countries on Target Displacement in Mid-Rise Regular RC Structures. *Appl. Sci.* 2022, 12, 12495. <https://doi.org/10.3390/app122312495>
33. Harrington C., Liel A. Collapse assessment of moment frame buildings, considering vertical ground shaking// *Earthquake Engineering & Structural Dynamics* 45(15) · July 2016. <https://DOI: 10.1002/eqe.2776>
34. Бирбраер А.Н. Расчет конструкции на сейсмостойкость. - СПб.:Наука, 1998.-255 с, ил. 70.
35. *Structural Analysis and Design of Nuclear Plant Facilities / Manual of Practice No .: 58 - American Society of Civil Engineers , New York , NY, 1980*
36. Программный комплекс Лира-Сапр. Руководство пользователя. Обучающие примеры. Под ред. академика АИН Украины А. С. Городецкого. – Электр. издание.: 2017. – 535с.

37. МОНОМАХ-САПР 2013. Учебное пособие: Примеры расчета и проектирования. Городецкий Д.А., Юсипенко С.В., Батрак Л.Г., Лазарев А.А., Рассказов А.А.– К.: Электронное издание, 2013. – 368 с.
38. САПФИР 2017. Учебное пособие. Бойченко В.В., Медведенко Д.В., Палиенко О.И., Шут А.А. Под ред. Академика РААСН, докт. техн. наук, проф. А.С. Городецкого. Электронное издание, 2017г., – 130 с.
39. Перельмутер А.В., Сливкер В.И. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа. – 4-е изд. – М.: Изд-во СКАД СОФТ, 2011. – 736 с.
40. ДСТУ Б В.1.1-28: 2010. Шкала сейсмической интенсивности. - К.: Минрегион Украины, 2010.
41. ДБН В.2.6-98:2009. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення проектування.- К.: Мінрегіонбуд України, 2009.
42. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. - К.: Мінрегіонбуд України, 2011.
43. Металлопрокат прайс-лист цена. Режим доступа: https://www.ssc.org.ua/ua/metal/price_page.html
44. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014. [Чинний від 2014-05-30]. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58073.
45. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. [Чинний від 2007-12-01]. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
46. ДБН А.3.2-2-2009. ССБП. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. [Чинний від 2009-01-27]. Вид. офіц. К. :

- Мінрегіонбуд України, 2009. 116 с.
47. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [Чинний від 2017-04-01]. Вид. офіц. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
 48. НПАОП 40.1-1.32-01. (ДНАОП 0.00-1.32-01). Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [Чинний від 2002-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.
 49. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. Постанова МОЗ № 42 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.
 50. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
 51. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01]. Вид. офіц. К. : Мінрегіонбуд України, 2018. 133 с.
 52. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. Постанова МОЗ № 37 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.
 53. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. Постанова МОЗ № 39 від 01.12.1999. [Чинний від 1999-12-01]. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.
 54. Сакевич В. Ф. Основи розробки питань цивільної оборони в дипломних проектах: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ. 2006. 109 с.

Д О Д А Т К И

ПРОТОКОЛ Додаток А
 ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
 НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Оцінка впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії на елементи каркасу багатоповерхової будівлі

Тип роботи: Магістерська кваліфікаційна робота
 (БДР, МКР)

Підрозділ кафедра БМГА, ФБЦЕІ
 (кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 85,8 % Схожість 14,2 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):



1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.



2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.



3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Блащук Н.В.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Барцицький А.В.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

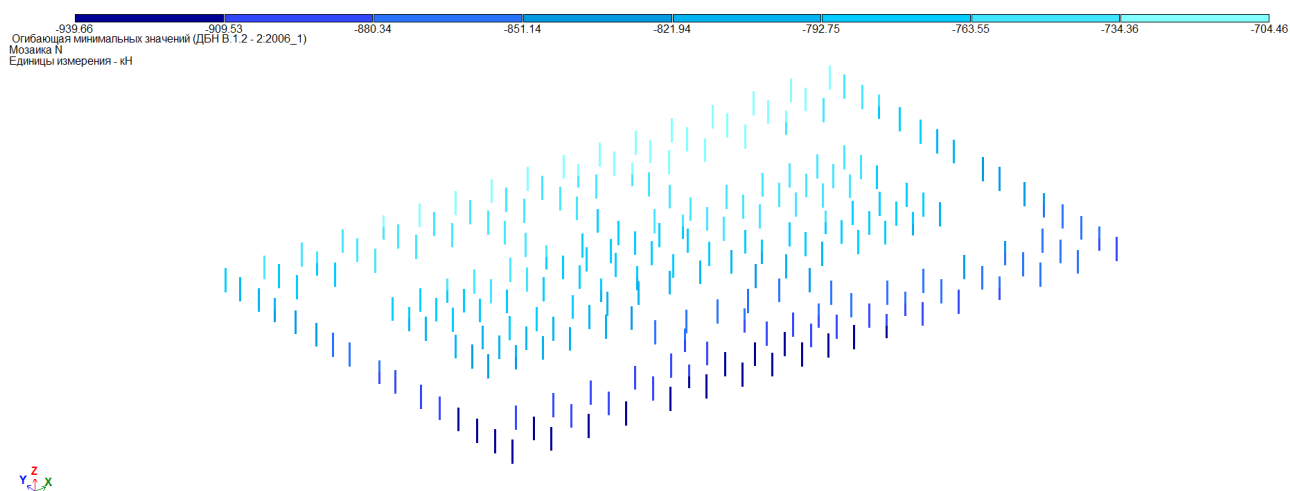
(підпис)

Андрухов В.М.

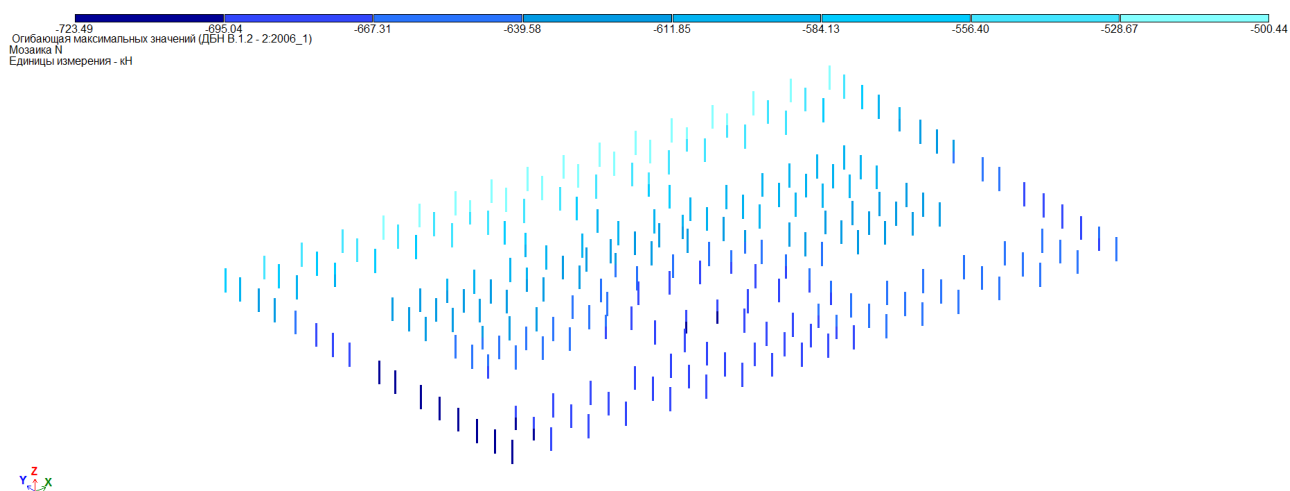
(прізвище, ініціали)

Додаток Б.

Результати статичного та конструкторського розрахунків конструкцій та елементів каркасу будівлі



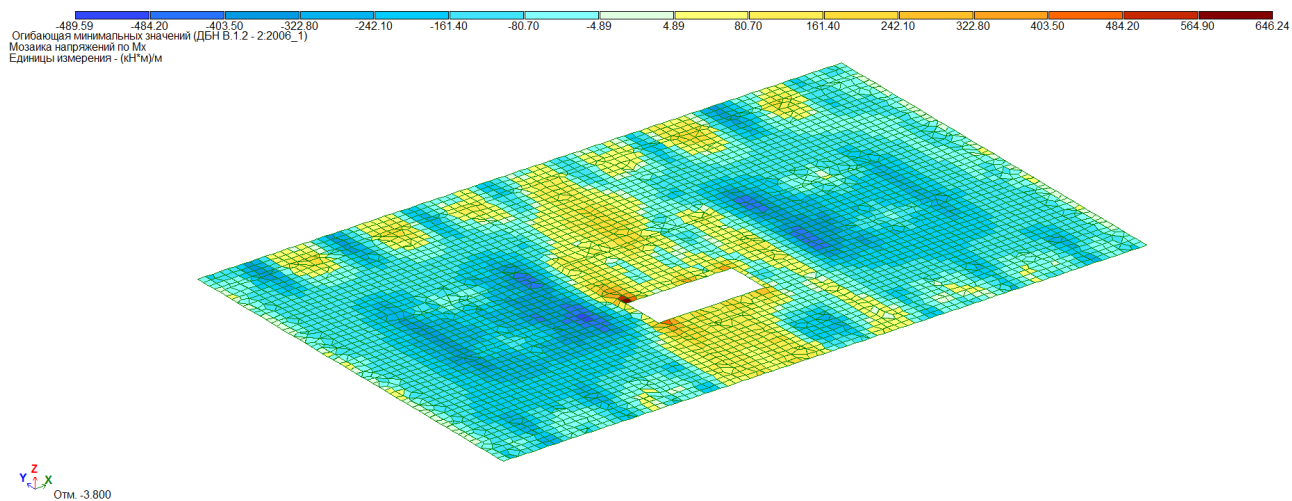
а)



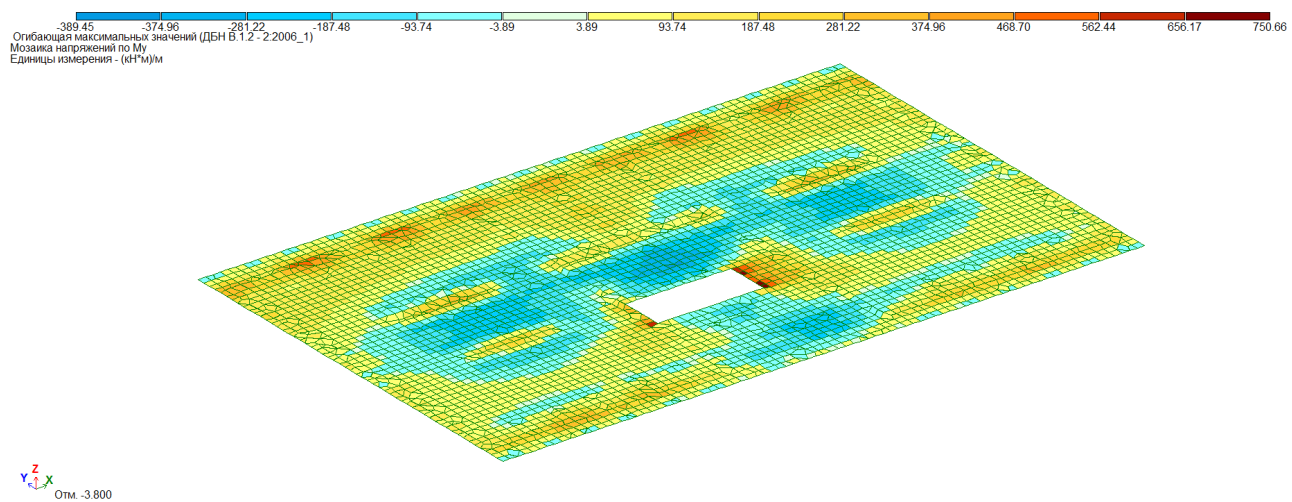
б)

Рисунок Б.1 – Мозаїка розрахункових навантажень на палі (кН)
в умовах усталеної розрахункової ситуації (з урахуванням вітру):

а – мінімальні; б - максимальні



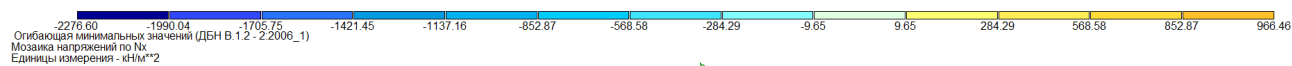
а)



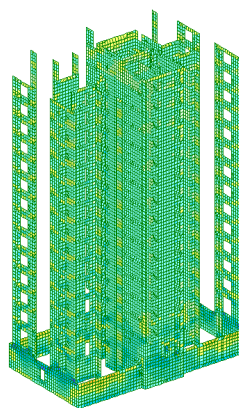
б)

Рисунок Б.2 - Ізополя напружень (кН·м/м) в плитному ростверку в умовах усталеної розрахункової ситуації (з урахуванням вітру):

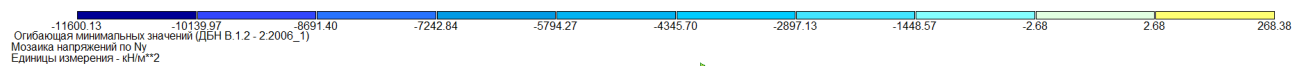
а – M_x ; б - M_y



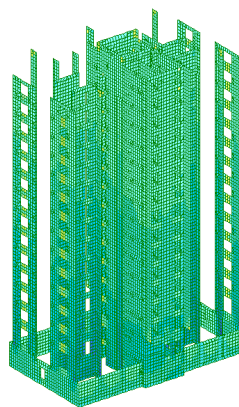
Ошибающаяся минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
Мозаика напряжений по M_x
Единицы измерения - кН/м²



а)

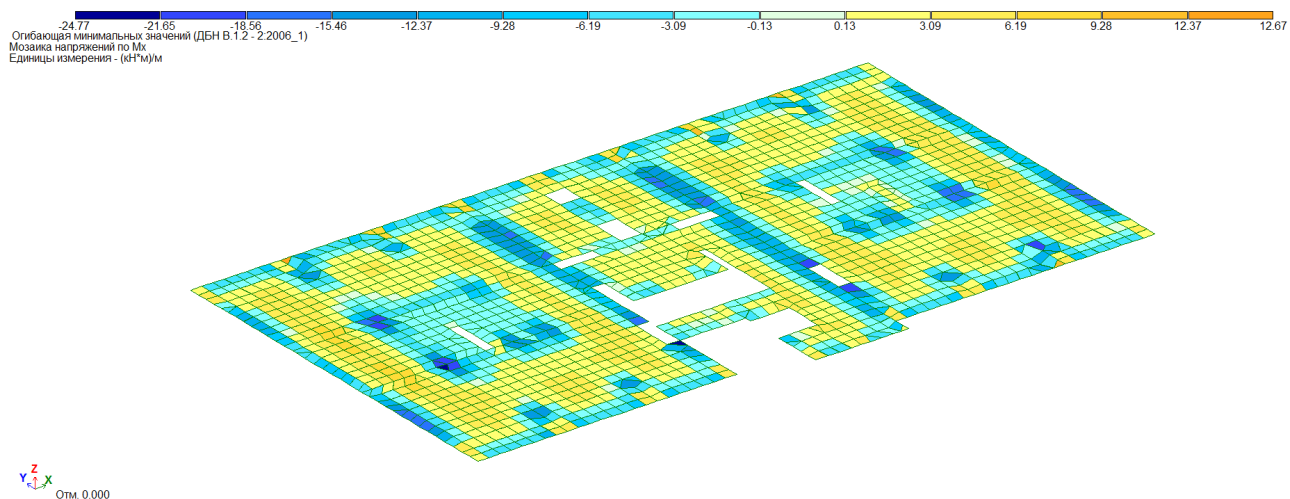


Ошибающаяся минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
Мозаика напряжений по M_y
Единицы измерения - кН/м²

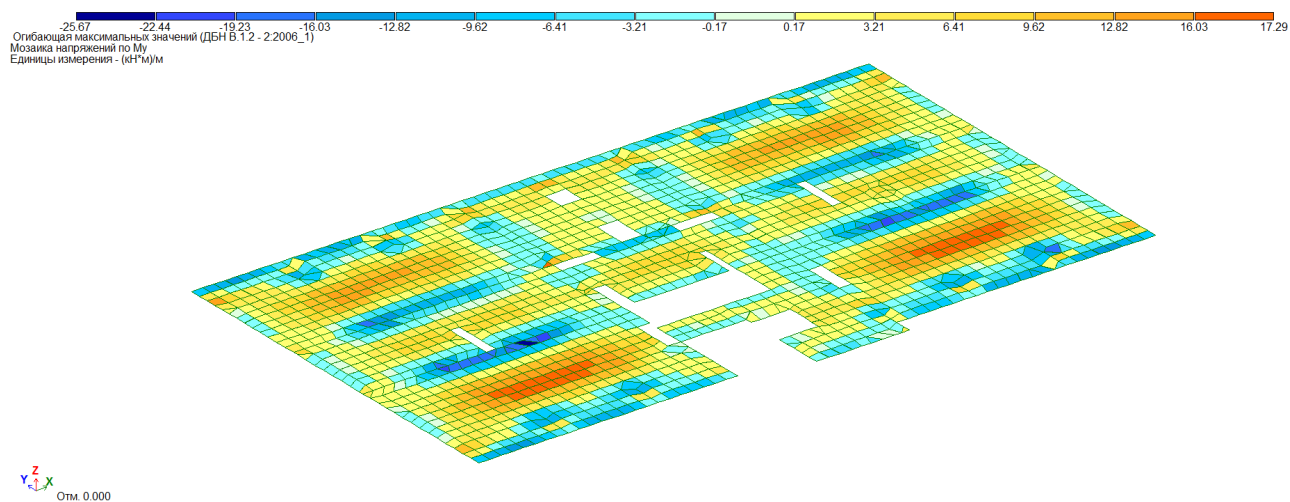


б)

Рисунок Б.3 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м²) у вертикальних несучих елементах (діафрагми та стіни) в умовах усталеної розрахункової ситуації (з урахуванням вітру): а – M_x ; б - M_y



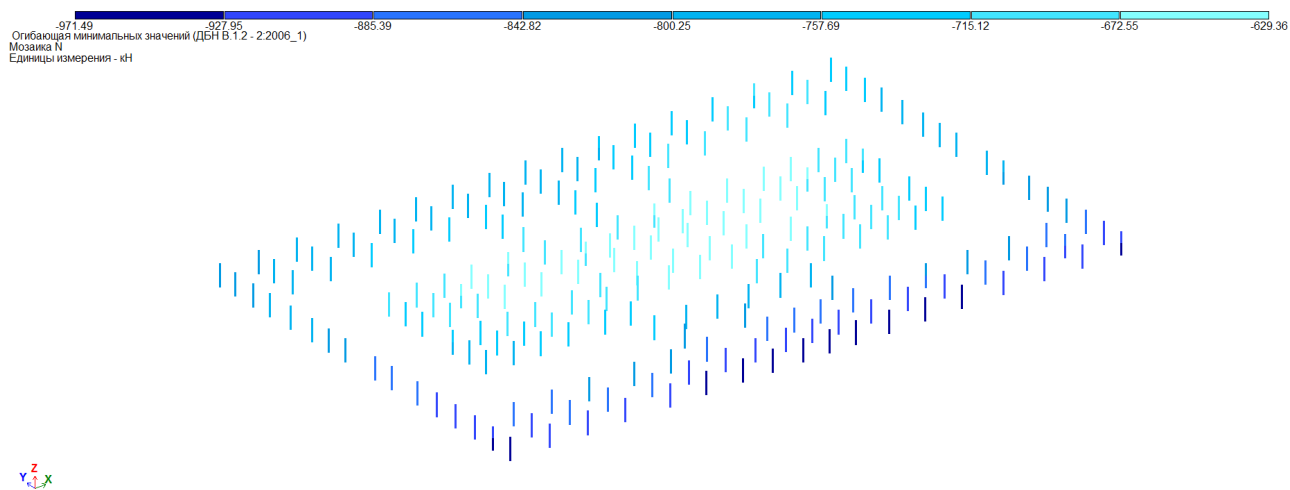
а)



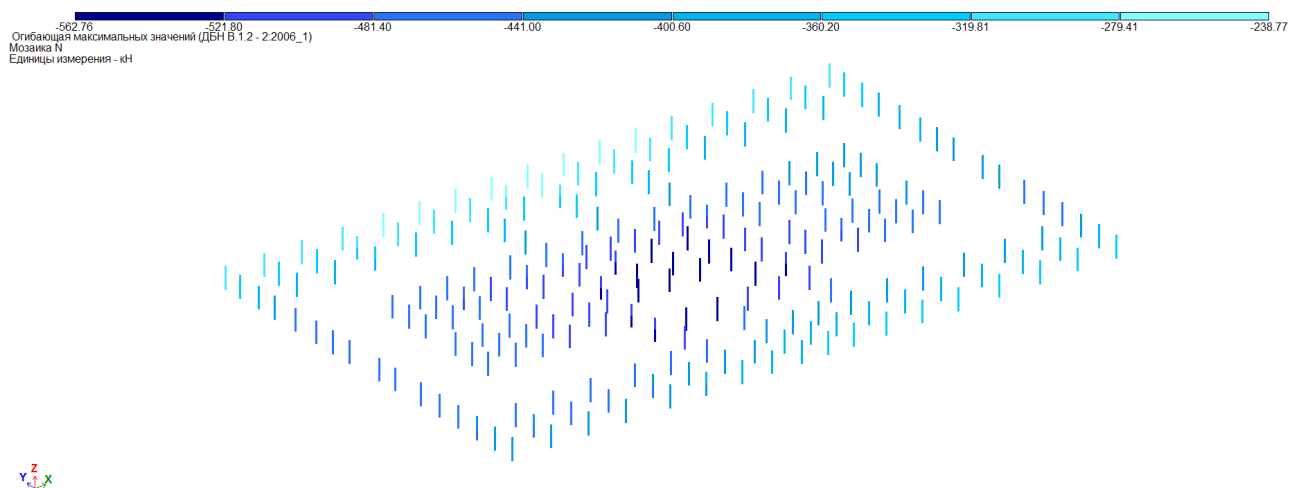
б)

Рисунок Б.4 - Изополя напряжень (кН·м/м) в плиті перекриття на відм. 0,000
в умовах усталеної розрахункової ситуації (з урахуванням вітру):

а – M_x ; б - M_y

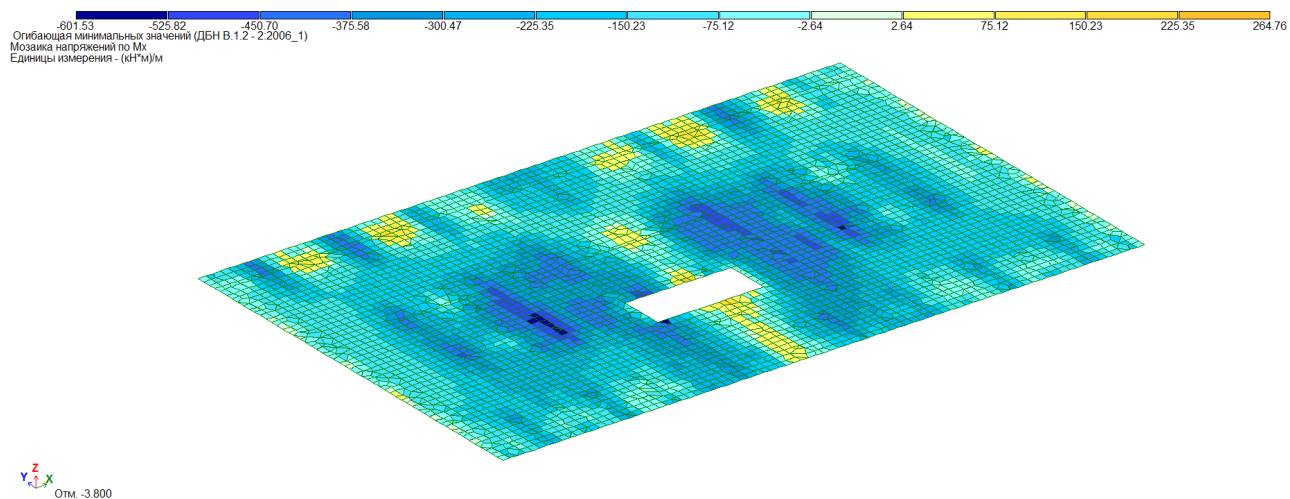


а)

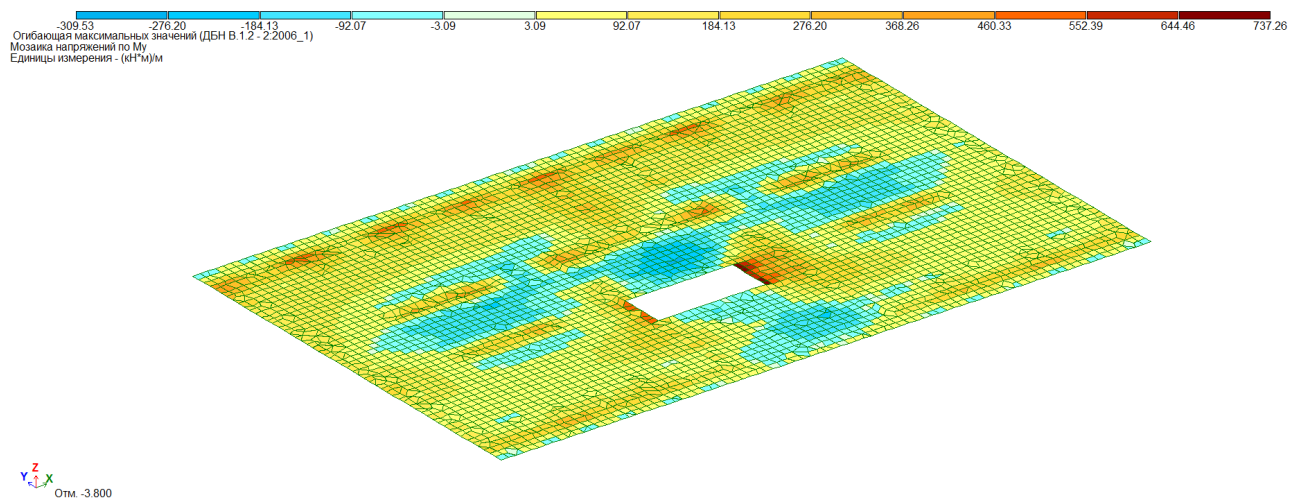


б)

Рисунок Б.5 – Ізополя розрахункових навантажень (кН) на палі
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 7 балів за спектральними методом ДБН [2]):
а – мінімальні; б – максимальні



а)

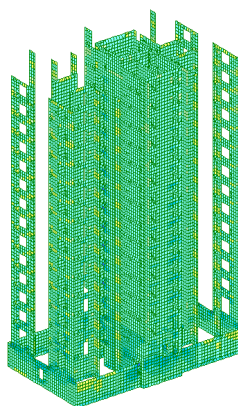


б)

Рисунок Б.6 - Изополя напряжень (кН·м/м) в плитному ростверку
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 7 балів за спектральними методом ДБН [2]):

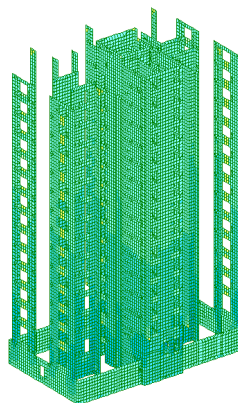
а – Mx; б - My

-3814.44 -3334.30 -2857.97 -2381.64 -1905.32 -1428.99 -952.66 -476.33 -5.35 5.35 476.33 535.12
 Оптимизирующая минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
 Мозаика напряжений по Mx
 Единицы измерения - кНм**2



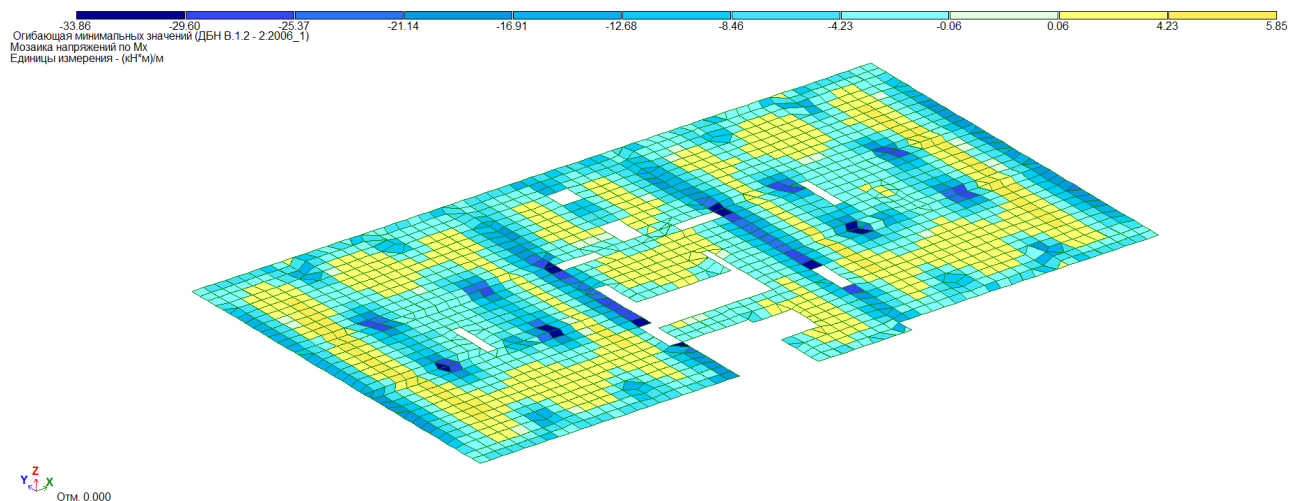
а)

-18393.87 -16078.56 -13781.62 -11484.68 -9187.75 -6890.81 -4593.87 -2296.94 -2.00 2.00 200.63
 Оптимизирующая минимальных значений (ДБН В.1.2 - 2:2006_1)
 Мозаика напряжений по My
 Единицы измерения - кНм**2

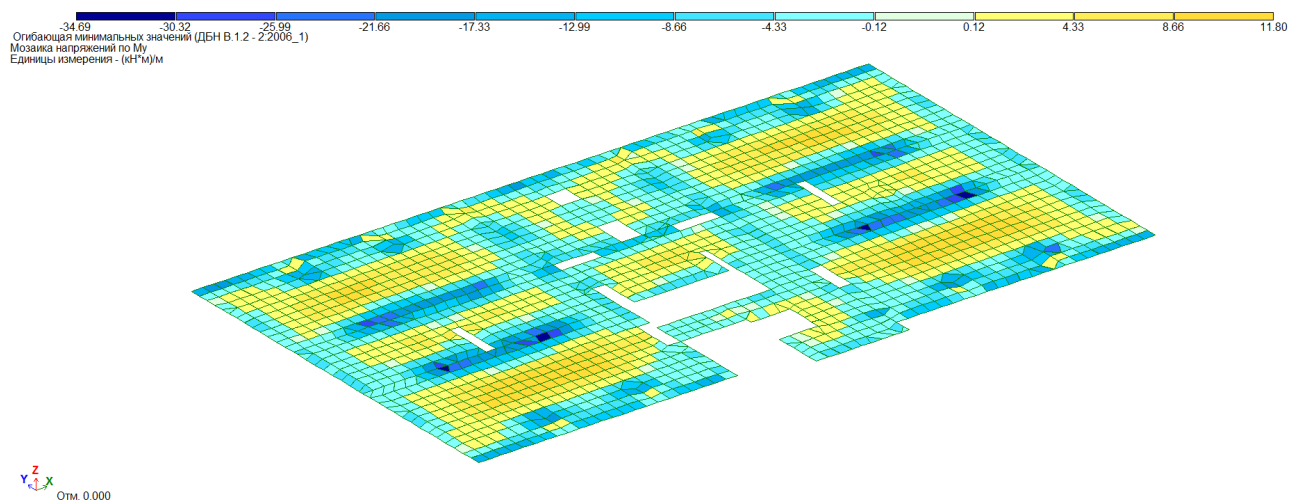


б)

Рисунок Б.7 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м^2) у вертикальних несучих елементах (діафрагми та стіни) в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом ДБН [2]): а – M_x ; б - M_y



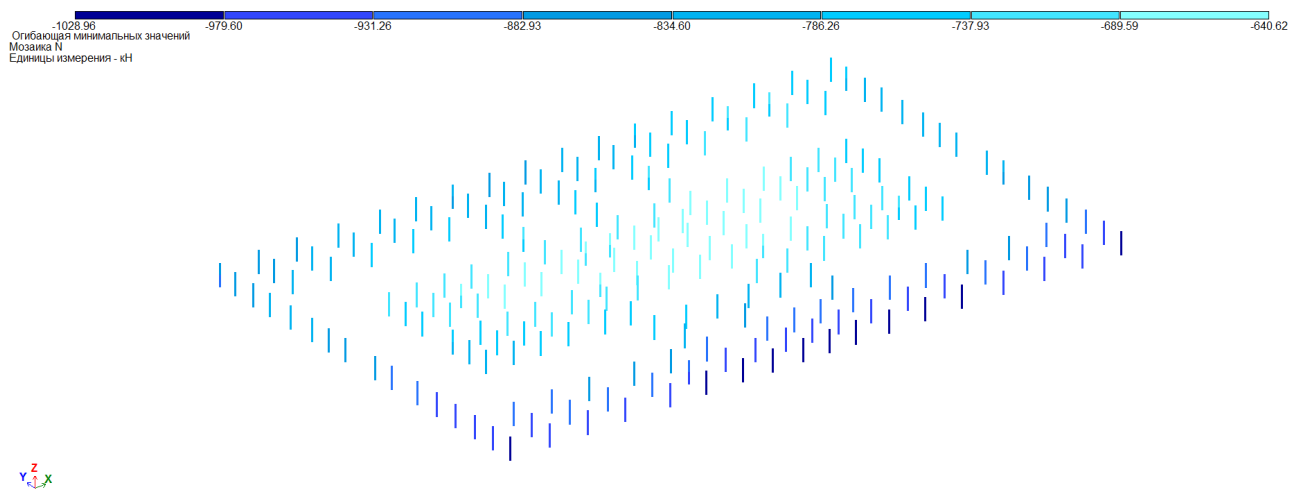
а)



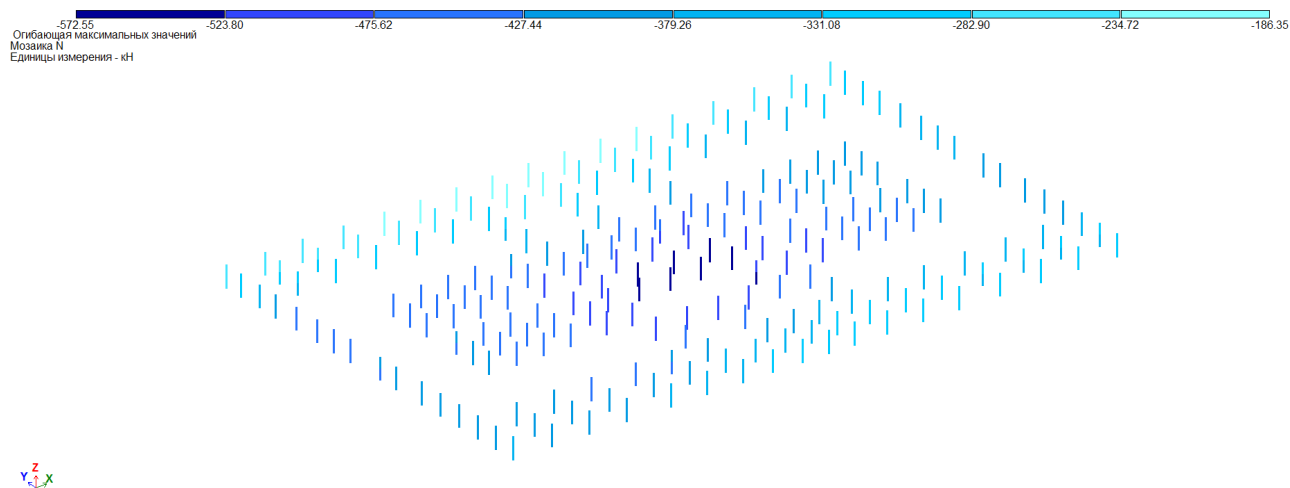
б)

Рисунок Б.8 - Изополя напряжений (кН·м/м) в плите перекрытия на відм. 0,000 в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом ДБН [2]):

а – Mx; б - My

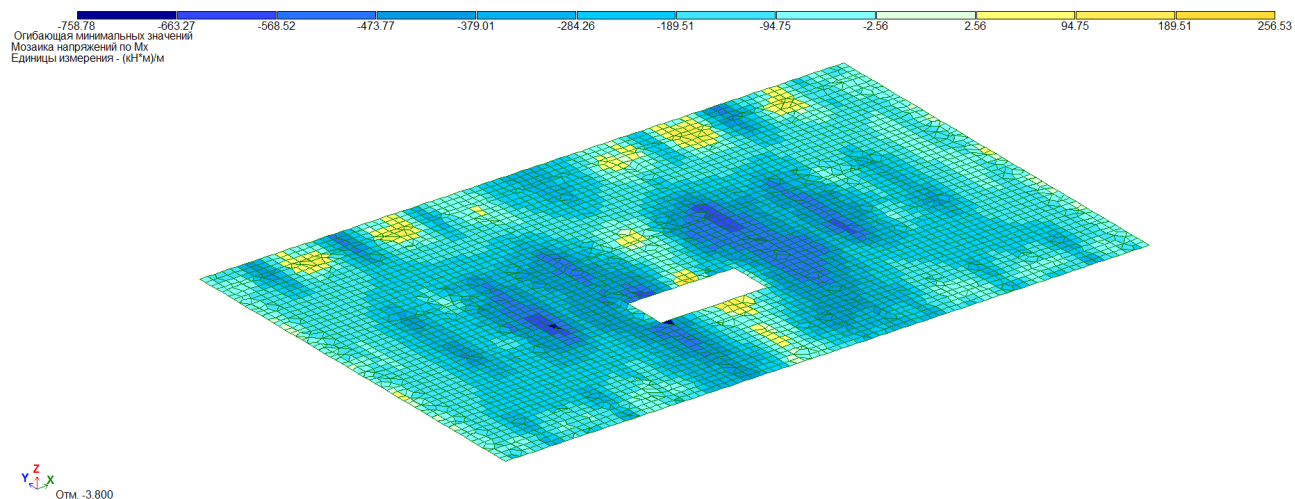


а)

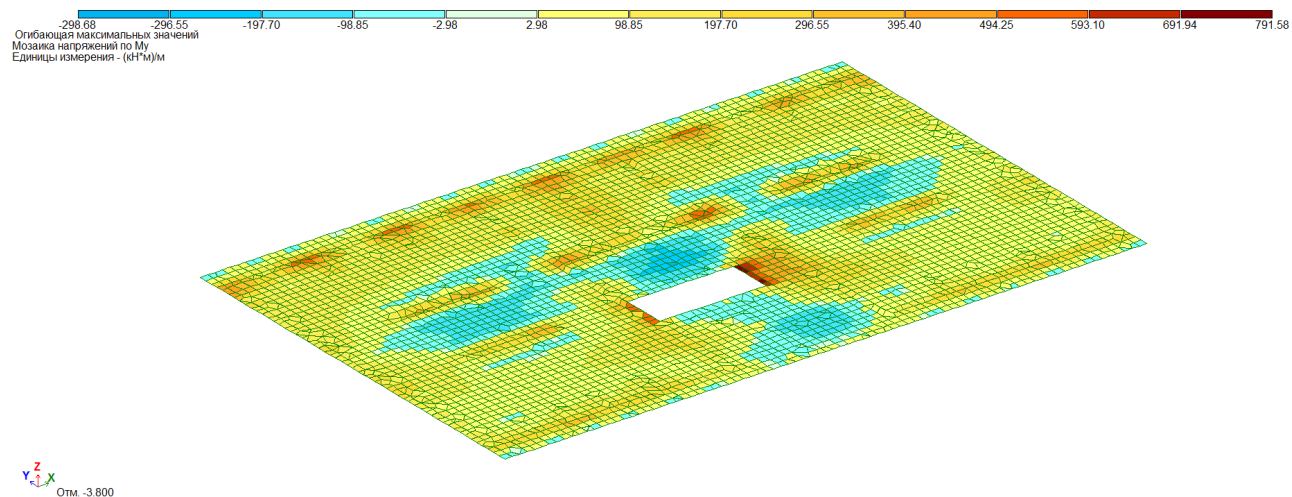


б)

Рисунок Б.9 – Изополя расчетных навантажений (кН) на палі
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 7 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):
а – мінімальні; б – максимальні



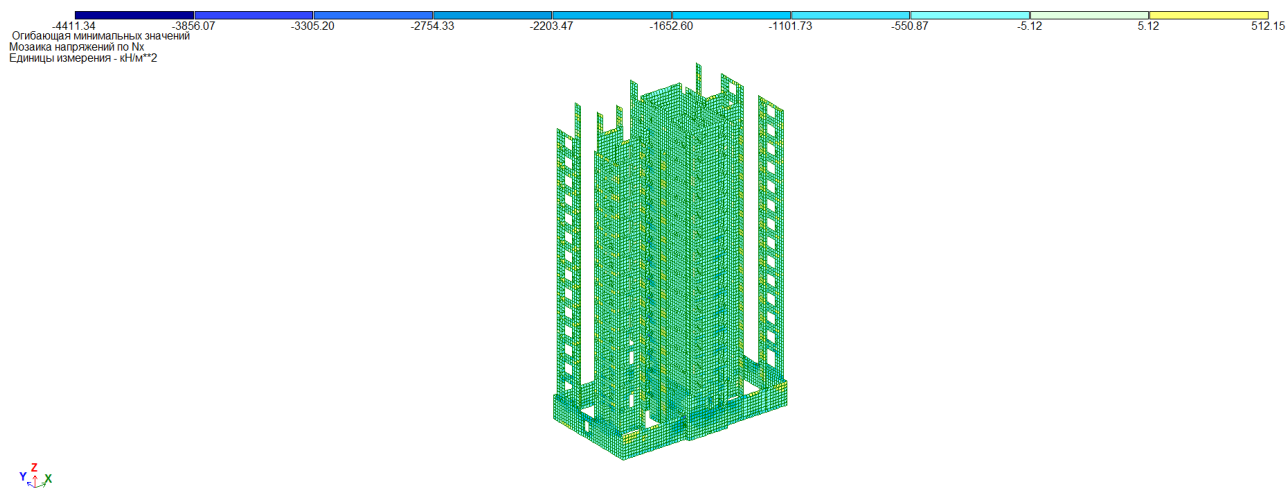
а)



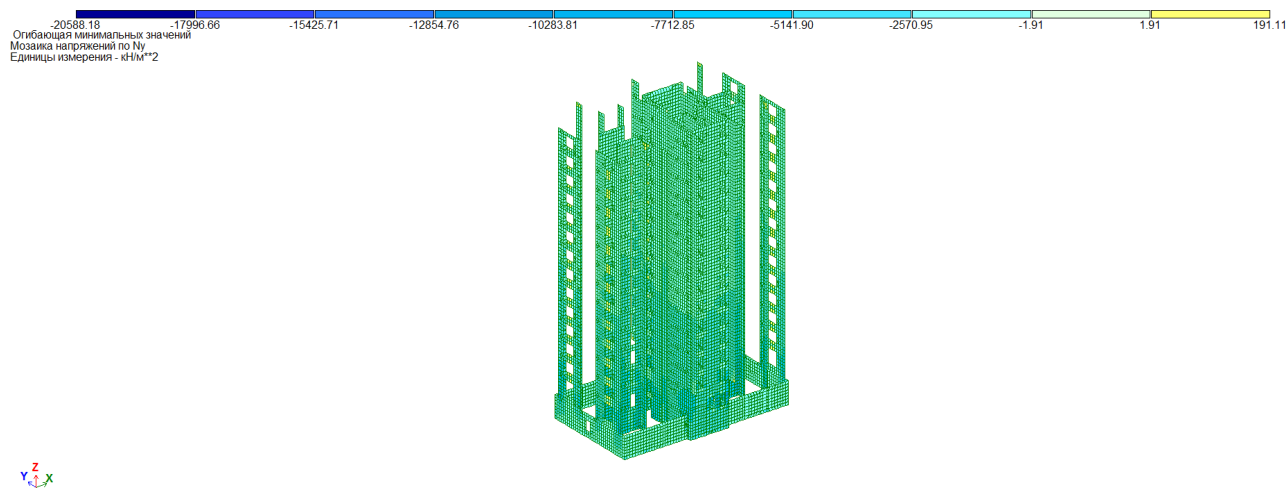
б)

Рисунок Б.10 - Изополя напряжень (кН·м/м) в плитному ростверку
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 7 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):

а – Mx; б - My

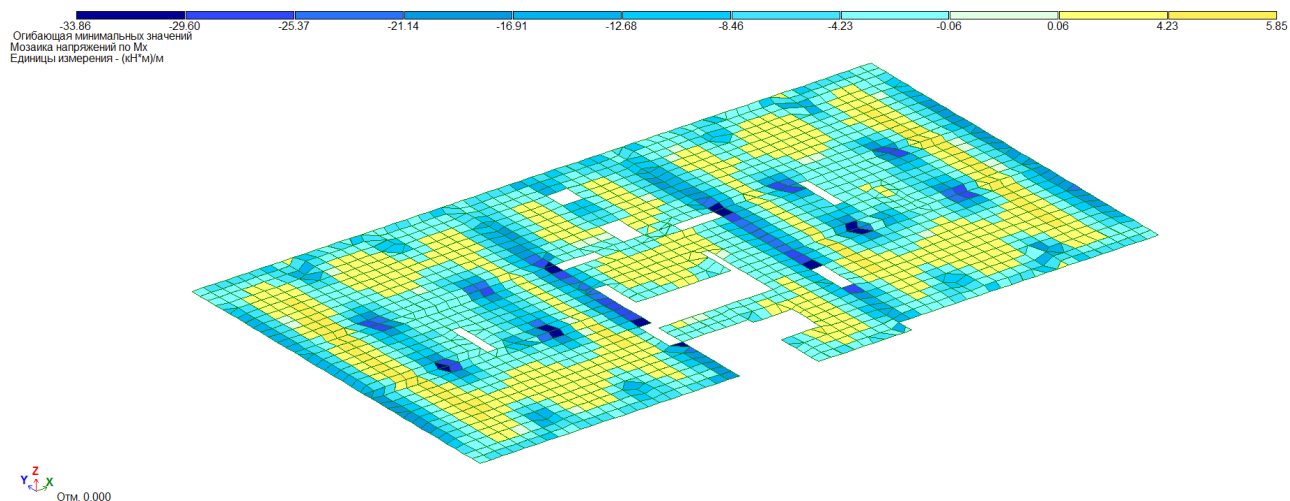


а)

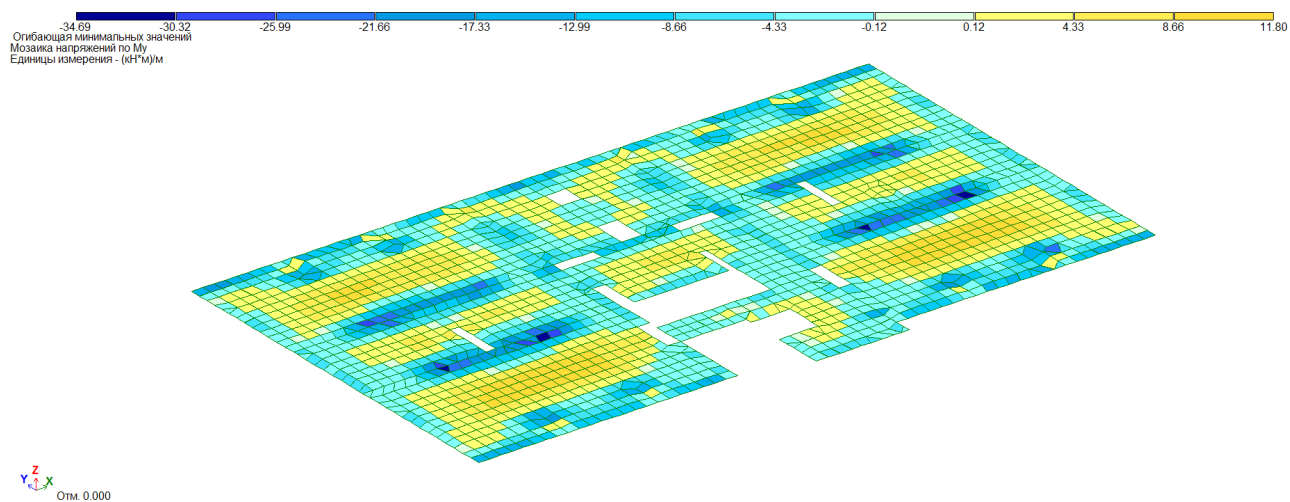


б)

Рисунок Б.11 – Изополя расчетных напряжений (кН/м^2) у вертикальных несущих элементах (диафрагмы та стіни) в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]): а – M_x ; б - M_y



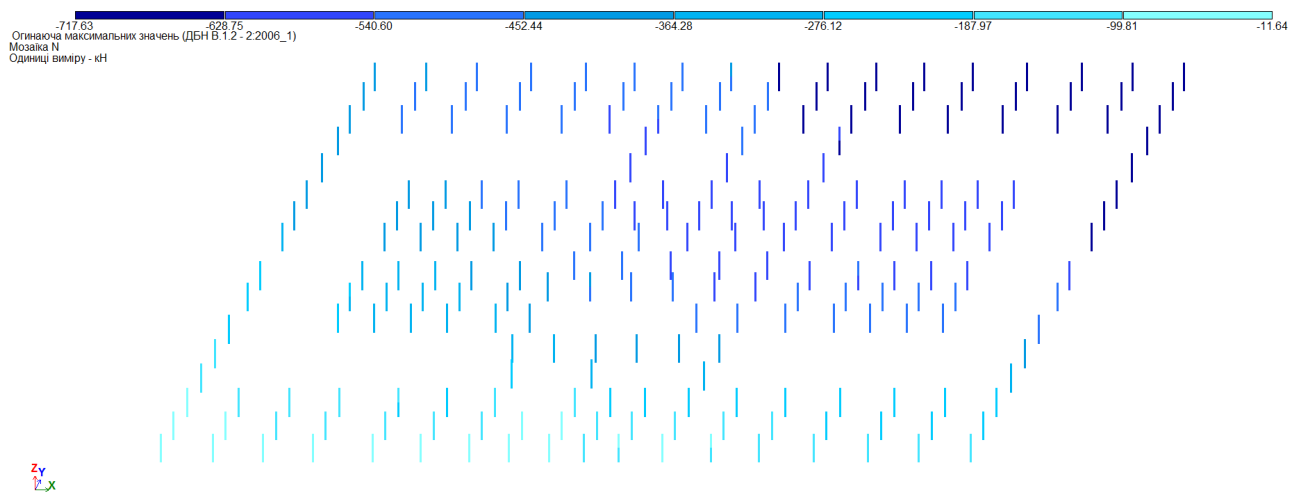
а)



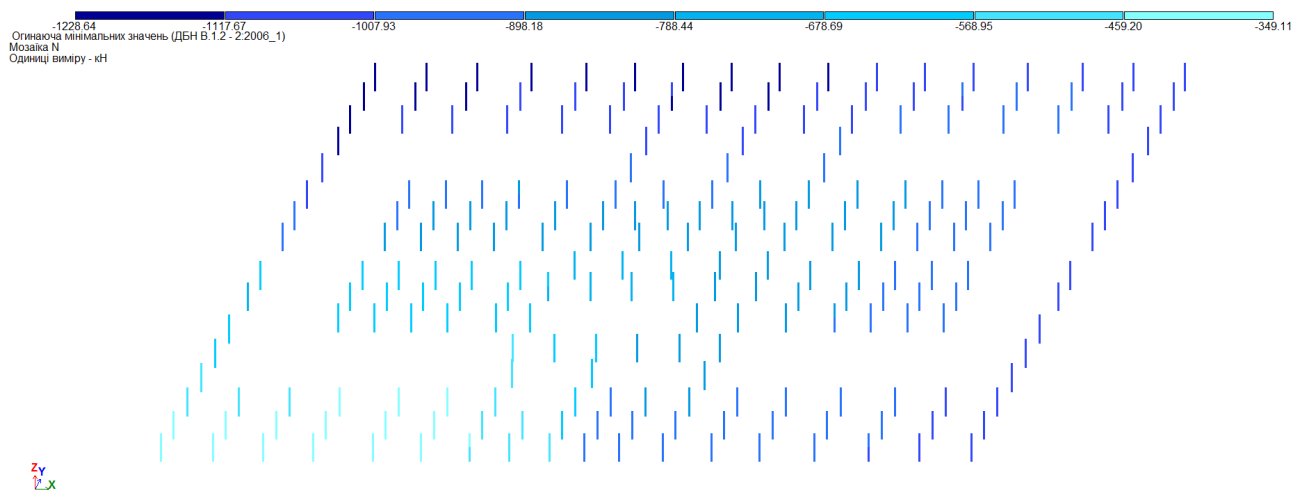
б)

Рисунок Б.12 - Изополя напряжений (кН·м/м) в плите перекрытия на відм. 0,000 в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):

а – Mx; б - My

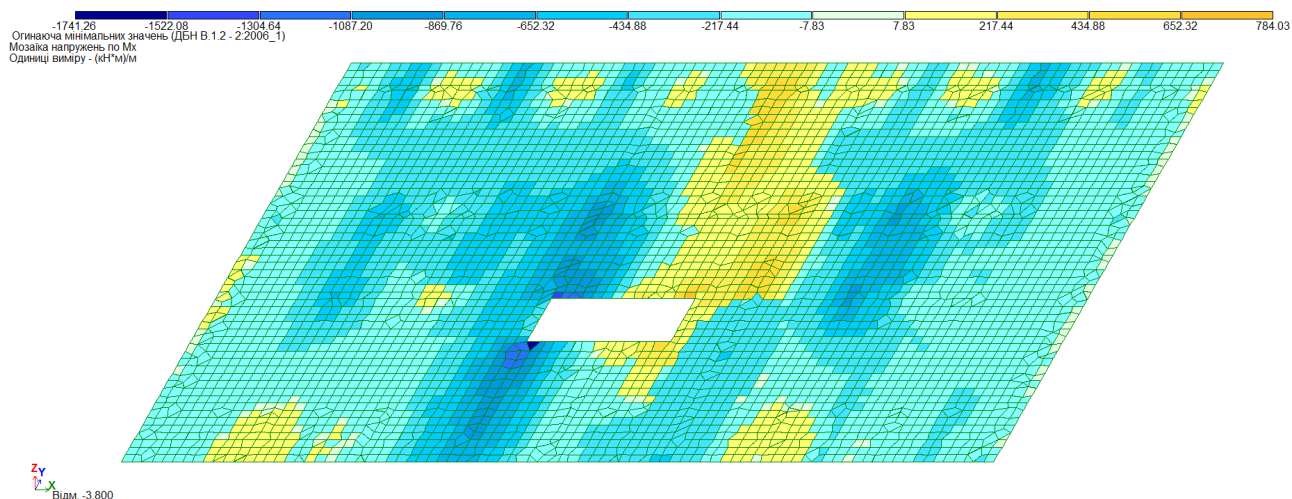


а)

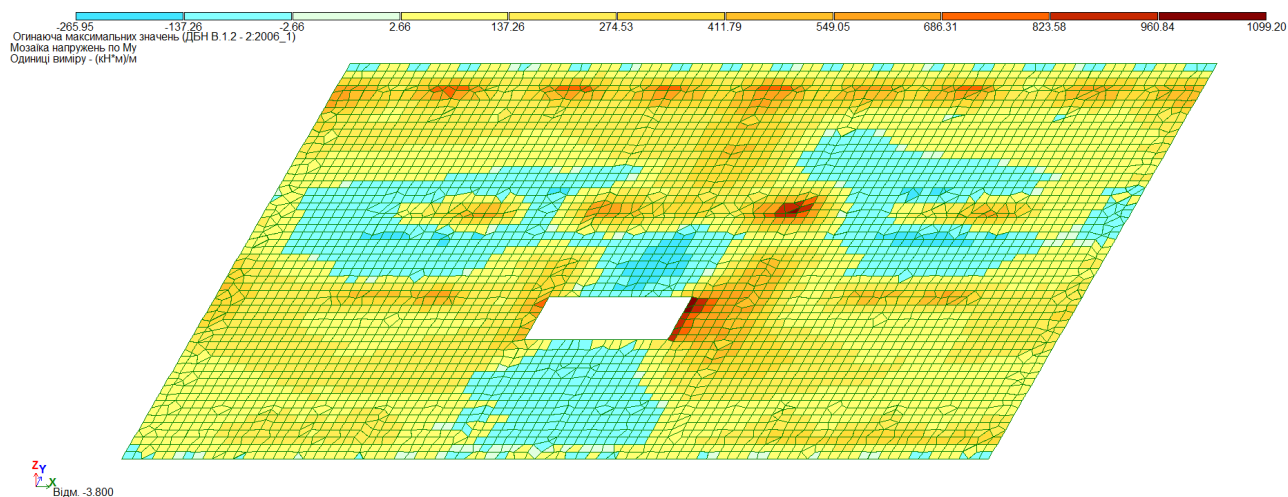


б)

Рисунок Б.13 – Ізополя розрахункових навантажень (кН) на палі
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 8 балів за спектральними методом ДБН [2]):
а – мінімальні; б – максимальні



а)

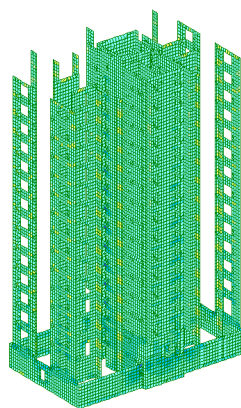


б)

Рисунок Б.14 - Ізополя напружень (кН·м/м) в плитному ростверку в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральними методом ДБН [2]):

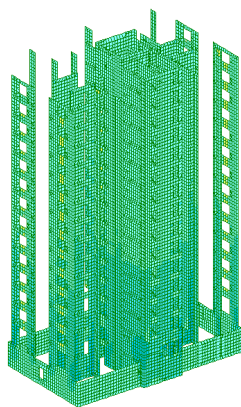
а – Мх; б - My

-6792.93 -5937.87 -5089.61 -4241.34 -3393.07 -2544.80 -1696.54 -848.27 -4.14 4.14 414.31
 Оптимізація мінімальних значень (ДБН В.1.2 - 2.2006_1)
 Мозаїка напружень по Nx
 Одиниці виміру - кН/м²



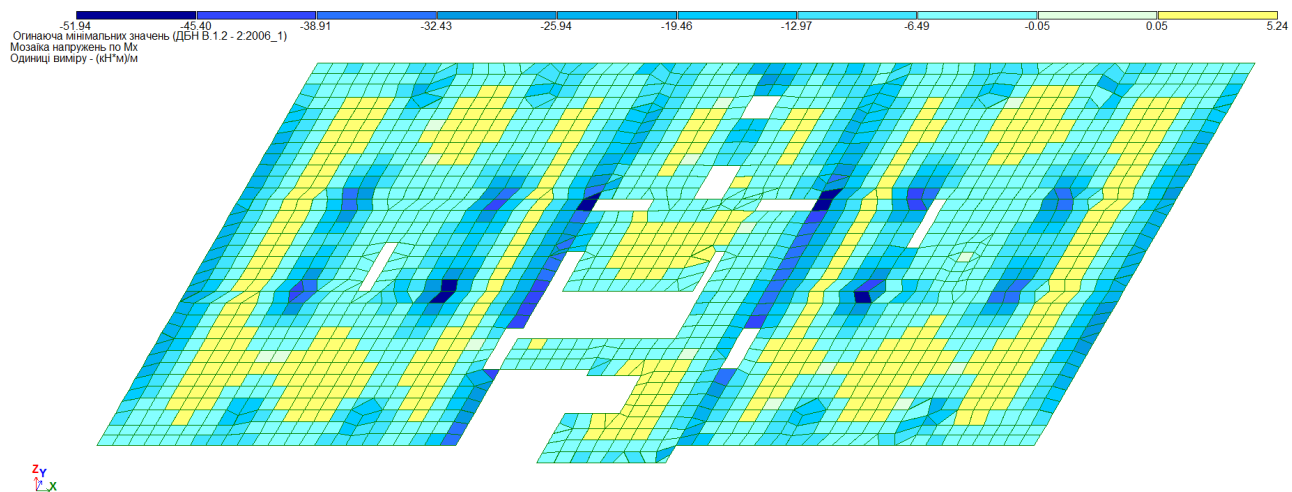
а)

-29050.05 -25393.40 -21765.77 -18138.15 -14510.52 -10882.89 -7255.26 -3627.63 -1.63 1.63 162.95
 Оптимізація мінімальних значень (ДБН В.1.2 - 2.2006_1)
 Мозаїка напружень по Ny
 Одиниці виміру - кН/м²

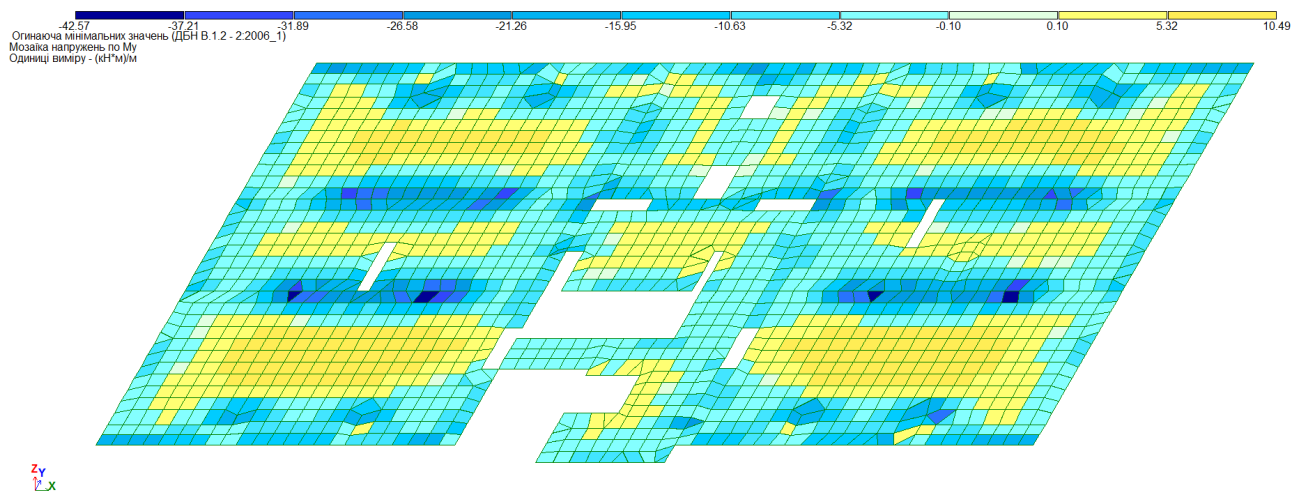


б)

Рисунок Б.15 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м²) у вертикальних несучих елементах (діафрагми та стіни) в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральним методом ДБН [2]): а – Mx; б - My



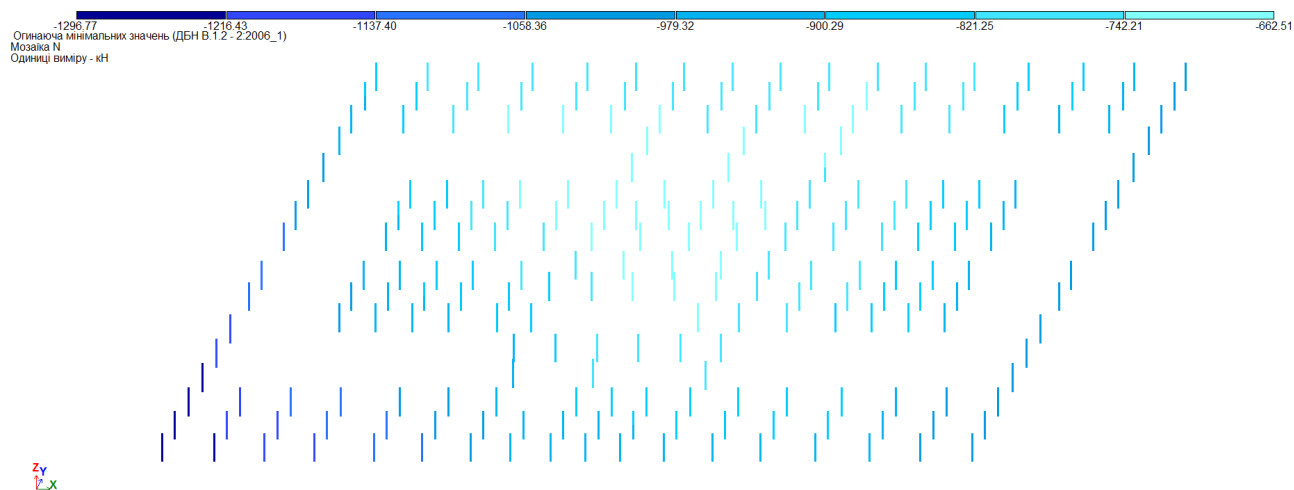
а)



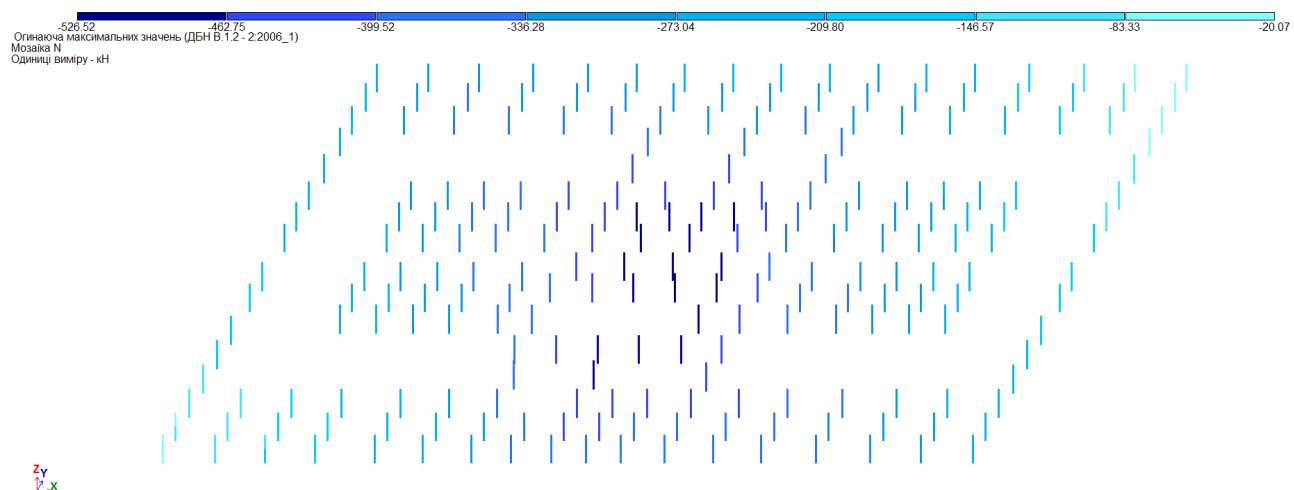
б)

Рисунок Б.16 - Ізополя напружень (кН·м/м) в плиті перекриття на відм. 0,000 в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральним методом ДБН [2]):

а – M_x ; б - M_y

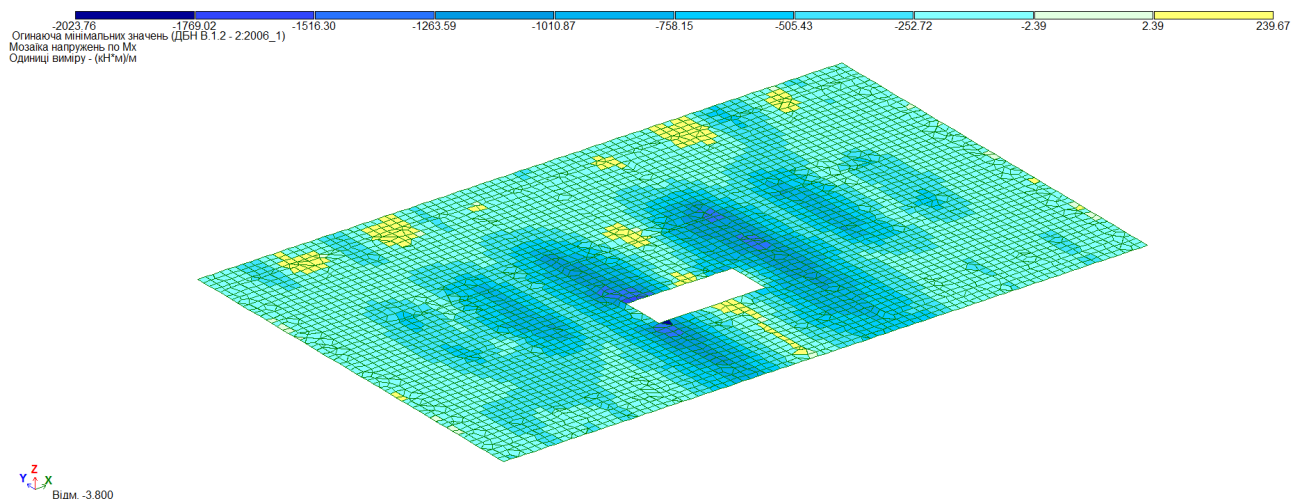


а)

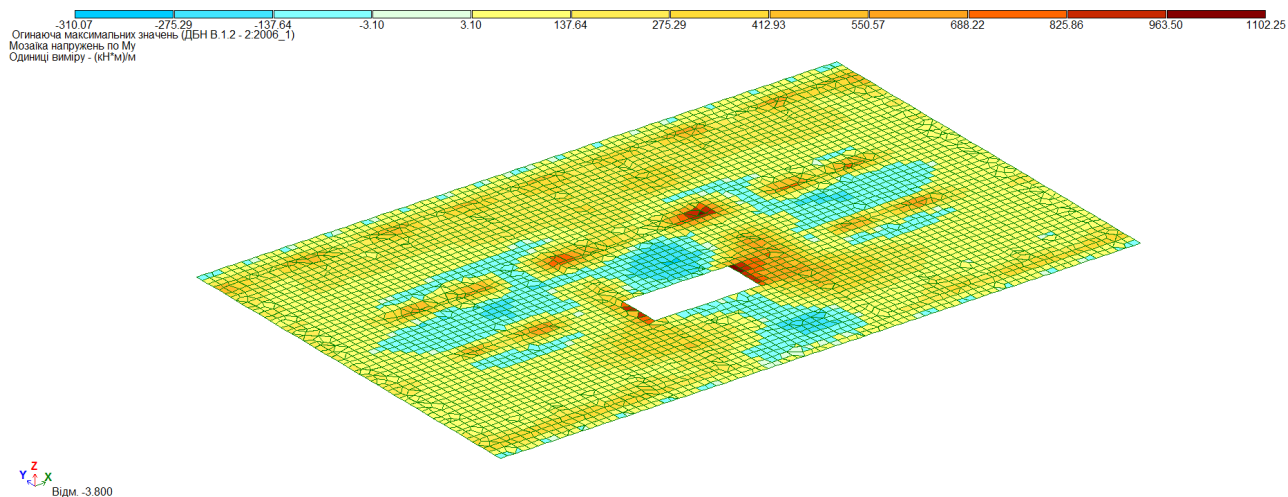


б)

Рисунок Б.17 – Ізополя розрахункових навантажень (кН) на палі
в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу
інтенсивністю 8 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):
а – мінімальні; б – максимальні



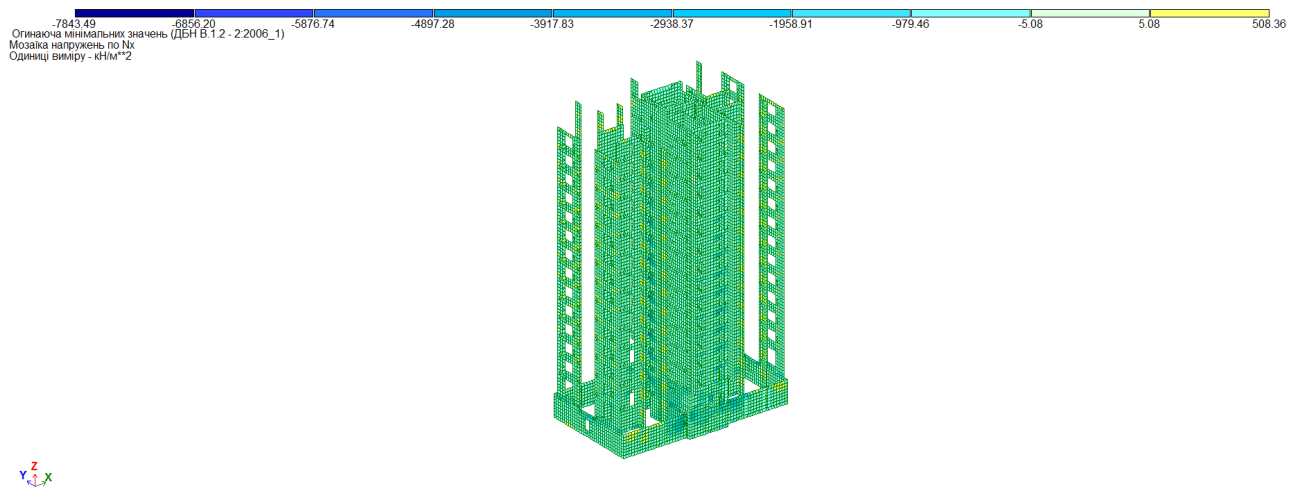
а)



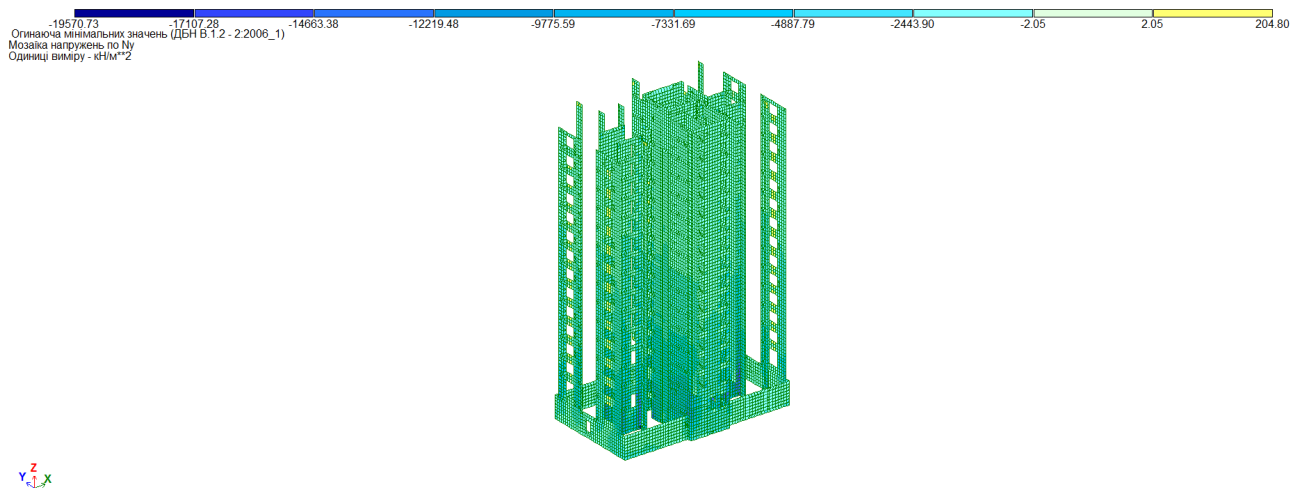
б)

Рисунок Б.18 - Ізополя напружень (кН·м/м) в плитному ростверку в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):

а – M_x ; б - M_y



а)



б)

Рисунок Б.19 – Ізополя розрахункових напружень (кН/м^2) у вертикальних несучих елементах (діафрагми та стіни) в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]): а – M_x ; б - M_y

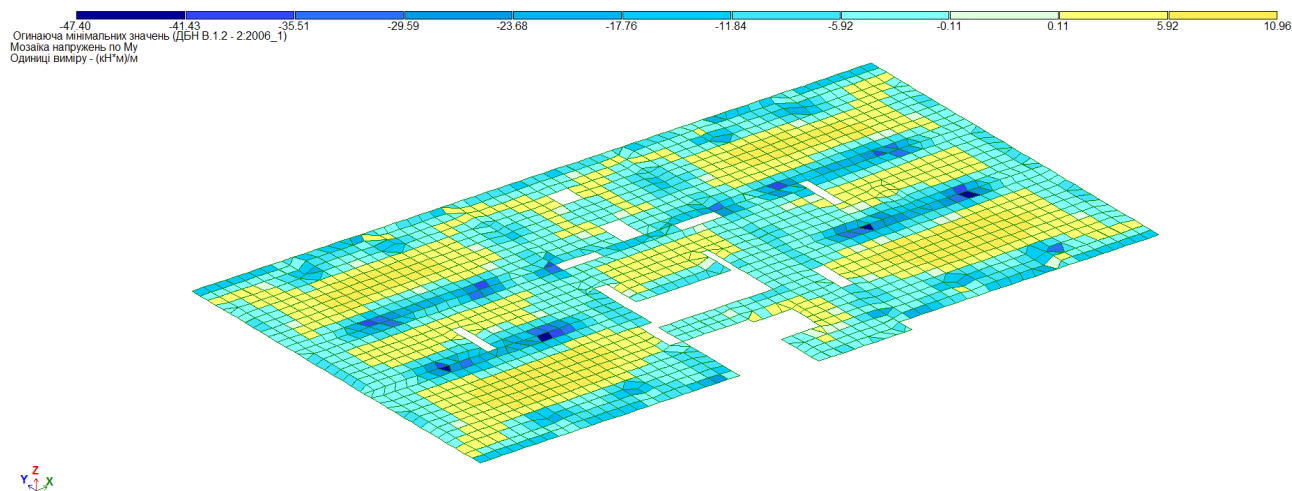
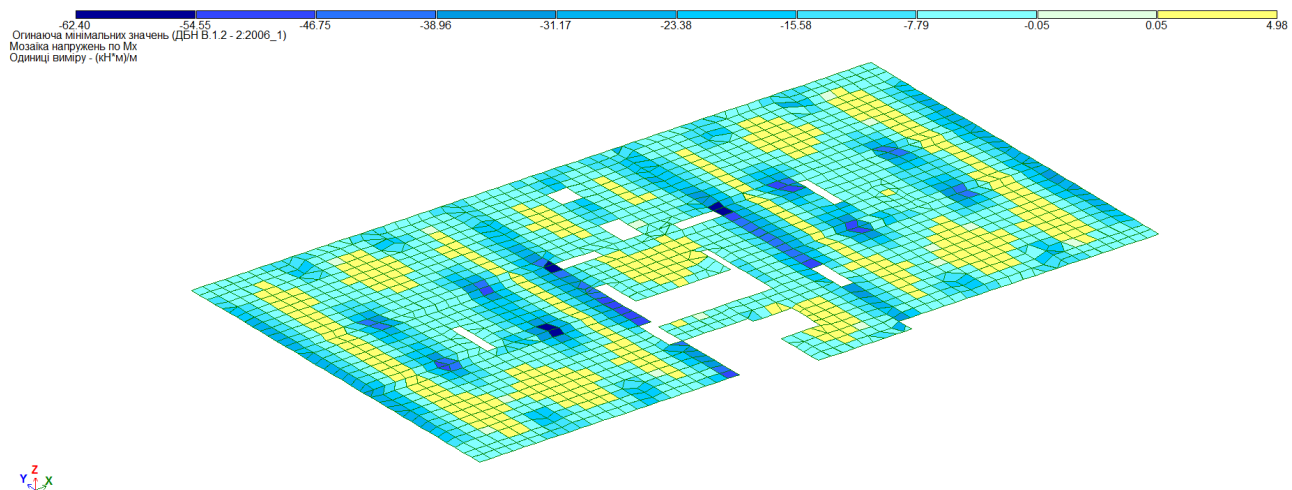


Рисунок Б.20 - Ізополя напружень (кН·м/м) в плиті перекриття на відм. 0,000 в умовах сейсмічної розрахункової ситуації (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 8 балів за спектральним методом EN1998-1 [3]):

а – Mx; б - My

ДОДАТОК В. РЕЗУЛЬТАТИ КОШТОРИСНИХ РОЗРАХУНКІВ

Таблиця В.1

Багатоповерхова житлова будівля
(назва будови)

Форма № 1

Локальний кошторис № 02-01-04
на загальнобудівельні роботи

Кошторисна вартість - 29456323 грн.

Основна зарплата - 5387306 грн.

Нормативна трудомісткість – 321962 люд.-год.

Складений в цінах 2023 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл. машин	тих, що обслуговують машини, люд-год	
										ОЗП	в т. ч. ОЗП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Загальнобудівельні роботи	м ³	37675,75	674,21	54,21	25401366	4123611	2042402	7,30	275033
					109,45	3,94			148442	0,33	12433
		Всього:					25401366	4123611	2042402		275033
									148442		12433
									19 235 353		
									4 272 053		
									4 054 957		
									34496		
									1115253		
									2 154 922		
									784782		
									29 456 323		
									321962		
									5 387 306		

Продовження таблиці В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5	УКН	Влаштування газопостачання	100 м ³		3835,46	78,25			22699	28,1	8151	
				290,08	145,29	16,45	1112590	42146	4772	0,77	223	
		Всього:					7837930	631498	<u>112734</u>		<u>42775</u>	
									39573		2068	
		в тому числі вартість матеріалів							7093698			
		всього зарплата							671071			
		Разом ЗВВ по кошторису							604867			
		Нормативна трудомісткість в ЗВВ							4709			
		Нормативна зарплата в ЗВВ							152228			
		Обов'язкові платежі та внески							329320			
		Решта статей ЗВВ							123320			
		Кошторисна вартість							8442797			
		Нормативна трудомісткість							49552			
		Кошторисна зарплата							823299			

Таблиця В.3

Багатоповерхова житлова будівля
(назва будови)

Форма № 1

Локальний кошторис № 02-01-03

на внутрішні електромонтажні роботи

Кошторисна вартість - 6476128 грн.

Основна зарплата – 778733 грн.

Нормативна трудомісткість – 32711 люд.-год.

Складений в цінах 2023 р.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.	
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл машин	тих, що обслуговують машини, люд.-год	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	УКН	Влаштування електроосвітлення	100 м ³	290,1	12293,34	549,84	3566052	494128	159498	76,84	22290
					1703,42	58,55			16984	2,96	859
2	УКН	Електросил обладн.: а) вартість обладнання	100 м ³	290,1	740		214659				
3	УКН	б) влаштування обладнання	100 м ³	290,1	7281,6	86,69	2112247	157293	25147	16	4641
					542,24	23,73			6884	2,6	754
4	УКН	Улаштування пожежної сигналізації	1000 м ³	29,01	3654,3	56,2	106004	9161	1630	40	1160
					315,8	26,6			772	10,7	114
			Всього:				5998962	660582	<u>186275</u>		<u>28091</u>
									24639		1727
									5152105		
									685221		
									477166		
									2892		
									93512		
									311493		
									72161		
									6476128		
									32711		
									778733		

Таблиця В.4

Багатоповерхова житлова будівля
(назва будови)

Форма № 1

Локальний кошторис № 02-01-04

на монтаж технологічного устаткування

Кошторисна вартість – 343341 грн.

Основна зарплата – 50309 грн.

Нормативна трудомісткість – 8423 люд.-год.

Середній розряд робіт 3.8 розряд

Складений в цінах 2023 р.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.		Загальна вартість, грн.			Витрати праці робітників, не зайнятих обслуг. маш.		
					Всього	Експл. машин	Всього	ОЗП	Експл машин	тих, що обслуговують машини, люд-год		
												ОЗП
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	УКН	Монтаж технологічного устаткування	1000 м ³	29,008	9924,92	283,85	287902	26616	8234	258,7	7504	
					917,55	129,45					3755	10,4
		Всього:					287902	26616	8234		7504	
									3755		302	
			в т. ч. вартість матеріалів					253052				
			всього зарплата						30371			
			Разом ЗВВ по кошторису						55439			
			Нормативна трудомісткість в ЗВВ						617			
			Нормативна зарплата в ЗВВ						19937			
			Обов'язкові платежі та внески						20123			
			Решта статей ЗВВ						15378			
			Кошторисна вартість						343341			
			Нормативна трудомісткість						8423			
			Кошторисна зарплата						50309			

Таблиця В.5

Багатоповерхова житлова будівля
(назва будови)

Форма № 2

Локальний кошторис № 02-01-05
на придбання технологічного устаткування

Складений в цінах 2023 р.

Кошторисна вартість – 359654 грн.

№ п/п	Шифр і номер позиції нормативу	Найменування робіт та витрат,	Одиниця виміру	Кількість	Вартість одиниці, грн.	Загальна вартість, грн.
1	2	3	4	5	6	7
1	УКН	Технологічне устаткування	1000 м ³	29,008	11703,32	339490
	Разом					339490
	Запасні частини 1%					3395
	Разом					342885
	Витрати на тару, упаковку та реквізити 0,5%					1714
	Разом					344599
	Транспортні витрати 3 %					10338
	Разом					354937
	Заготівельно-складські витрати 0,9%					3194
	Разом					358132
	Комплектація 0,4%					1433
	Всього по кошторису					359564

Склав _____

Перевірив _____

Об'єктний кошторис № 02-01

Затверджений
Замовник _____

“ _____ ” _____ 20__р.

на будівництво багатоповерхової житлової будівлі

Базисна кошторисна вартість 38301,38 тис. грн.

Нормативна трудомісткість 338,58 тис. люд.-год

Кошторисна заробітна плата 5800,23 тис. грн.

Складений в цінах 2023 р.

Вимірювач одиничної вартості 1 м² 5582 грн.

№ п / п	Номер кошторисів і розрахунків	Найменування робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис грн.			Кошторисна трудомісткість тис. люд.-год.	Кошторис на ЗП тис. грн.	Показник одиничної вартості грн.
			Будів. роботи	Устатку вання	Всього			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Локальний кошторис № 1	Загально-будівельні роботи	22679,55		22679,55	247,89	4147,89	3305
2	Локальний кошторис № 2	Внутрішні санітарно-технічні роботи	8442,80		8442,80	49,55	823,30	1230
3	Локальний кошторис № 3	Електромонтажні роботи	6261,47	214,66	6476,13	32,71	778,73	944
4	Локальний кошторис № 4	Монтаж технологічного обладнання	343,34		343,34	8,42	50,31	50
5	Локальний кошторис №5	Придбання устаткування		359,56	359,56			52
	Разом		37727,16	574,22	38301,38	338,58	5800,23	5582

Головний інженер проекту _____ Керівник _____ відділу _____

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зведений кошторисний розрахунок в сумі 45845,47 тис.грн.
В тому числі зворотні суми 85,24 тис. грн.
„ „ 2023 р.

Зведений кошторисний розрахунок вартості будівництва
багатоповерхової житлової будівлі

Складений в цінах 2023 р.

№ п/п	Номер кошторисів і кошторисних розрахунків	Найменування глав, об'єктів, робіт і витрат	Кошторисна вартість, тис. грн.			
			буд. робіт	устаткування меблів та інвентарю	Інших витрат,	Загальна вартість
1	2	3	4	5	6	7
1		Глава 1				
		Підготовка території будівництва	15,12		11,12	26,24
		Відведення земельної ділянки	14,33		12,3	26,63
		Всього по главі 1	29,45		23,42	52,87
2		Глава 2				
		Основні об'єкти будівництва				
		Всього по главі 2	37727,16	574,22		38301,38
3		Глава 4				
		Об'єкти енергетичного господарства				
		Всього по главі 4	9,23	8,42	26,14	43,79
		Глава 5 Об'єкти транспортного господарства і зв'язку Будівництво автомобільних шляхів				
4		Всього по главі 5	29,45	7,41	2,11	38,97

5	Глава 6 Зовнішні мережі (споруди водопостачання, каналізації, теплопостачання і газифікації)				
	Зовнішня мережа водопостачання				
	Зовнішня мережа каналізації				
	Всього по главі 6	54,6	8,45	4,12	67,17
6	Глава 7				
	Благоустрій території				
	Всього по главі 7	35,46	15,42	1,23	52,11
	Всього по главах 1-7	37885,35	613,92	57,02	38556,29
7	Глава 8				
	Тимчасові будівлі та споруди				
	Всього по главі 8	568,28			568,28
	Всього по главах 1-8	38453,63	613,92	57,02	39124,57
8	Глава 9 Інші роботи і витрати				
	Додаткові витрати при виконанні будівельно-монтажних робіт у зимовий період				
	Всього по главі 9	307,63			307,63
	Всього по главах 1-9	38761,26	613,92	57,02	39432,20
9	Глава 10				
	Утримання дирекції підприємства будівництва та авторського нагляду				
	Утримання дирекції і технічного нагляду			197,16	197,16
	Авторський нагляд			74,92	74,92
	Всього по главі 10			272,08	272,08
10	Глава 11				
	Підготовка експлуатаційних кадрів			197,16	197,16
	Витрати на підготовку експлуатаційних кадрів				
	Всього по главі 11			197,16	197,16

11		Глава 12				
		Проектно вишукувальні роботи			985,80	985,80
		Експертиза проектно-вишукувальних робіт			147,87	147,87
		Всього по главі 12			1133,68	1133,68
		Всього по главах 1-12	38761,26	613,92	1659,94	41035,12
12		Кошторисний прибуток	1503,42	-	-	1503,42
13		Кошти на покриття ризику усіх учасників будівництва			1231,05	1231,05
14		Засоби на покриття адміністративних витрат будівельно монтажної організації			598,22	598,22
15		Кошти на покриття додаткових витрат пов'язаних з інфляційними процесами			1477,26	1477,26
		Разом	40264,67	613,92	4966,47	45845,07
16		Податки, збори, обов'язкові платежі встановлені чинним законодавством і невраховані складовими вартості будівництва в тому числі комунальний податок			0,40	0,40
		Всього по ЗКР	40264,67	613,92	4966,88	45845,47
		Зворотні суми				85,24

Директор (або головний інженер)
 проектної організації _____



ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра будівництва, міського господарства та архітектури

ОЦІНКА ВПЛИВУ СПОСОБІВ ФОРМУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СИТУАЦІЙ З УРАХУВАННЯМ БАГАТОКОМПОНЕНТНОЇ СЕЙСМІЧНОЇ ДІЇ НА ЕЛЕМЕНТИ КАРКАСУ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ

Магістрант:

Барцицький А. В.

Науковий керівник:

Андрухов В. М., к.т.н., доцент кафедри БМГА

Мета досліджень

Вивчення та порівняльний аналіз сучасних методів розрахунку будівельних конструкцій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії у складі сейсмічних розрахункових ситуацій.

Об'єкт досліджень

14-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва у сейсмічному районі України з інтенсивністю сейсмічних впливів 7-8 балів.

Предмет досліджень

Параметри напружено-деформованого стану (НДС) конструкцій багатоповерхового залізобетонного житлового будинку, визначені за результатами розрахунку в умовах сейсмічної розрахункової ситуації, сформованої з використанням різних методів та врахуванням декількох компонент та просторового характеру впливу.

Задачі досліджень

Аналіз вимог нормативних документів та літературних джерел щодо особливостей розрахунку будівель і споруд на сейсмічні впливи

Визначення мети та завдань дослідження

Розробка просторової розрахункової моделі багатоповерхової каркасної залізобетонної будівлі

Збір навантажень для розрахунку моделі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації з урахуванням сейсмічного впливу.

Складання розрахункових комбінацій навантажень за різними методами відповідно до:

- державних будівельних норм України ДБН В.1.1-12 [2];
- норм Європейського союзу EN1998-1 [3];
- міжнародного будівельного коду [18].

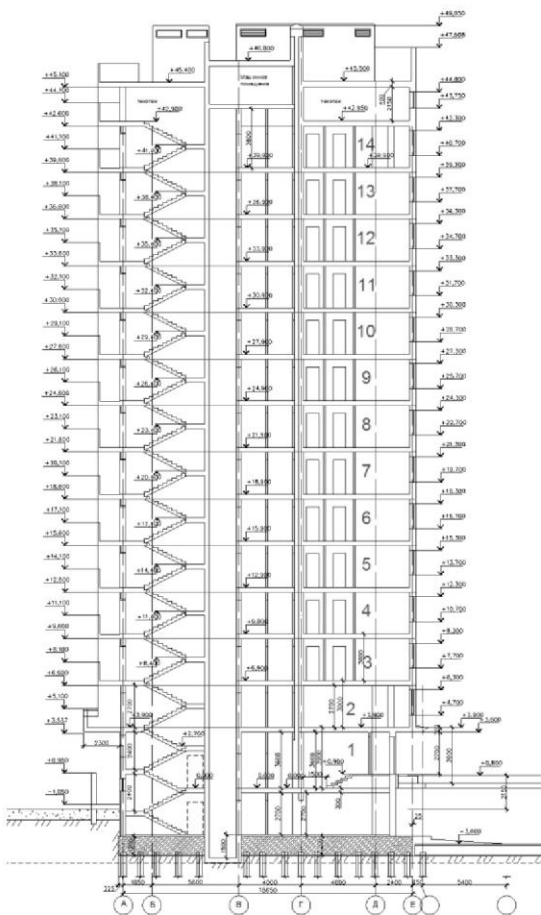
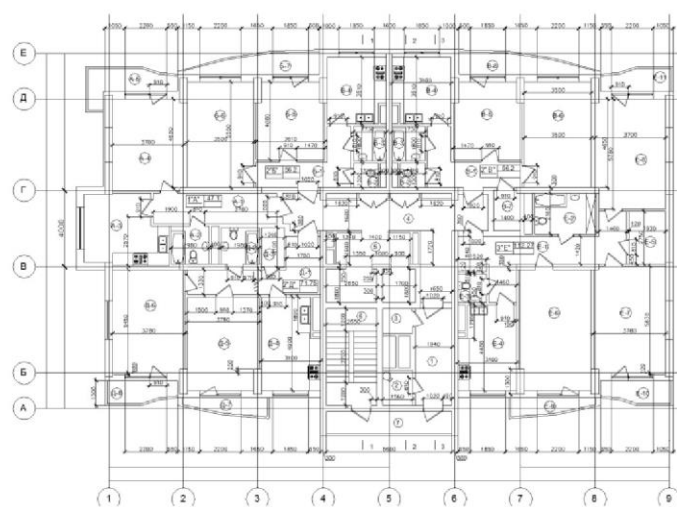
Виконання розрахунку розробленої моделі в умовах усталеної та сейсмічної розрахункової ситуації. Аналіз результатів розрахунку

Порівняння результатів розрахунку з урахуванням сейсмічного впливу, заданого за різними методами розрахунку, зокрема:

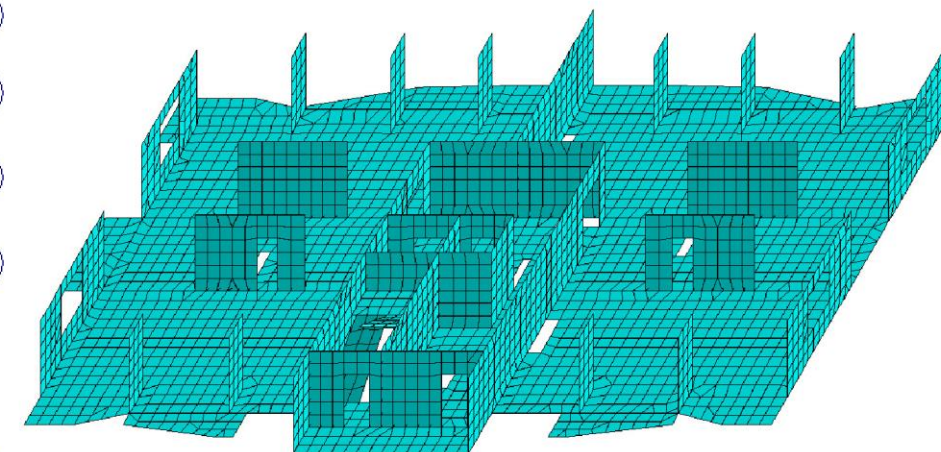
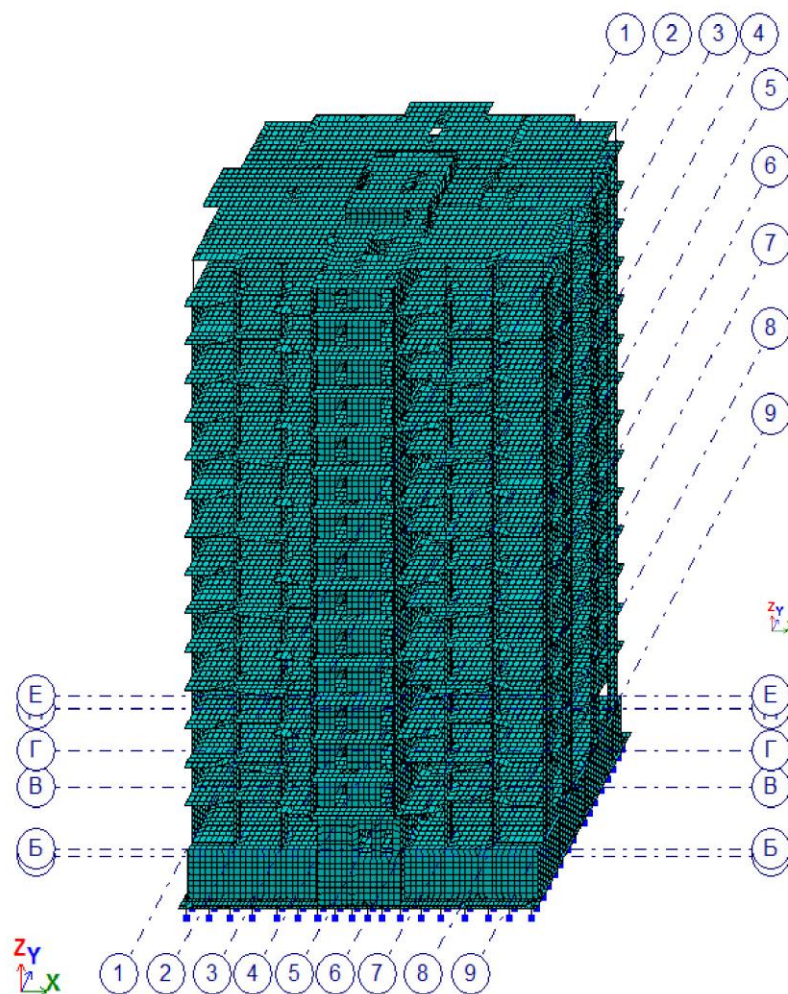
- сейсмічних (інерційних) навантажень;
- параметрів НДС конструкцій;
- витрат матеріалів (армування) конструкцій

Підготовка висновків за результатами проведених досліджень

Об'єкт дослідження та розрахункова модель



14-ти поверховий залізобетонний житловий будинок, запроектований за схемою монолітного безрігельного каркасу для будівництва в районі з сейсмічністю 7-8 балів



Загальний вигляд комп'ютерної моделі та фрагмент типового поверху

Параметри скінчених елементів комп'ютерної моделі

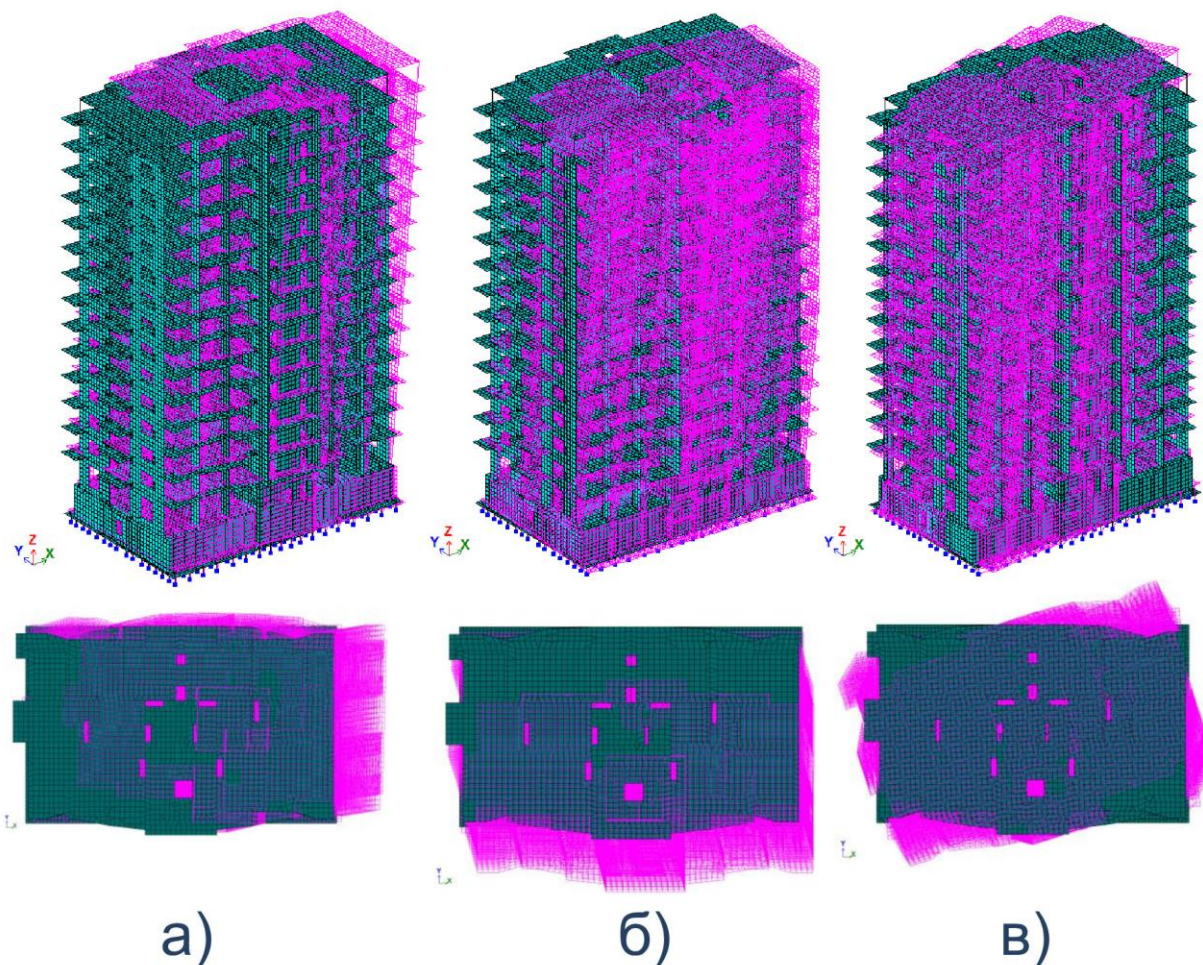
№ т.ж.	Геометричні параметри	Фізико-механічні параметри	Положення в конструктивній схемі будинку
1	Брус 35x35	$E=45388, \nu=0.2, R_0=2.5$	Палі
2	Брус 40x40	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Колони
3	Брус 30x40	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Колони
4	Пластина Н40	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Діафрагми жорсткості
5	Пластина Н30	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Діафрагми жорсткості, стіни шахт ліфтів, стіни сходової клітини
6	Пластина Н25	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Стіни шахт ліфтів
7	Пластина Н20	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Перекриття на всіх поверхах
8	Пластина Н40	$E=2.75e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Стіни підвалу
9	Брус 1x1	$E=3.06e+006, \nu=0.2, R_0=0.1$	Фіктивні стрижні для реалізації лінійних навантажень
10	Пластина Н120	$E=2.75e+006, \nu=0.2, R_0=2.5$	Плита ростверку

Позначення: R_0 - щільність матеріалу елементів розрахункової схеми, тс/м³;
 E - модуль пружності, тс/м²; ν - коефіцієнт Пуасона

Результати чисельних досліджень

Розрахунок просторової моделі виконано із використанням ПК «ЛИРА-САПР»:

- за спектральним методом:
 - модуль 36 (ДБН)
 - модуль 44 (до EN1998-1)



Перші форми власних коливань будівлі:
 а – перша (поступальна вздовж осі X);
 б – друга (поступальна вздовж осі Y);
 в - третя (крутильна)

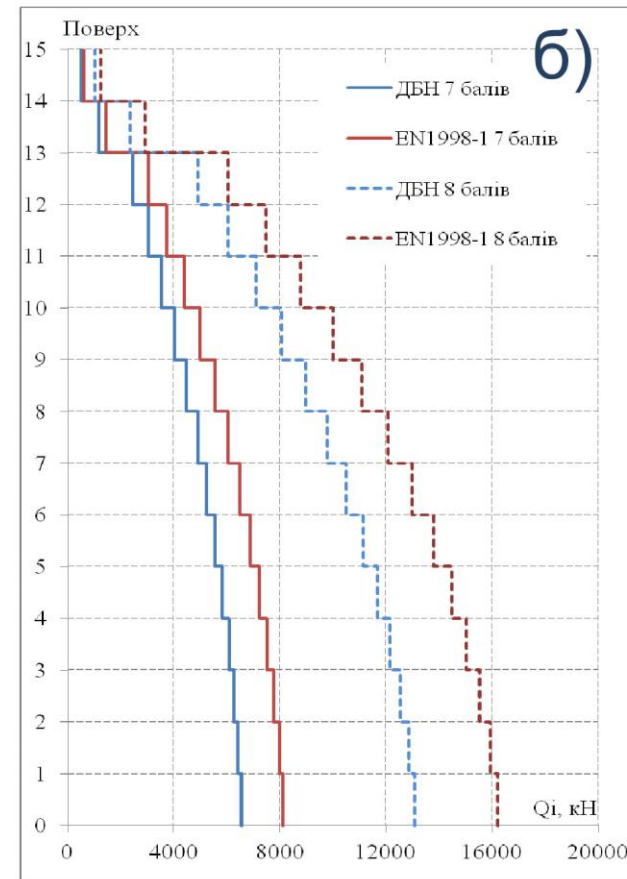
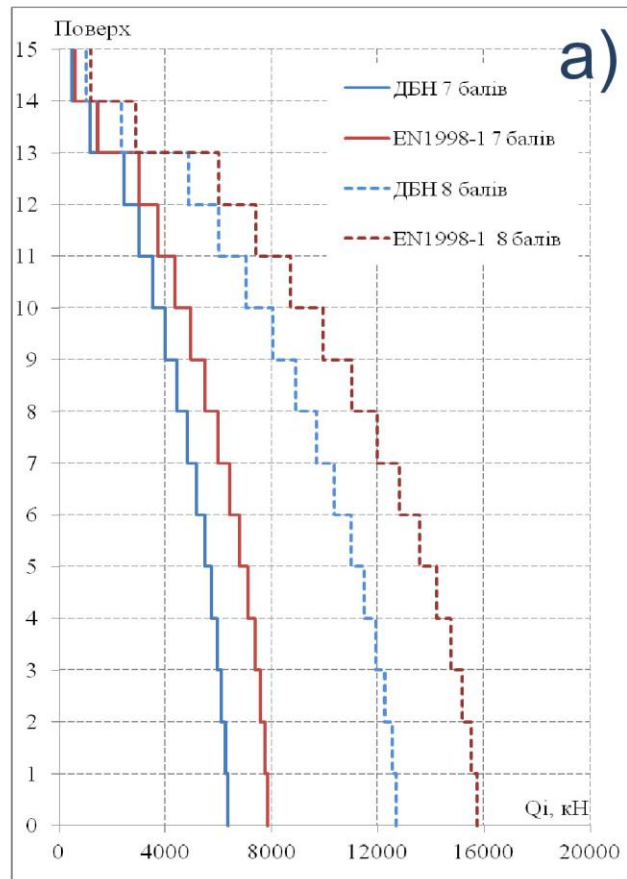
Розрахункові динамічні характеристики

№ форми коливань	Частота, Гц	Період, с	Сума модальних мас, %, за напрямком		
			X	Y	Z
1	0.732	1.366	69.047	2.278	0.001
2	0.736	1.359	71.282	72.941	0.005
3	1.174	0.852	71.512	72.950	0.005
4	2.553	0.392	97.985	72.950	0.005
5	2.758	0.363	97.985	99.529	0.009
6	3.181	0.314	97.993	99.544	0.010
7	4.260	0.235	97.995	99.547	98.035
8	4.807	0.208	99.129	99.547	98.415
9	5.234	0.191	99.876	99.547	98.473
10	6.378	0.157	99.917	99.547	98.473

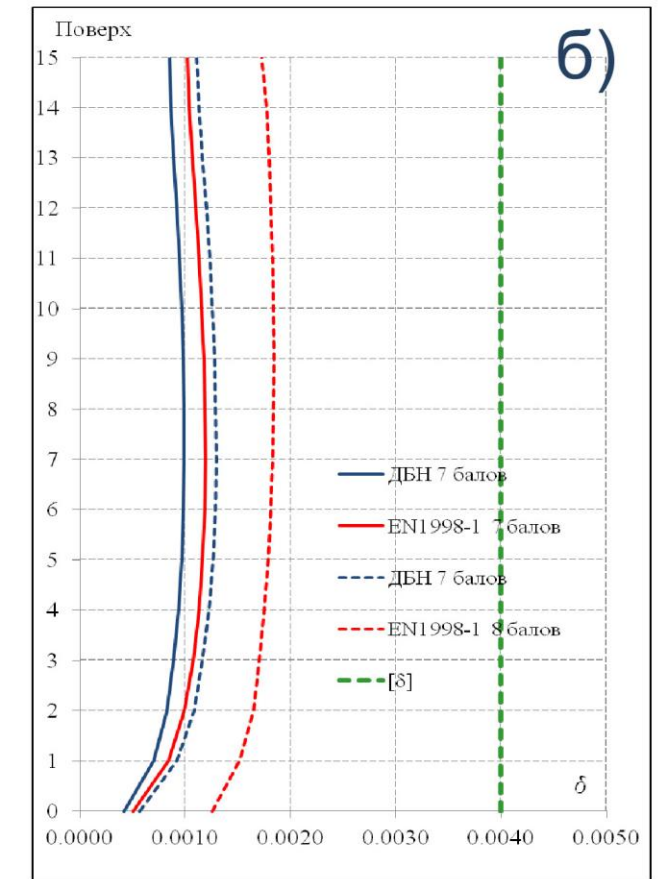
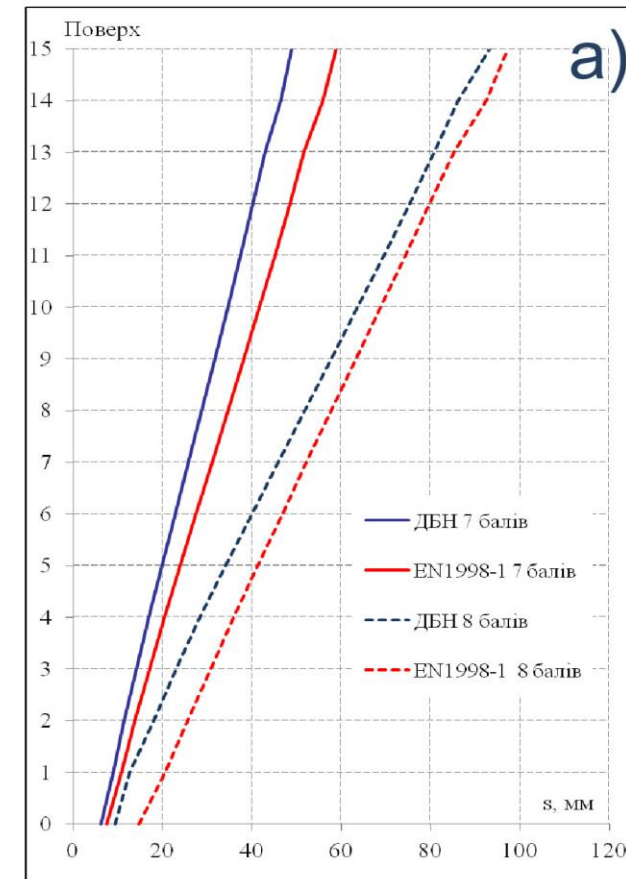
Примітка. Заливкою відзначені форми коливань, які визначають напружено-деформований стан будівлі

Інерційні сили в рівнях поверхів

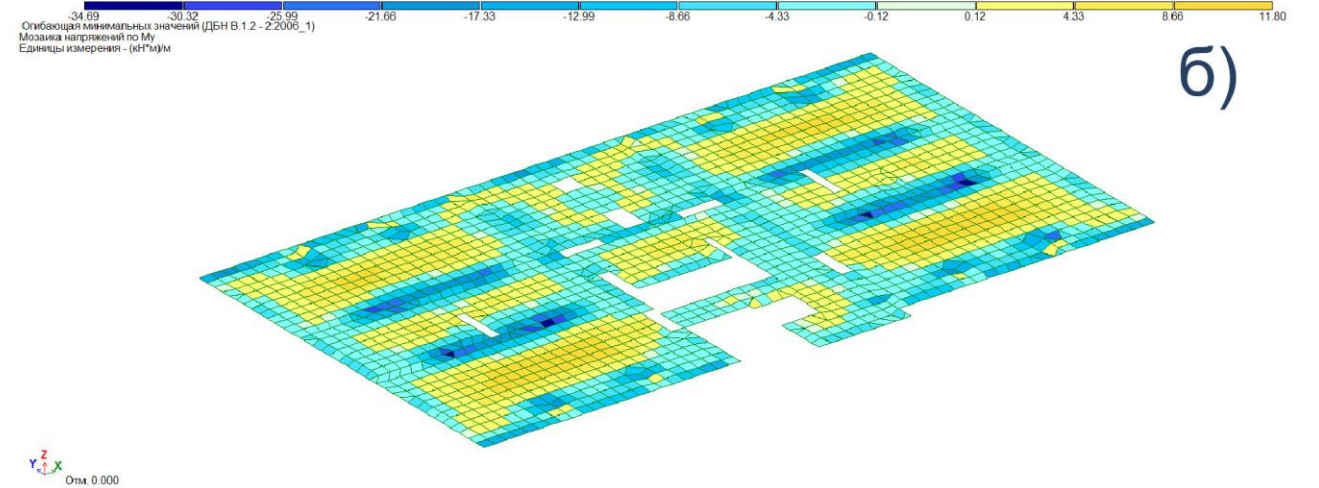
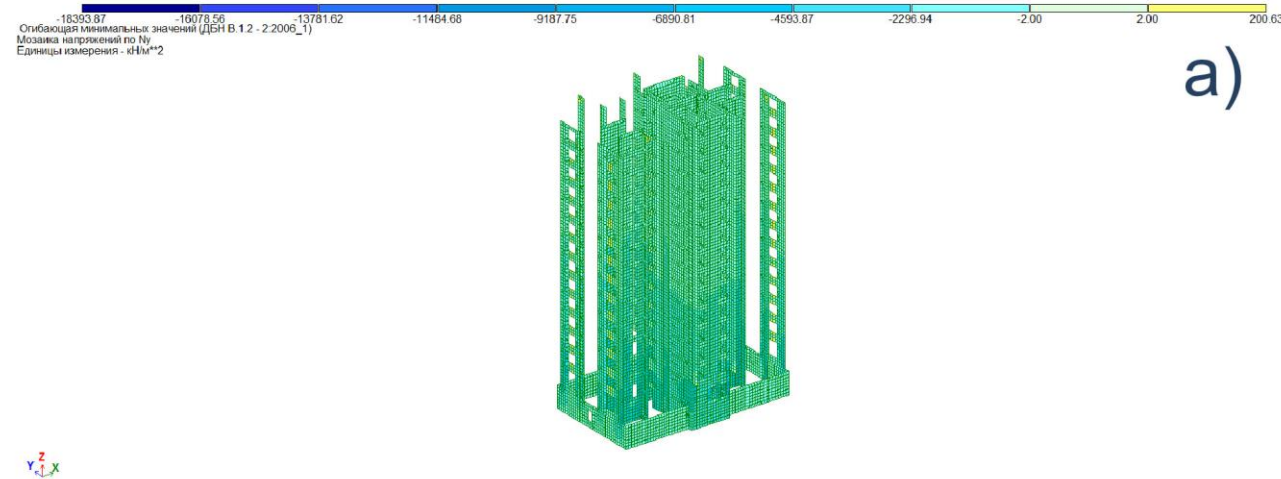
Відмітка поверху, м	Метод розрахунку			
	спектральний ДБН		спектральний EN1998-1	
	при сейсмічному впливі вздовж осі			
	X	Y	X	Y
-3.8	106.6	116.5	135.1	147.7
0	84.1	103.1	105.2	128.9
3.9	142.0	166.6	174.3	204.4
6.9	171.3	194.5	214.5	243.5
9.9	210.9	233.0	264.0	291.7
12.9	254.3	274.0	318.2	342.9
15.9	303.3	321.2	372.2	394.2
18.9	343.2	356.5	429.3	445.9
21.9	393.7	405.2	483.0	497.2
24.9	434.1	440.9	543.0	551.6
27.9	484.2	490.4	594.2	601.8
30.9	522.6	524.9	653.8	656.7
33.9	571.0	574.5	700.5	704.9
36.9	608.3	609.0	761.0	761.9
39.9	657.9	662.0	805.3	810.3
42.95	666.5	670.8	841.5	846.9
45.5	504.9	511.1	607.8	615.2
Сумарні	6458.9	6654.3	8002.9	8245.6



Розподіл поперечних сил за висотою будівлі, отримані за різними методами розрахунку: а - вздовж осі Х; б – вздовж осі Y



Горизонтальні переміщення будівлі в рівні перекриттів (а) та порівняння міжповерхових перекосів з допустимими значеннями (б)



Ізополя зусиль (кН) та напружень (кН/м²) в СЕ розрахункової моделі (з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 балів за спектральним методом ДБН): а – напруження Mu в діафрагмах жорсткості; б - напруження Mu в плиті перекриття типового поверху

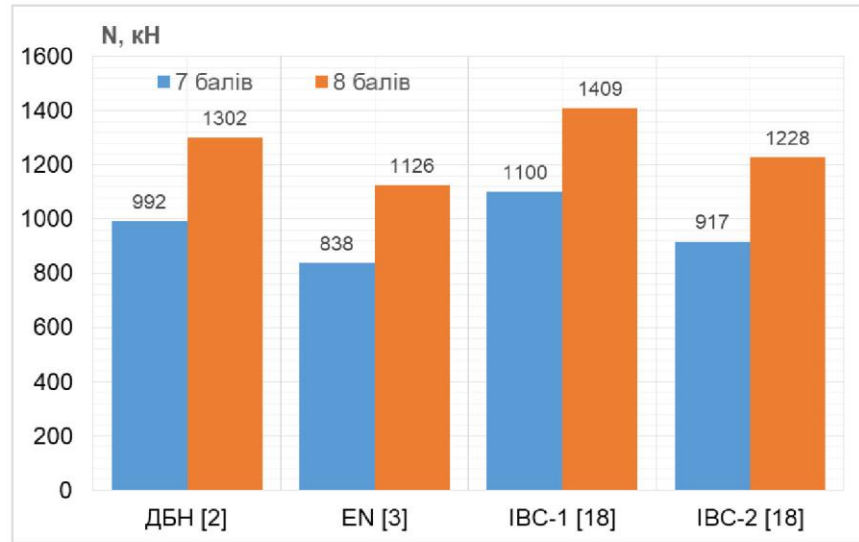
Формування сейсмічної розрахункової ситуації

ДБН [2]:	$0,9DL + 0,8LL1 + 0,5LL2 \pm 1,0E$	$E=1,0E_x \llcorner \llcorner \llcorner 1,0E_y \llcorner \llcorner \llcorner 1,0E_z$ - комбіновані за правилом ККСК
EN [3]:	$1,0DL + 0,3LL \pm 1,0E_x \pm 0,3E_y \pm 0,3E_z$ $1,0DL + 0,3LL \pm 0,3E_x \pm 1,0E_y \pm 0,3E_z$ $1,0DL + 0,3LL \pm 0,3E_x \pm 0,3E_y \pm 1,0E_z$	(максимальне значення)
IBC-1 [18]:	$1.2DL + 1.0LL \pm 1.0E_x$ $1.2DL + 1.0LL \pm 1.0E_y$	(максимальне значення)
IBC-2 [18]:	$0.9DL \pm 1.0E_x$ $0.9DL \pm 1.0E_y$	(максимальне значення)
Примітки. Всі позначення навантажень приведені до єдиного типу: DL – навантаження від власної ваги; LL – змінне навантаження (LL1 – тривале; LL2 – короткочасне відповідно до ДБН [2]), E – сейсмічна дія.		

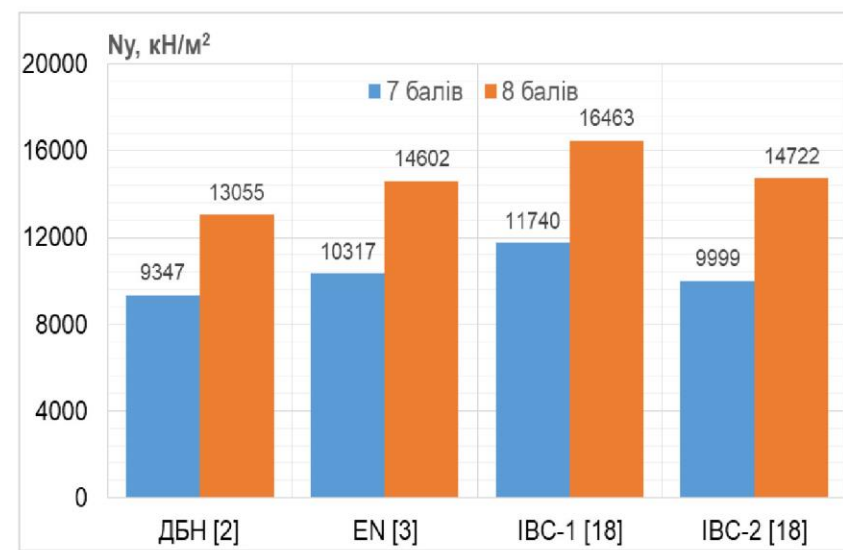
Порівняння зусиль в конструкціях

Конструктивний елемент, зусилля	Інтенсивність сейсмічного впливу	Зусилля			
		метод комбінування навантажень			
		ДБН [2]	EN [3]	IBC-1 [18]	IBC-2 [18]
Палі $N_{min}, кН$	7 балів	992	838	1100	917
	8 балів	1302	1126	1409	1228
Ростверк $M_y, кН/м^2$	7 балів	1289	994	1378	1256
	8 балів	1693	1570	2140	2018
Діафрагми 40 см $N_y, кН/м^2$	7 балів	9347	10317	11740	9999
	8 балів	13055	14602	16463	14722
Діафрагми 40 см $N_x, кН/м^2$	7 балів	1913	2387	2453	2150
	8 балів	2868	3428	3460	3546
Діафрагми 30 см $N_y, кН/м^2$	7 балів	10209	10903	12690	10580
	8 балів	14740	15453	18032	15921
Діафрагми 30 см $N_x, кН/м^2$	7 балів	1548	1764	1882	1585
	8 балів	2138	2629	2811	2393
Колони $N, кН$	7 балів	208	241	268	216
	8 балів	287	345	361	310
Колони $M, кН\cdot м$	7 балів	49	65	68	58
	8 балів	75	103	105	96
Перекриття $M_x, кН/м^2$	7 балів	57	64	76	69
	8 балів	97	111	126	123

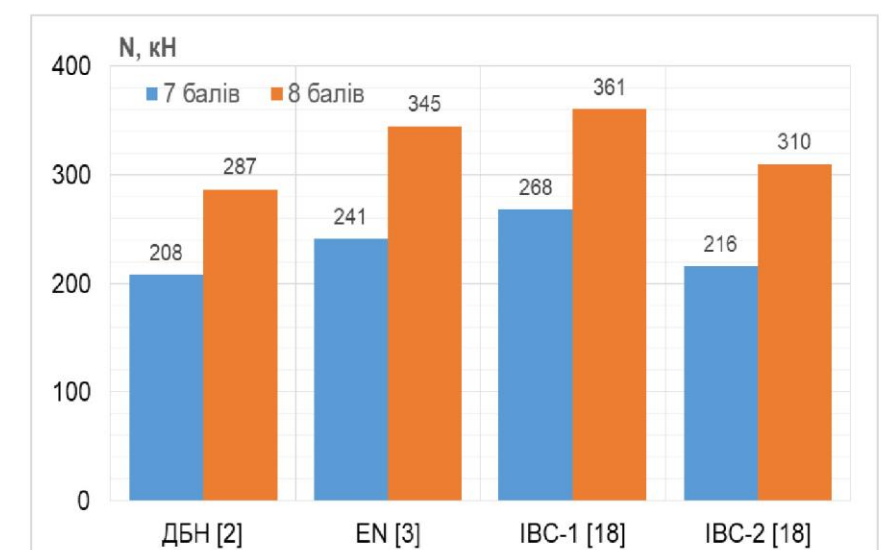
Порівняння зусиль в конструкціях



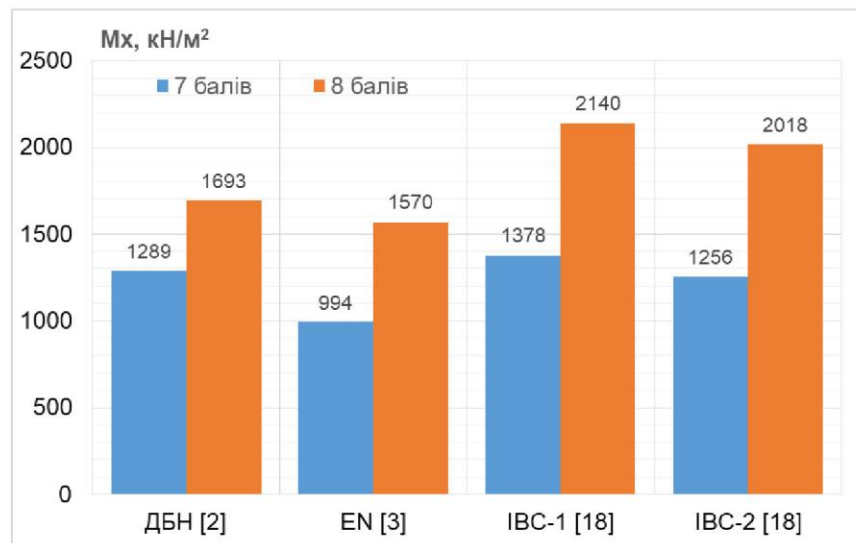
Навантаження на палі, N, кН



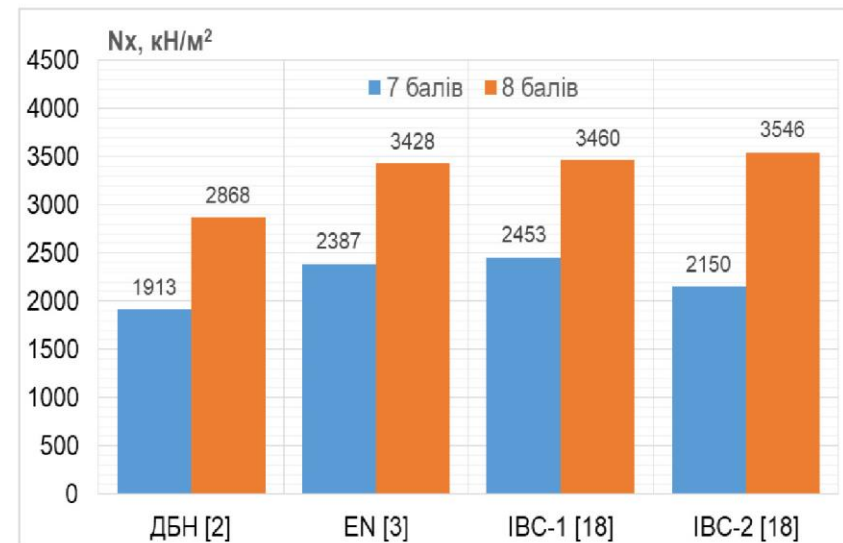
Напруження N_u , кН/м² в діафрагмах 40 см



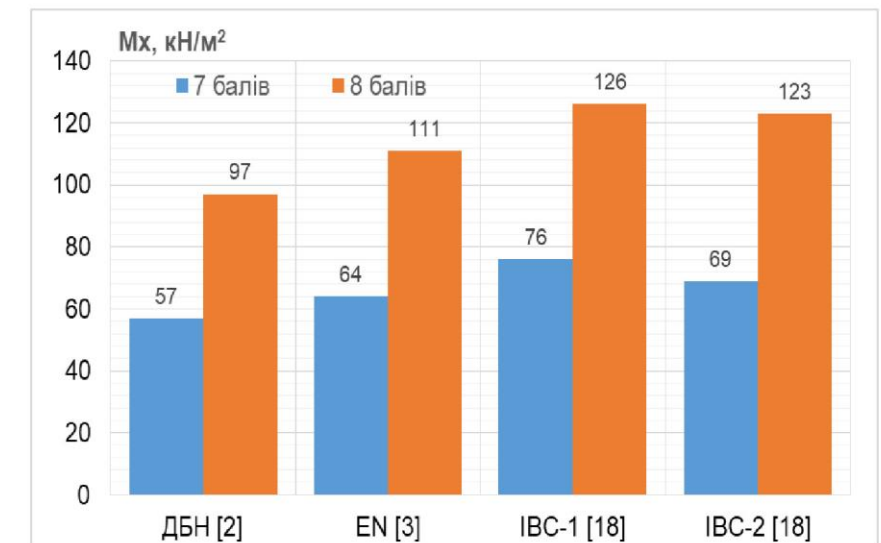
Поздовжні зусилля, N, кН в колонах



Згинальні напруження M_x , кН/м² в ростверку



Напруження N_x , кН/м² в діафрагмах 40 см



Згинальні напруження M , кН/м² в плитах перекриття

Середні значення перевищень значень зусиль наведені в таблиці

	Перевищення значень зусиль, %			
	Метод комбінування навантажень			
	ДБН [2]	EN [3]	IBC-1 [18]	IBC-2 [18]
...
Середнє значення перевищення, %	-	14	29	15

Висновки за результатами досліджень

1. В роботі розглянуто основні методи формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії, зокрема відповідно до вимог нормативних документів України ДБН В.1.1-12 [2] та Європейських норм EN 1998-1 [3].
2. Встановлено, що підходи до формування розрахункових сейсмічних ситуацій залежать від призначення, рівня відповідальності, конструктивної схеми будівель і споруд, інтенсивності сейсмічного впливу.
3. На основі аналізу нормативних документів, закордонних та вітчизняних публікацій визначені основні принципи складання розрахункових сейсмічних ситуацій.
4. Розроблено просторову розрахункову модель 14-ти поверхової залізобетонної житлової будівлі з використанням ПК «ЛІРА САПР». Сейсмічні навантаження задані за спектральним методом розрахунку відповідно до ДБН [2] та EN 1998-1 [3].
5. Порівняльний аналіз зусиль в елементах несучих конструкцій показав наступне:
 - зусилля від комбінації навантажень EN1998-1 [3] та IBC-1 [18] перевищують аналогічні зусилля ДБН [2] в середньому на 14% та 29% відповідно;
 - зусилля від комбінації IBC-2 [18] приблизно відповідають зусиллям від до EN1998-1 [3] та перевищують показники ДБН [2] в середньому на 15%;
 - зусилля залежать від коефіцієнта комбінацій постійних навантажень та способу врахування сейсмічної дії. За методами EN1998-1 [3] та IBC-1 [18], що враховують повний вплив однієї з компонент (з коефіцієнтом 1,0), значення зусиль суттєво перевищують значення, отримані за правилом ККСК ДБН [2].
 - суттєвим недоліком IBC [18] є нехтування вертикальною складовою сейсмічної дії, що може бути суттєвим при більших прогонах плит перекриття.
6. Порівняння параметрів НДС із граничними значеннями свідчить про те, що конструктивна схема будівлі відповідає нормативним вимогам міцності та деформативності при інтенсивності 7 балів. Для інтенсивності 8 балів необхідно збільшення перерізів окремих конструкцій на позн. 0,000. Розраховано параметри армування основних несучих конструкцій для усталеної та сейсмічної розрахункових ситуацій з урахуванням сейсмічного впливу інтенсивністю 7 та 8 балів.

ПРОЕКТНІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ



ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН (1:500)



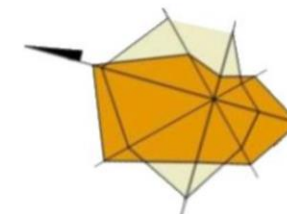
ТОПОГРАФІЧНА ОСНОВА ДІЛЯНКИ ПРОЕКТУВАННЯ



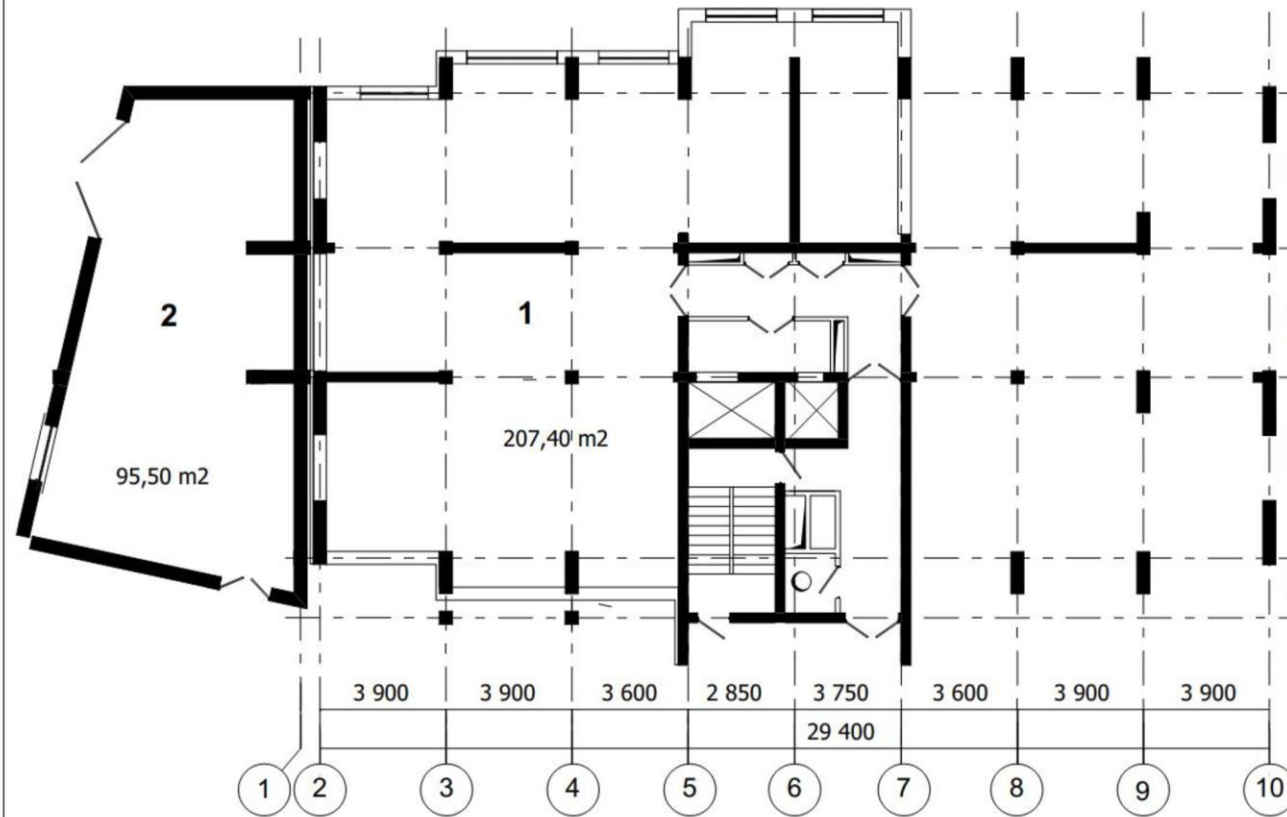
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

№ п/п	Познач.	Найменування	№ п/п	Познач.	Найменування
1	①	14-типоверховий житловий будинок	10		Вулиця, дорога
2	②	18-типоверховий житловий будинок	11		Рух транспорту
3	③	12-типоверховий житловий будинок	12		Пішохідний перехід
4	④	Автостоянка	13		Червона лінія
5	⑤	В'їзд в підземний паркінг	14		Зупинка громадського транспорту
6	⑥	Пандус	15		Вимощення тротуару
7	⑦	Дитяча площадка	16		Озеленення (деревні насадження)
8	⑧	Спортивна площадка	17		Озеленення (газон)
9	⑨	Місця для тихого відпочинку	18		Квітник

РОЗА ВІТРІВ



ПЛАН ПОВЕРХУ НА ВІДМІТЦІ ±0. 000 (1:100)



ПЛАН ТИПОВОГО ПОВЕРХУ (1:100)



ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ НА ВІДМІТЦІ ±0. 000

Познач.	Найменування	Площа, м²	Примітка
①	Промтоварний магазин	207,40	
②	Прибудована котельня	95,50	

ЕКСПЛІКАЦІЯ ПРИМІЩЕНЬ ТИПОВОГО ПОВЕРХУ

Познач.	Найменування	Площа, м²	Примітка
①	Житлова кімната	16,82	
②	Житлова кімната	19,42	
③	Житлова кімната	14,32	
④	Балкон	6,70	
⑤	Балкон	3,38	
⑥	Коридор	8,89	
⑦	Кухня	10,50	
⑧	Ванна кімната	2,94	
⑨	Санвузол	1,70	
⑩	Коридор	8,56	
⑪	Кухня	12,84	
⑫	Санвузол	5,92	
⑬	Кладова	1,72	
⑭	Ванна кімната	3,37	
⑮	Житлова кімната	19,83	
⑯	Житлова кімната	18,33	
⑰	Кухня	10,42	
⑱	Санвузол	2,19	
⑲	Балкон	3,23	
⑳	Балкон	3,92	
㉑	Коридор	31,0	
㉒	Тамбур	7,06	
㉓	Коридор	13,0	
㉔	Ліфт	4,72	
㉕	Ліфт	2,89	
㉖	Сходовая клітка	13,77	

ПРОЕКТНІ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ



РОЗГОРТКА ПО ВУЛИЦІ ГЕТЬМАНСЬКА

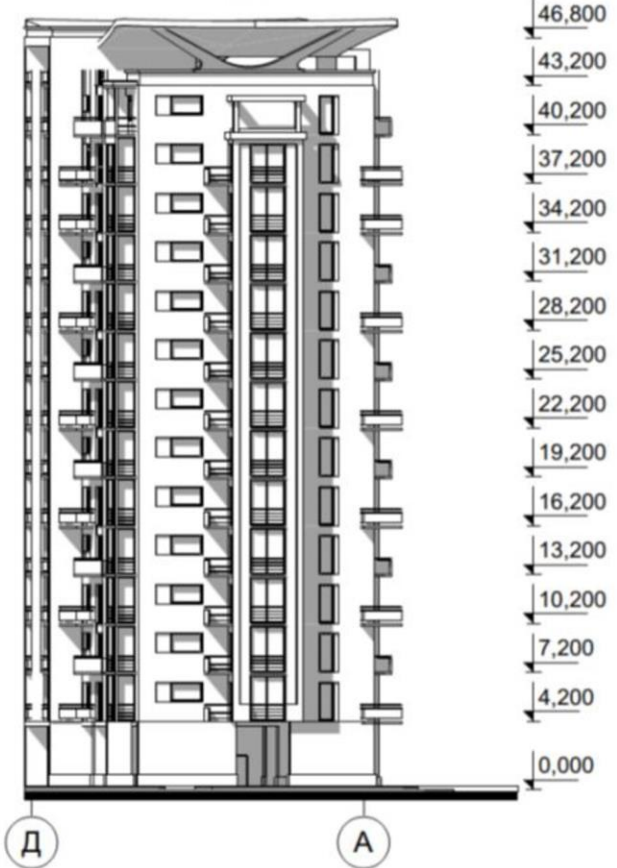
РОЗРІЗ 1-1 (1:100)



ФАСАД 2-10 (1:200)



ФАСАД Д-А (1:200)



ВІДГУК
керівника магістерської кваліфікаційної роботи

студента (ки) _____ Барцицького А. В.
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Оцінка впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії на елементи каркасу багатоповерхової будівлі»

Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно з завданням та відповідає темі, містить 11 аркушів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 165 сторінок, підписана консультантами та має рецензію.

Таке природнє явище як землетруси проявляється без попереджень та при цьому супроводжується, в більшості випадків, значними, а то й катастрофічним матеріальними втратами та людськими жертвами. Будівельна наука постійно приділяє увагу вивченню цього явища та відповідно вносить корективи до існуючого досвіду та норм проектування сейсмостійких будівель. Тому актуальність досліджень цього явища та узагальнення досвіду проектування будівель та споруд безумовно є актуальною, затребуваною та своєчасною.

Основним розділом МКР є розрахунково-конструкторський.

В роботі приведено результати числового моделювання на аналіз параметрів НДС елементів безригельного каркасу 14-ти поверхової будівлі на сейсмічні впливи інтенсивністю 7 та 8 балів за методикою діючого державного ДБН, Єврокоду, а також декількох варіантів світових норм регламентуючих сейсмостійке будівництво.

Обґрунтування результатів отриманих за числовими моделюваннями та висновки зроблені на основі аналізу отриманих результатів сприймаються аргументованими, переконливими, професійними з елементами наукової новизни.

На основі результатів поданих в МКР рівень підготовки та ерудиції магістра достатній для присудження кваліфікації магістра Будівництва (промислове та цивільне будівництво).

Матеріал за темою дослідження представляється цікавим, актуальним творчо опрацьованим та відповідно поданим. МКР представлена вчасно, в відведенні терміни.

Дана МКР наукового рівня, виконана та представлена на відповідному рівні. Глибина числових моделювань достатня та переконлива.

Дана робота виконана та оформлена з використанням різнопланових пакетів прикладного програмного забезпечення. Числове моделювання виконано на ППЗ «ЛПРА-САПР», яке є професійним та загальноприйнятим в світовій практиці для вирішення такого класу завдань.

Оформлення роботи виконано з дотриманням відповідних норм та стандартів.

Робота виконана та представлена в відведенні для цього терміни.

Результати досліджень носять практичну цінність та значимість. І можуть бути вагомими та основою для подальших наукових досліджень та опанування наступних рівнів кваліфікації.

Зауваження по МКР:

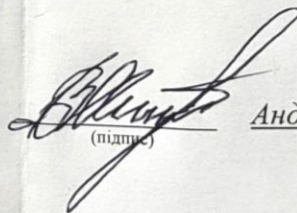
1). Первинні результати досліджень опубліковано в тезах, про які є згадка в роботі, але в переліку літературних джерел їх немає та відповідно відсутнє посилання на них.

2). За результатами досліджень розроблені інженерні конструкторські рішення, які явно в роботі не представлено, а лише приведено висновки за результатами конструкторських рішень.

В цілому МКР виконана на достатньому науково-практичному рівні, зроблені зауваження не знижують цінність результатів досліджень представлених в даній роботі, пошукач заслуговує присудження кваліфікації магістр будівництва та при відповідному захисті заслуговує на оцінку «С» (80 б.).

**Керівник магістерської
кваліфікаційної роботи**

Доцент кафедри БМГА, к.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)



Андрухов В. М.
(ініціали, прізвище)

ВІДГУК ОПОНЕНТА
на магістерську кваліфікаційну роботу

студента (ки) _____ Барцицького А. В.
(прізвище, ім'я, по батькові)

на тему «Оцінка впливу способів формування розрахункових ситуацій з урахуванням багатокомпонентної сейсмічної дії на елементи каркасу багатопверхової будівлі»

Магістерська кваліфікаційна робота виконана згідно з завданням та відповідає темі, містить 11 аркушів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 165 сторінок, підписана консультантами та має рецензію.

З огляду на наслідки землетрусів, які нещодавно відбулись (Туреччина тощо) актуальність теми не викликає сумнівів.

Результати отримані на основі вивчення літературних джерел державних, світових та за числовими моделюваннями для обраного будівельного об'єкту дослідження можуть бути враховані при подальшому уточненні ДБН відповідного спрямування.

В роботі приведено результати числового моделювання на аналіз параметрів НДС елементів безригельного каркасу 14-ти поверхової будівлі на сейсмічні впливи інтенсивністю 7 та 8 балів за методикою діючого державного ДБН, Єврокоду, а також декількох варіантів світових норм регламентуючих сейсмостійке будівництво.

Обґрунтування результатів отриманих за числовими моделюваннями та висновки зроблені на основі аналізу отриманих результатів та вивчення та аналізу інформації з літературних джерел сприймаються аргументованими, переконливими, професійними з елементами наукової новизни

Рівень пророблення основного розділу представляється достатньо проробленим, аргументовано переконливим; спрямованих на підвищення факторів безпеки життєдіяльності в процесі експлуатації інженерних будівельних об'єктів.

За заявленою тематикою робота могла б бути кваліфікована, як наукова. Результати представлені в роботі в повній мірі відповідають такій оцінці. Результати числового моделювання представлені в роботі та саме числове моделювання виконано на достатньо-відповідному науковому рівні.

Дана робота виконана та оформлена з використанням різнопланових пакетів прикладного програмного забезпечення. Числове моделювання виконано на ППЗ

«ЛПРА-САПР», яке є професійним та загальноприйнятим не лише в державній практиці, а й в світовій практиці для вирішення такого класу завдань.

Стиль викладення записки обґрунтований, логічний, послідовний, та логічно сприймаємим.

Оформлення роботи виконано з дотриманням відповідних норм та стандартів.

Результати досліджень носять практичну цінність та значимість. І можуть бути вагомими та основою для подальших наукових досліджень та опанування наступних рівнів кваліфікації.

В графічній частині до роботи на достатньому для розуміння рівні представлено результати роботи. Будівельний об'єкт, для якого виконувались дослідження представлено в ГЧ та в ПЗ.

За результатами дослідження встановлено, що для відповідності вимогам Єврокоду необхідно скорегувати інженерну конструкторську документацію, що за оцінками представленими в МКР призведе до збільшення витрат арматурної сталі та відповідно зороження вартості зведення даної житлової будівлі для підвищення сейсмостійкості та відповідно, безпеки експлуатації.

Зауваження по МКР:

1). В пояснювальній записці мають місце виділення (в процесі розробки самої ПЗ) та не відредаговані в процесі друкування роботи.

2). Для результатів роботи було б ще гарним додатковим аргументом, приведення конкретних конструкторських рішень, а не лише їх констатація та приведення висновків за результатами конструкторських рішень.

В цілому МКР виконана на достатньому науково-практичному рівні, зроблені зауваження не знижують цінність результатів досліджень представлених в даній роботі, пошукач заслуговує присудження кваліфікації магістр будівництва та при відповідному захисті заслуговує на оцінку «С» (80 б.).

Опонент

Доцент кафедри ТЕ, к.т.н., доцент
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)



Остапенко О. П.

М.П.

Печатка установи, організації опонента