

УДК 004.94:624(045)

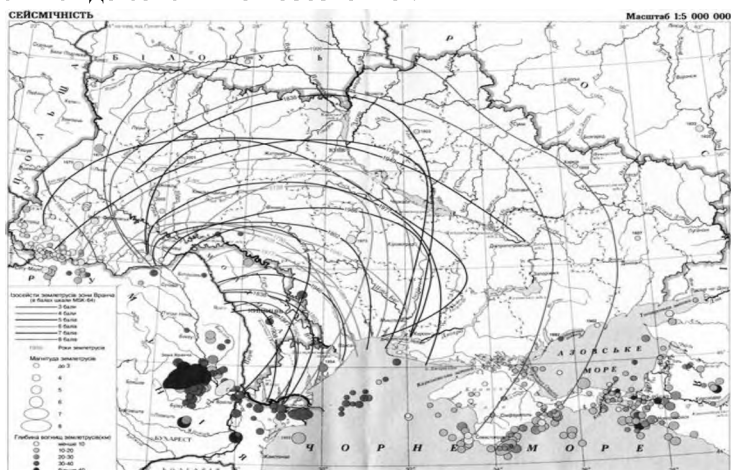
**Машков І.Л.**<sup>10</sup>, доцент  
**Глушаниця А.І.**, к.т.н., асистент  
Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна

## **ФОРМУВАННЯ МОДЕЛІ БАГАТОПОВЕРХОВОЇ БУДІВЛІ З КОВЗАЮЧИМ СЕЙСМОПОЯСОМ**

*Розглядаються доцільність введення у фундамент багатоповерхової будівлі механізму сейсмоізоляції у вигляді сейсмоізоляції на сферойдах.*

*Ключові слова: механізм сейсмоізоляції, фундамент, сумісна робота, багатоповерхові будівлі.*

**Постановка проблеми.** Близько 10% території України розташовані в сейсмоактивній зоні на стику Південних і Східних Карпат в Румунії. Під її безпосередній вплив потрапить південний захід України: Тернопільська, Львівська, Хмельницька і Одеська області. Тут можуть відбуватися землетрусу від 6 до 9 балів. Тому значна частина землі південний захід і південній частині України відноситься до сейсмічно небезпечної.



*Рис. 1. Сейсмічно небезпечна зона*

<sup>10</sup> © Машков І.Л., Глушаниця А.І.

Однією із головних задач, що стоїть перед будівництвом на сьогодні, є створення

прогресивних конструктивних елементів, які б задовольняли вимоги безпечної експлуатації будівель

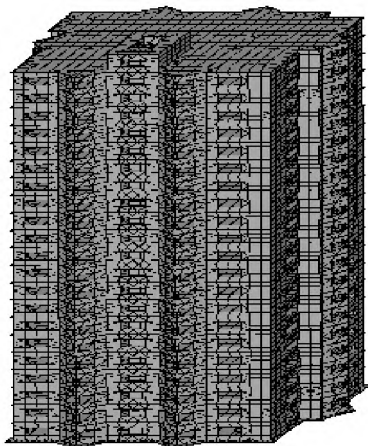
Цю задачу можна вирішити, використовуючи система ковзаючого поясу із застосуванням сфероїдів.

**Мета роботи.** Метою статті є розглянути такий тип сейсмоізоляції будівель, як система ковзаючого поясу із застосуванням сфероїдів та виконати порівняльний розрахунок з метою аналізу сейсмоізоляційних властивостей.

Проаналізувати конструктивне рішення, системи сейсмоізоляції, що виключає недоліки аналогічних систем (система на сфероїдах забезпечує можливість переміщення будівлі на величину зміщення основи під час землетрусу, при цьому зберігаючи просторову жорсткість сейсмоізольованої конструкції).

**Основна частина.** В якості об'єкту для аналізу роботи ковзаючого поясу на сфероїдах на сейсмічні впливи була взята багатопверхова будівля готелю з вбудованими офісними приміщеннями.

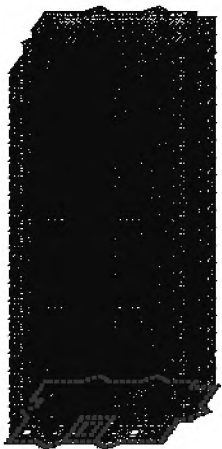
Будівля каркасно-монолітна. Скінченно-елементна модель будівлі наведена на (рис. 1).



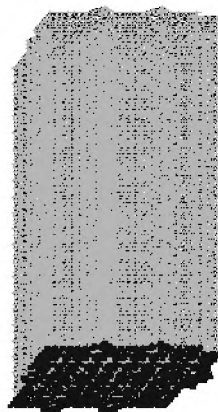
*Рис. 2. Скінченно-елементна модель будівлі готелю*

В результаті генерації проекту в програмному комплексі Лира отримана скінченно-елементна модель з кроком триангуляції 1 м. На основі вибраної конструктивної схеми механізму сейсмоізоляції були створені дві скінченно-елементні моделі будівлі готелю: одна схема включає в себе механізм сейсмоізоляції у вигляді сейсмоізоляції на сфероїдах в рівні фундаментної плити, а інша аналогічна без нього (рис.3, рис.4). Розрахункова схема з системою сейсмоізоляції характеризується наступними параметрами:

- кількість вузлів 28032;
- кількість елементів 20116.



*Рис.3. Сейсмоізольована будівля*



*Рис.4. Будівля без сейсмоізоляції*

В процесі формування моделі були задані:

- колони у вигляді стержнів (СЕ 10 – універсальний просторовий стержень) з відповідними параметричними перерізами та жорсткісними характеристиками;
- плити перекриття та діафрагми жорсткості у вигляді оболонки (СЕ 42, 44 – універсальні трикутні та чотирикутні скінченні елементи оболонки).
- граничні умови отримані згідно даних інженерно-геологічних умов майданчику будівництва;

- моделювання ковзання моделювалося СЕ 55 довжиною 50 мм з наступними жорсткісними характеристиками:  $X = 100 \text{ Т/м}$ ;  $Y = 100 \text{ Т/м}$ ;  $Z = 1000 \text{ Т/м}$ ;  $UX = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$ ;  $UY = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$ ;  $UZ = 100 \text{ Т}\cdot\text{м}^2$ .

Схема сейсмоізоляційного вузла показана на рис. 5 та рис.6.

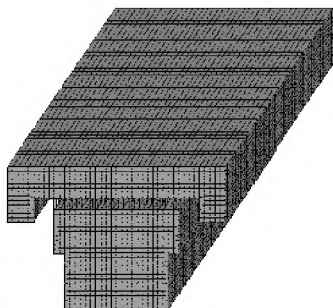


Рис. 5. Фрагмент сейсмоізоляційного фундаменту

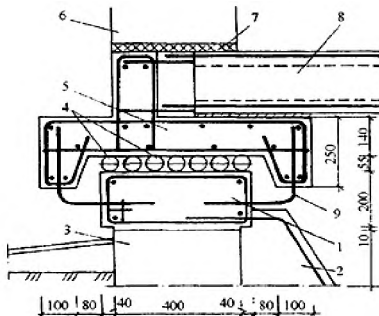


Рис. 6. Залізобетонний механізм сейсмоізоляції на сфероїдах

1 – залізобетонний пояс фундаменту; 2 – контрфорс, 3 – фундамент;  
4 – цементно-піщаний сфероїд, 5 – залізобетонний пояс стіни; 6 – стіна;  
7 – пружна прокладка; 8 – перекриття над підвалом; 9 – умовна гальмівна зв'язок.

В програмному комплексі Лира до схеми будівлі готелю прикладалися повні розрахункові навантаження. За допомогою комбінації завантажень та модуля Р33 враховулася система коефіцієнтів для розрахунків на сейсмічний вплив.

#### **Вихідні дані для врахування сейсмічного впливу**

Розрахунок на сейсмічний вплив виконувався у відповідності до ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України».

Коефіцієнти перерахунку для навантажень:

постійні навантаження – 0,9; тимчасові навантаження – 0,5.

Вихідні дані для розрахунку наступні:

- число форм, що враховуються – 5;

- поправочний коефіцієнт – 1;

- напрям вектору сейсмічного впливу –  $X, Y$ .

Комбінації завантажень наведені нижче:

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1 (20) 2018

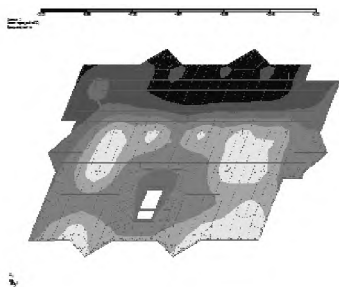
1 основна – основний збіг нормативних навантажень для перевірки конструкцій по другій групі граничних станів, що включає короточасні навантаження;

2 основна – комбінація завантажень збігу завантажень 1 основного та сейсмічного впливу по напрямку  $X$ ;

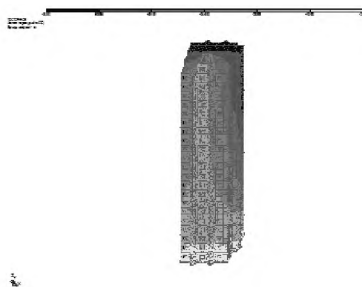
3 основна – комбінація завантажень збігу завантажень 1 основного та сейсмічного впливу по напрямку  $Y$ ;

### **Порівняльний розрахунок моделей**

Прогини плит (з урахуванням зниженого модуля пружності бетону) для різних поверхів не більше 21 мм, що не перевищує допустимих значень  $l/200 = 30$  мм зображено на рис.7.



*Рис. 7. Переміщення по  $z$  плити перекриття типового поверху*



*Рис. 8. Переміщення по  $z$  верху будівлі*

Прогин верху будівлі складає 66 мм, що не перевищує допустимого значення  $H/1000 = 70$  мм.

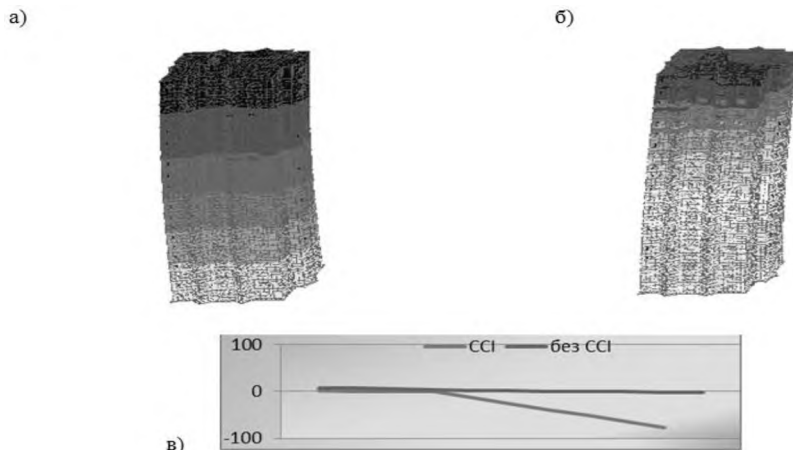
Для підтвердження коректної роботи механізму сейсмоізоляції отримані результати переміщень елементів конструкцій від сумарних динамічних впливів (рис. 8, рис.9).

Виходячи з отриманих значень можна зробити висновок, що в сейсмоізованій конструкції будівля може переміщуватись відносно фундаменту під час динамічних коливань на величину зміщення основи, відповідно, механізм сейсмоізоляції змодельований коректно.

Аналіз дисипативних властивостей системи з ковзаючого поясу із використанням сфероїдів можливий при проведенні

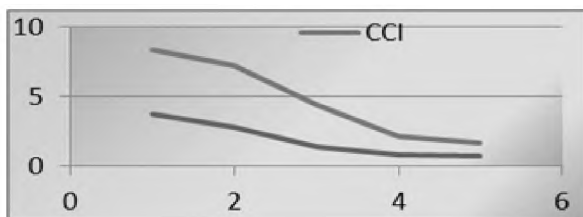
порівняння періодів коливань та частотою будівлі без сейсмоізоляції, тому необхідно розглянути залежності періодів від отриманих форм коливань.

Досліджуючи поведінку сейсмоізованих систем під час динамічного впливу важливо звертати увагу на зміну частот власних коливань.



*Рис.9. Переміщення по напрямку X (мм) в елементах конструкцій від сейсмічного впливу: а) сейсмоізована будівля; б) не сейсмоізована будівля; в) графік переміщень*

Відомим є той факт, що сейсмоізоляційні властивості проявляються при зменшенні жорсткості будівлі, тобто збільшується період коливань, знижується частота, і тим самим знижуються сейсмічні навантаження (рис.10).



*Рис. 10. Період коливання  $T$ (с) всієї конструкції з сейсмоізоляцією та без ізоляції*

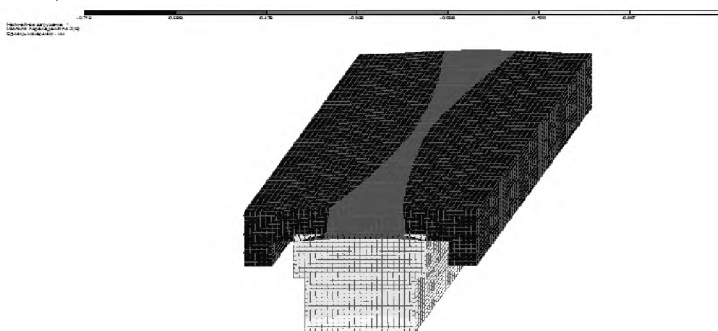
З діаграми видно, що при встановленні під фундаментом будівлі сейсмічної ізоляції за допомогою сферіодних елементів, періоди коливань збільшуються, так як власні частоти падають, відбувається зниження сейсмічного навантаження (рис.11).



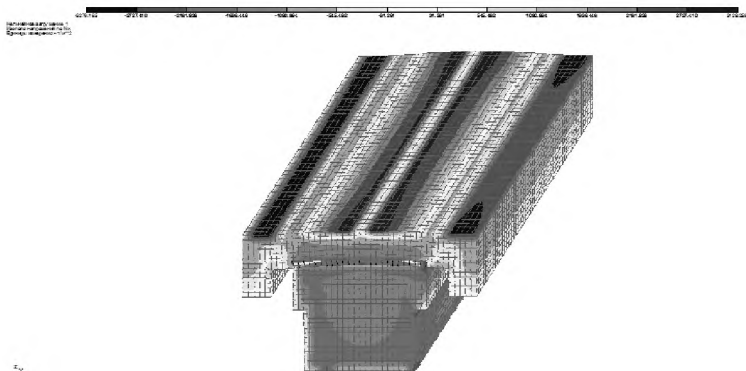
*Рис. 11. Графік розподілу напружень  $N_u$  ( $T/m^2$ ) в елементах конструкції від сейсмічного впливу*

### **Напружено-деформований стан сейсмоізоляційного вузла.**

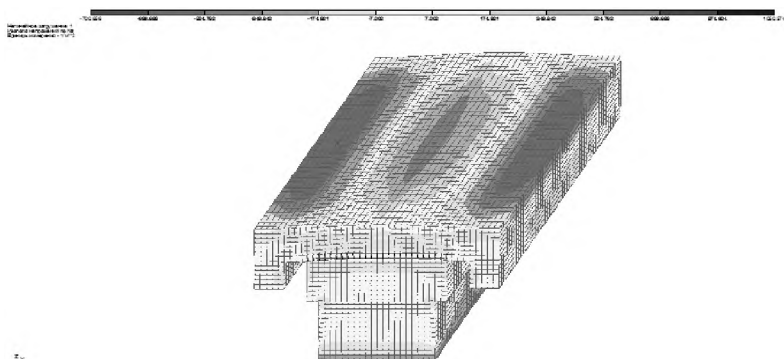
Нижче представлений напружено-деформований стан вузла сейсмоізолюваної фундаментної частини будівлі. Який моделювався за допомогою об'ємних скінченних елементів (CE 236 –фізично-нелінійний універсальний просторовий восьми вузловий ізопараметричний скінченний елемент) та моделювання ковзання сферіодів, яке моделювалося CE 55 (скінченний елемент, що моделює пружний зв'язок між вузлами) довжиною 50 мм з наступними жорсткісними характеристиками:  $X = 100 T/m$ ;  $Y = 100 T/m$ ;  $Z = 1000 T/m$ ;  $UX = 100 T \cdot m^2$ ;  $UY = 100 T \cdot m^2$ ;  $UZ = 100 T \cdot m^2$ . (рис.12-14).



*Рис. 12. Переміщення по z в елементах вузла від сейсмічного впливу та основного збігу навантажень*



*Рис. 13. Напруження  $N_x$  ( $T/m^2$ ) в елементах вузла від сейсмічного впливу та основного збігу навантажень*



*Рис. 14. Напруження  $N_z$  ( $T/m^2$ ) в елементах вузла від сейсмічного впливу та основного збігу навантажень*

**Висновки.** В даній статті розглядався такий вид сейсмоізоляції будівель, як система ковзаючого поясу із застосуванням сфероїдів та виконаний порівняльний розрахунок з метою аналізу сейсмоізоляційних властивостей.

1. Проаналізоване конструктивне рішення, системи сейсмоізоляції, що виключає недоліки аналогічних систем (система на сфероїдах забезпечує можливість переміщення будівлі на величину зміщення основи під час землетрусу, при цьому зберігаючи просторову жорсткість сейсмоізольованої конструкції).



2. Підтверджена адекватність роботи механізму сейсмоізоляції за допомогою скінченно-елементного моделювання ковзання надземної частини будівлі відносно основи та фундаментів за рахунок включення в розрахункову схему скінченних елементів, що моделюють роботу сфероїдів в сейсмоізоляційних вузлах.

3. Показано, що введення в конструкцію фундаменту механізму сейсмоізоляції дозволяє знижувати напруження в конструкціях на 25-45%.

4. По результатам армування вертикальних несучих конструкцій можна зробити висновок, що система сейсмоізоляції будівлі дозволяє скоротити витрати арматури, що робить конструкцію більш економічною.

#### **Список використаних джерел:**

1. ДБН В.2.1-10-2009 «Основи та фундаменти будівель та споруд». – К.: Мінбуд України, 2009.

2. ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво в сейсмічних районах України», - К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2014.

3. ДБН В. 1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». – К.: Мінбуд України”, 2006.

#### **Аннотация**

*Рассматриваются целесообразность введения в фундамент многоэтажного здания механизма сейсмоизоляции в виде сейсмоизоляции на сфероидах.*

*Ключевые слова: механизм сейсмоизоляции, фундамент, совместная работа, многоэтажные здания.*

#### **Annotation**

*The expediency of introduction into the foundation of a multistory building of seismic mechanism in the form of seismic isolation on spheroids is considered.*

*Key words: seismic mechanism, foundation, joint work, multistory buildings.*

*Стаття надійшла до редакції у лютому 2018 р.*