

УДК 624.042.7

ON THE ISSUE OF ACCOUNTING FOR SEISMIC EFFECTS IN THE DESIGN OF A "SHOPPING AND ENTERTAINMENT CENTER WITH AN UNDERGROUND SHELTER" IN THE ODESSA CITY
ДО ПИТАННЯ ВРАХУВАННЯ СЕЙСМІЧНИХ ВПЛИВІВ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ «ТОРГІВЕЛЬНО-РОЗВАЖАЛЬНОГО ЦЕНТРА З ПІДЗЕМНИМ УКРИТТЯМ» В М. ОДЕСІ

Koliakova V. / Колякова В.*PhD., ass. prof. / к.т.н., доцент.*

ORCID: 0000-0001-6879-8520

Fursovych I. / Фурсович І.*bachelor student / здобувач першого (бакалаврського) рівня вищої освіти***Ропомarenko M. / Пономаренко М.***master/magister**Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kiev, Povitroflotskyi ave., 31, 03037**Київський національний університет будівництва і архітектури,**Київ, Повітрофлотський пр-т, 31, 03037*

Анотація. В роботі наведено приклад розрахунку торгівельно-розважального центра з підземним укриттям в м. Одесі, при дії сейсмічних навантажень.

Ключові слова: BIM, моделювання, розрахункова схема, сейсмічне навантаження

Abstract. The study explores modern seismic design methods using the example of a commercial and entertainment center with underground shelter in Odessa, Ukraine. Three main seismic load calculation methods are discussed, including the spectral approach, direct dynamic method, and nonlinear static analysis. It is noted that for the given structure, the spectral method is considered the most effective.

The text highlights essential aspects of seismic construction, such as employing various methods for frame structures, modern special seismic protection methods, and considering geological conditions. Emphasis is placed on the need for a comprehensive approach to design, incorporating different methods and techniques to ensure optimal stability against seismic impacts.

A computational model and characteristics of structural elements for the discussed object are presented. Information on creating a finite element model using software complexes such as PC LIRA-SAPR, SAPPHIRE-3D, and AutoCAD is also provided.

Overall, the work addresses relevant aspects of contemporary seismic design and offers a specific example of its application in practice.

Key words: BIM, modeling, computational scheme, seismic loading.

Вступ. Сучасні методи сейсмічного проектування базуються на даних експериментів, комп'ютерного моделювання та вивчення минулих землетрусів. Ці методи варіюються від створення міцних та пластичних конструкцій для витримки землетрусу до використання ізоляції та технологій контролю вібрації для мінімізації пошкоджень.

Метою дослідження є створення розрахункової моделі та визначення впливу сейсмічних навантажень на конструкції торгівельно-розважального центра з підземним укриттям в м. Одеса.

Основний текст.

Існує три методи дослідження та розрахунку за сейсмічними навантаженнями, які включають спектральний підхід, прямий динамічний метод і нелінійний статичний розрахунок.

Спектральний метод рекомендується для всіх будівель, особливо для тих з простою геометрією та симетричним розташуванням мас і жорсткостей, при розмірах в плані до 30 метрів. Прямий динамічний метод застосовується для високих споруд або тих зі специфічними конструктивними рішеннями, з урахуванням можливості нелінійних деформацій. Нелінійний статичний розрахунок використовується для урахування нелінійних деформацій або як альтернатива динамічному розрахунку.

Можна зазначити, що для проєктованої будівлі найбільш ефективним буде застосування спектрального методу, оскільки розміри будівлі в плані не перевищують 30 метрів.

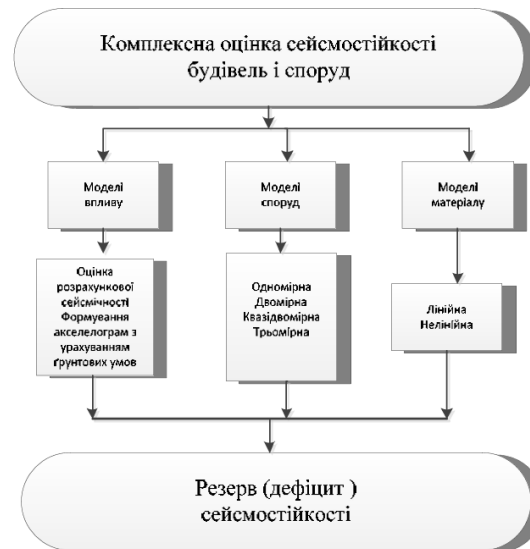


Рисунок 1. Схема оцінки сейсмостійкості будівель та споруд [1]

У сейсмостійкому будівництві використовують різні методи для каркасних конструкцій, такі як використання діафрагм і вертикальних зв'язків для зміцнення жорстких точок, а також техніки резервних жорстких вертикальних елементів для уникнення пошкоджень колон при значних переміщеннях.

У сучасному сейсмостійкому будівництві важливо розглядати методи спеціального сейсмосахисту, такі як активний та пасивний сейсмосахист. Пасивний сейсмосахист, зокрема сейсмоізоляція, є перспективним і може включати адаптивні та стаціонарні системи.

У сейсмостійкому проєктуванні важливо враховувати геологічні умови, використовуючи розрахункові акселерограми для точних сейсмічних впливів. Також використовуються спеціальні формули та коефіцієнти для розрахунку непружних деформацій та пошкоджень елементів будівель.

Таким чином, проєктування сейсмостійких будівель вимагає комплексного підходу, враховуючи різні методи та техніки для забезпечення оптимальної стійкості структур до сейсмічних впливів.

Розрахункова модель та характеристики конструктивних елементів будівлі Для прикладу прийнято конструкції «Торгівельно-розважального центра з підземним укриттям» в м. Одеса.

Розрахункова схема побудована в ПК ЛІРА-САПР та САПФІР-3D, являє собою 4-х поверхову будівлю з експлуатованим підвальним приміщенням під

укриття.

Вертикальні елементи каркасу – пілони, розмірами 300x1500 мм, однакової конфігурації, мають вертикальну і горизонтальну орієнтації в плані, з бетону С25/30 та арматурою класу А500С для поздовжньої та А240С для поперечної.

Горизонтальними елементами каркасу є – монолітні залізобетонні плити перекриття та покриття виконані з бетону класу С25/30 та плита перекриття над укриттям товщиною 500 мм., виконана з важкого бетону класу С32/40, та арматурою: поздовжня А500С і поперечна А240С. Діафрагмами жорсткості будівлі виступають сходові клітини та ліфтові шахти, які розташовані в таких осях: цифрові 9-11 та буквені Г-Ж.

Фундаменти – буронабивні палі, діаметром 820 мм, довжиною 6 м, які спираються на піщаний ґрунт. Запроектовано також розтверк товщиною 600 мм., розміри будівлі в плані - 32,55 x 21,80 м.

Створення скінчено-елементної моделі будівлі

При створенні моделі будівлі були використані програмні комплекси: ПК ЛІРА-САПР 2022 [2], САПФІР-3D [3] та AutoCAD. За допомогою AutoCAD була створена підложка проєкту, котру було імпортовано в САПФІР-3D (рисунок 2), на її основі створено каркас будівлі та задані навантаження, експортуємо моделі з САПФІР-3D в ЛІРА-САПР 2022 для розрахунку та отримання результатів скінчено-елементної будівлі з подальшим аналізом зусиль, напружень та армування елементів каркасу.

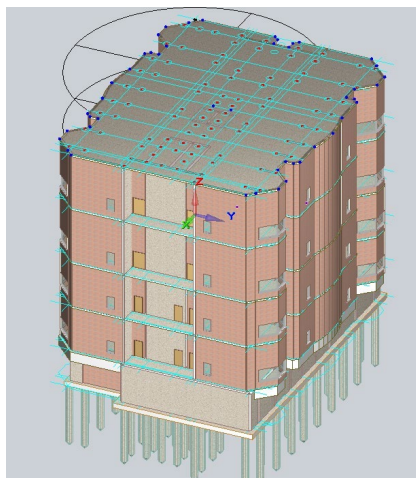


Рисунок 2. Загальний вигляд будівлі в ПК САПФІР

При прикладанні навантажень будемо використовувати панель з інструментом «Редактор завантажень» в ЛІРА-САПР 2022 [2], задаємо всіма статичними завантаження, і після задання всіх даних, застосовуємо сейсмічні та пульсаційні (миттєві) завантаження будівлі (рисунок 3).

При зборі мас для динамічного завантаження через «Врахування статичних завантажень» слід враховувати всі статичні навантаження (рисунок 4).

За результатами розрахунку отримана форма коливань від сейсмічних навантажень (рисунок 5).

Аналізуючи дану форму коливань можна побачити, що переміщення у верхній і нижній точці будівлі досить різні і потрібно провести додатковий ручний аналіз окремих елементів [4].

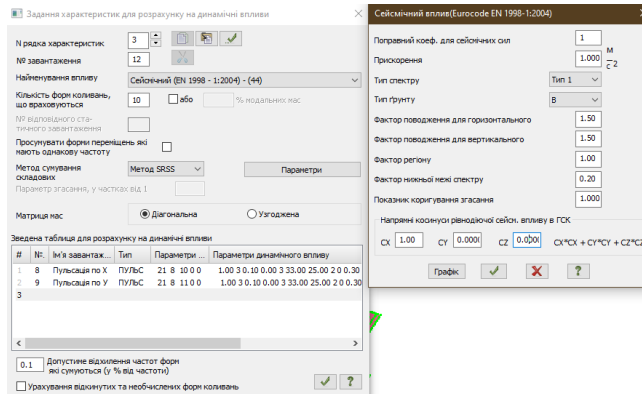


Рисунок 3. Таблиця динамічних навантажень із сейсмічним впливом

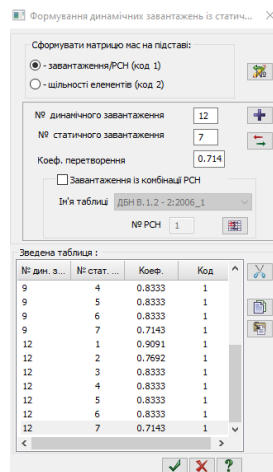


Рисунок 4. Збір мас при статичних завантаженнях

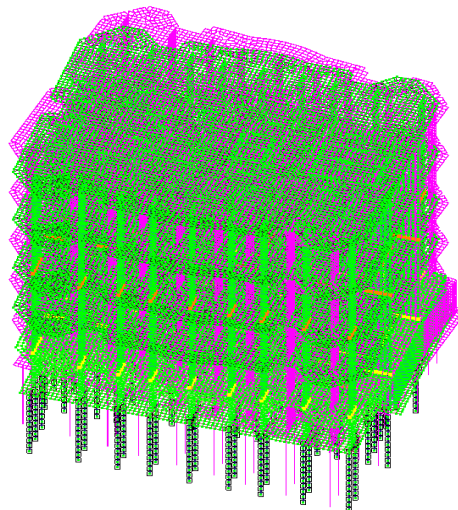


Рисунок 5. Форма коливань від впливу сейсмічних навантажень

На рисунку 6 наведено фрагменти покриття будівлі (а) та пальового поля (б).

З наведених точок, на рисунку 5б, а, які було розглянуто на фрагменті, визначено, що в точці №1 відхилення від початкового положення становить 2,934 м, в той час як в точці №2 відхилення становило 0,845 м.

На рисунку 6, б наведено фрагмент фундаменту будівлі та пальового поля. Результати аналізу відхилення наведені в таблиці 2.

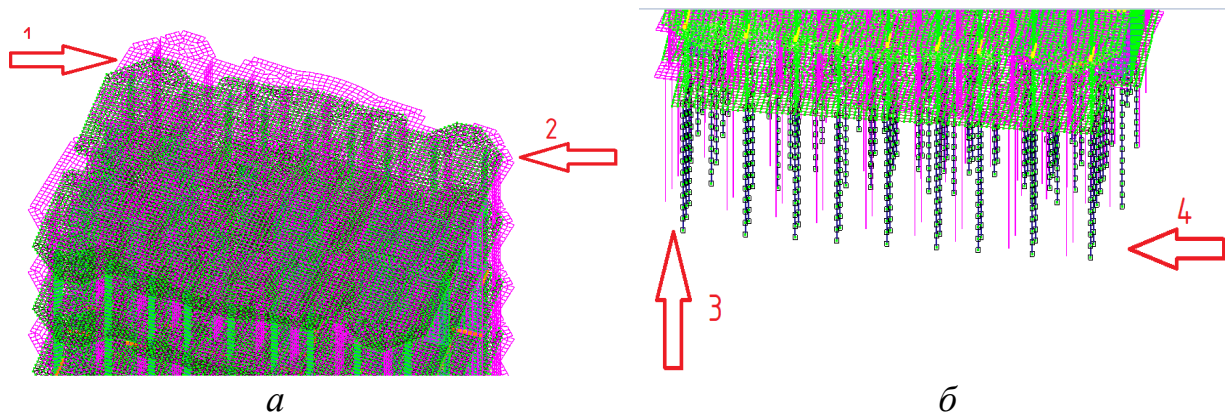


Рисунок 6. Фрагмент будівлі: а - покриття; б – пальове поле

Таблиця 2 Результати аналізу відхилення

№ п.п.	Відхилення, м	Різниця, м	Результат
1	2,934	T1 і T3	В 1,1 р
2	0,845	0,281	
3	3,215	T2 і T4	В 2,7 р
4	2,281	1,436	

Проаналізувавши отримані дані (таблиця 2), оцінивши точки №3-4 і порівнянні їх з точками №1-2 встановлено, що відхилення в точці №3 становить 3,215 м, в той час як в точці №4 воно складає 2,281 м. Отже, відхилення фрагмента фундаменту в точці №3 перевищує відхилення в точці №1 в 1,1 раза, і в точці №4 воно більше від відхилення в точці №2 в 2,7 раза.

Отже, можна зробити висновки, що під час сейсмічної активності найбільший вплив спостерігається на фундаменти. Це може мати негативні, а іноді навіть фатальні наслідки.

Аналітична розрахункова модель в ПК САПФІР та скінченно-елементна модель будівлі в ПК ЛІРА-САПР 2022 наведені на рисунку 7, а, б.

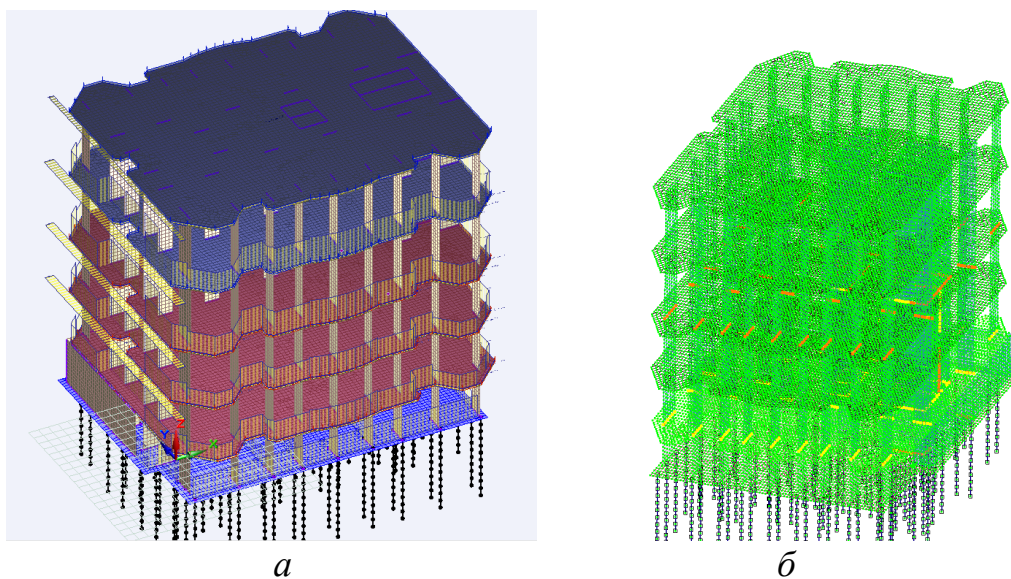


Рисунок 7. Аналітична розрахункова модель в ПК САПФІР (а); а скінченно-елементна модель будівлі в ПК ЛІРА-САПР 2022 (б)

Конструктивна схема будівлі з заданим пульсаційним та сейсмічним навантаженням.

На основі створеної скінченно-елементної моделі будівлі (рисунок 7, б) досліджуємо напружено-деформований стан конструкції при дії пульсаційного та сейсмічного навантажень, а також перевіряємо стійкість будівлі в цілому.

За результатами розрахунків отримано поступальні форми коливань за сейсмічними навантаженнями.

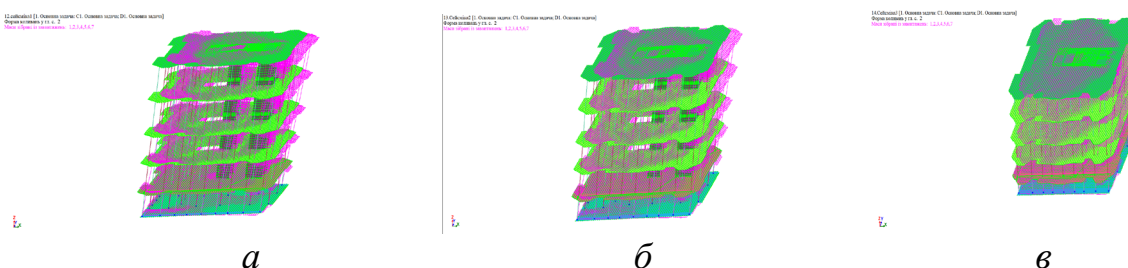


Рисунок 8. Поступальні коливання при різних видах сейсмічного навантаження

Висновки.

Після аналізу сейсмічних навантажень при різній кількості балів стало очевидно, що конструктивна схема будівлі спроможна витримати землетрус магнітудою 9 балів за шкалою Ріхтера. У цьому випадку важливо врахувати збільшені напруження в плитах перекриття та вищі зусилля в пілонах, що призведе до необхідності підвищення використання арматурних виробів.

Можна зробити висновок, що для низької будівлі, яка має 5 поверхів і розташована в місті Одеса, яке перебуває в зоні максимальних 7 балів сейсмічних навантажень, конструкція будівлі повністю відповідає вимогам. Однак при розрахунках для 10 та 11 балів спостерігається значний зсув будівлі, високі напруження та зусилля в конструкції. Це може призвести до значних збитків, якщо не будуть прийняті заходи щодо підсилення конструкції за допомогою композитних матеріалів, збільшення витрат на виробництво чи використання сейсмоізоляторів на пружних основах.

Література:

1. Єгупов В. К. Методи оцінки сейсмостійкості будівель і споруд : дис. канд. техн. наук : 05.23.01 / Єгупов Вячеслав Костянтинович – Одеса, 2018. – 97с.
2. Барабаш М. С. Основи комп'ютерного моделювання / М. С. Барабаш, П. М. Кір'язєв, О. І. Лапенко, М. А. Ромашкіна // Навчальний посібник. – К.: НАУ, 2018. – 492 с.
3. САПФИР 2017. Учебное пособие : учебное пособие / В. В. Бойченко и др.; под ред. А. С. Городецкой. Киев : Издательство "СОФОС", 2017. 130 с. <https://fex.net/uk/s/ccd0p3s>
4. Мар'єнков М. Г. Оцінка напружено-деформованого стану конструкцій будівлі при дії сейсмічних навантажень / М. Г. Мар'єнков, Д. В. Богдан, В. О. Сахаров // Опір матеріалів і теорія споруд. - 2015. -N° 96. - С. 3-22.

http://opir.knuba.edu.ua/files/zbirnyk-96/01-96_marie_bogd_saha.pdf.

5. ДБН В 1.1 – 12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України». - Київ Мінрегіонбуд України 2011.- 110с. [чинний з 01.10.2014р.]

6. ДБН В.1.2-14-2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ» - Київ Мінрегіонбуд України 2018.- 30с. [чинний з 01.01.2019р.]

7. ДСТУ Б А.2.2-7:2010 «Проектування. Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони) у складі проектної документації об'єктів. Основні положення». - Київ Мінрегіонбуд України 2010.- 30с. [чинний з 01.07.2010р. по 1.07.2019]

8. ДБН В 1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження та впливи. Норми проектування.- Київ. Мінбуд України, 2006.- 75с. – [чинний з 01.01.2007.]

9. Немчінов Ю. І. Сейсмостійкість багатоповерхових будівель і споруд / Ю. І. Немчінов. - Киев :НДІБК, 2015. - 584с.

10. Chyrva, T. , Martynov, V., Koliakova, V., & Chyrva, V. . (2022). A the influence of blasting on buildings and constructions. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (10), 143–149. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.10.2022.143-149>.

11. Гетун, Г., Колякова, В., Соломін, А. , & Безклубенко, І. . (2022). Особливості проектування сталевих сейсмостійких конструкцій висотних будівель. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*, (11), 18–31. <https://doi.org/10.32347/2522-4182.11.2022.18-31/>

Стаття отримана: 19.01.2023 г.

© Колякова В., Фурсович І., Пономаренко М.