

## Секція проблем будівництва і архітектури

### ОСОБЛИВОСТІ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ СЕЙСМОСТІЙКИХ БУДІВЕЛЬ

Гетун Г. В.<sup>1</sup>, Баліна О. І.<sup>2</sup>, Безклубенко І. С.<sup>3</sup>, Буценко Ю. П.<sup>4</sup>, Соломін А. В.<sup>5</sup>  
<sup>1-3</sup>Київський національний університет будівництва і архітектури  
03680, Київ, Повітрофлотський пр.-т, 31,  
<sup>4,5</sup> М. Київ, НТУ України «Київський політехнічний інститут» ім. І.Сікорського  
E-mail: <sup>1</sup>galinagetun@ukr.net, <sup>2</sup>elena.i.balina@gmail.com,  
<sup>3</sup>i.bezkлубenko@gmail.com, <sup>4</sup>armchairdoc@ukr.net, <sup>5</sup>andr-so@i.ua

Сейсмобезпечне будівництво, яке є нагальною проблемою в Україні, де присутні сейсмонезбезпечні райони і несприятливі за сейсмічними властивостями ґрунти забезпечується проектуванням сейсмостійких будівель з раціональними об'ємно-планувальними і конструктивними рішеннями [1]. Особливості проектування будівель оптимальних конфігурацій з розташуванням вертикальних конструкцій, які унеможливають створення крутильних моментів, були розглянуті в роботі [2]. В цій роботі розглядаються особливості застосування конструктивних систем, схем, конструкцій та матеріалів, які зменшують величини сейсмічних впливів на будівлі, а саме легких і міцних будівельних матеріалів, надійних систем сейсмоізоляції та динамічного регулювання сейсмічних навантажень [4].

Проектування сучасних будівель в сейсмічних районах розвивається за двома напрямками, які відповідають основним принципам сейсмозахисту, – традиційними (пасивними) і спеціальними (активними). За пасивного сейсмозахисту здійснюється збільшення несучої здатності основних конструкцій будівлі (поперечні перерізи, армування, вузли стикувань тощо) для сприйняття додаткових зусиль, викликаних сейсмічними впливами. Характер роботи будівлі при цьому не змінюється. Спеціальні (активні) заходи покращення сейсмостійкості будівель полягають у зниженні сейсмічних впливів на коняструкції за рахунок модифікації динамічних схем роботи. Активний сейсмозахист будівель – це новий напрям, який полягає в проведенні додаткових конструктивних заходів для запобігання небезпечних резонансних коливань і тим самим зниження сейсмічних впливів. Він досягається шляхом влаштування спеціальних зв'язків, які включаються або виключаються, встановленням динамічних гасителів ко-

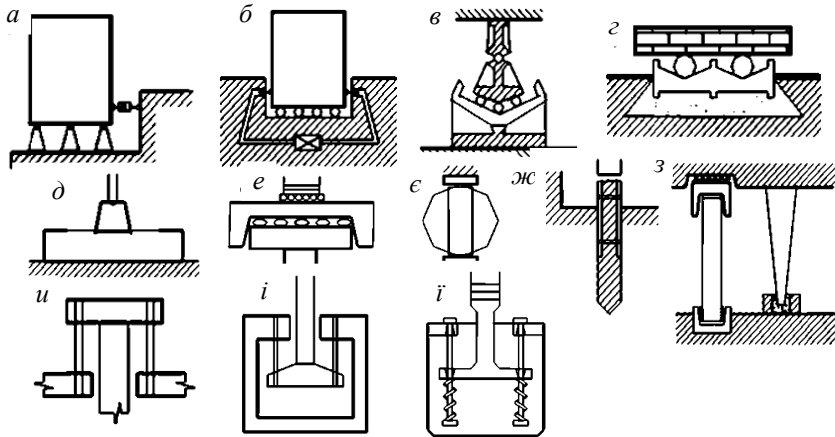
ливань тощо. Основною вимогою ефективної роботи систем активного сейсμοзахисту будівель є віддаленість частот власних коливань її конструкцій від переважаючих за інтенсивністю частот сейсмічної рухомості ґрунтових основ [3].

Активні системи сейсμοзахисту будівель забезпечують:

– зниження сейсмічних навантажень регулюванням їх динамічних параметрів для запобігання резонансних збільшень амплітуд коливання будівель і зменшення резонансних ефектів;

– зміну динамічних жорсткостей або періодів власних коливань будівель при землетрусах у результаті використання спеціальних конструктивних пристроїв: ковзких поясів, зв'язків, які включаються або виключаються, гасителів коливань, кінематичних або пальових фундаментів, які мають дисипативні характеристики самоорганізації, рамно-зв'язкових систем із складними діафрагмами жорсткості, гумово-сталевих циліндричних опор.

Найефективніше запобігають небезпечним резонансним коливанням та знижують сейсмічні впливи спеціальні конструктивні пристрої, розташовані в конструкціях фундаментів будівель (рис. 1).



**Рис. 1. Схеми сейсμοізолюючих пристроїв:**

- a* – Капута-Машица; *б* – Бернардського; *в* – Сенсуей Кенсецу;  
*г* – Філіппоці; *д* – Черепинського; *е* – Назіна; *е* – Віскардіні  
 (індеферентне положення рівноваги на шарових опорах);  
*ж* – Шишканова; *з*, *и* – Кочегарова; *і* – Гамеса; *ї* – Зеленскова

Існує багато (понад 40) типів сейсμοізолюючих пристроїв, які можна поділити на 4 класи: 1) опорні системи з нейтральним (індефе-

рентним) положенням рівноваги на шарових елементах ( $b-z, e$ ); 2) опорні системи з гнучкими стояками ( $a$ ); 3) опорні системи із стійким положенням рівноваги на тілах обертання ( $ж, з$ ); 4) системи на маятникових підвісках ( $и, i, i$ ).

Опорні системи з гнучкими нижніми поверххами мають суттєві недоліки, тому що входять у резонанс на періодах коливань близьких до 1 с навіть за невеликих зовнішніх впливів (до 6 балів), що призводить до руйнування конструкцій будівель. Система Г.Ф. Шишканова із стійким положенням рівноваги на тілах обертання суттєво зменшує цей недолік. Опорні системи із стійким положенням рівноваги Філіппоці металоємні та складні у виготовленні, а Ю. Д. Черепинського – можуть бути ефективними за раціонального вирішення виробництва чотирьох типорозмірів сфер. Конструкції з підвісними опорами є спеціальними конструктивними рішеннями фундаментів, які дозволяють підвісити будівлю на тяжах, а тому занадто дороговартісні. Системи на маятникових підвісках конструкцій будівель Ф. Г. Гамеса, Ф. Д. Зеленкова і Б. І. Кочегарова суттєво змінюють сейсмічні навантаження на конструкції будівель, але виникає необхідність проектування складних фундаментів, які повинні працювати одночасно зусилля на розтягування, згинання, стискання, що збільшує їх метало- і трудоемність. Гравітаційні системи сейсмоізоляції Назіна з включенням елементів сухого тертя (особливо за багатоступінчатої схеми включення) забезпечують «пластичну роботу» будівель на сейсмічні впливи за пружної роботи всіх конструкцій, що забезпечує довготривалу роботу таких систем сейсмоізоляції. Основним недоліком каткових опор є низьке згасання коливань, а тому в таких системах обов'язковими елементами є демпфери (рис. 1,  $b-z, e, e$ ). Опорні елементи Віскардіні (рис. 1,  $e$ ) з індеферентними положеннями рівноваги можуть бути виведені з нейтрального положення сейсмічними або вітровими впливами, але повернутися в початкове положення вони не зможуть. Для запобігання цього в такі системи додатково включають сервомеханізми Капута-Машица, а також Бернадського (рис. 1,  $a, б$ ). Конструкція Сенсуйей Кенсеу динамічно нерухома (рис. 1,  $e$ ).

Системи сейсмоізоляції рекомендується проектувати з використанням одного або декількох типів сейсмоізолюючих і (або) демпфуючих пристроїв, в залежності від конструктивних рішень і призначення будівель, виду будівництва (нове, реконструкції чи підсилення), а також від сейсмологічних і ґрунтових умов майданчиків.

Ідея конструкцій з однобічними зв'язками, які включаються або виключаються, полягає в тому, що система під час землетрусу одно-сторонньо змінює жорсткість, а тому запобігає потраплянню в резонанс

на «робочих» частотах сейсмічних впливів. В системах із зв'язками, які виключаються, початкова жорсткість набагато перевищує кінцеву жорсткість після виключення зв'язків, а виключення зв'язків відбувається після досягнення навантаженням проектного значення. У системах із зв'язками, які включаються, є додаткові пружні елементи, які приймають участь в роботі по досягненню переміщень несучими елементами визначеної заданої величини. При цьому початкова жорсткість системи завжди менша за її жорсткість сумісну з додатковими елементами.

Загальним для конструкцій з кінематичними опорами різних типів (шарові опори, еліпсоїди, стояки, які хилитаються тощо) є наявність спеціальних демпферів, які сприяють гасінню коливань, та наявність рухомих і оточуючих елементів, взаємодія яких створює сили повертання при зміщеннях.

Крім спеціальних сейсмоізолюючих пристроїв в конструкціях фундаментів влаштовують сейсмоізолюючі ковзні пояси з підвищеними дисипативними властивостями, за яких після землетрусів виникають залишкові зміщення, які треба усувати за подальшої експлуатації будівель [3].

**Висновки.** Таким чином, існуючі системи сейсмозахисту будівель характеризуються великою різноманітністю конструктивних рішень. Як правило, найефективнішими є комбіновані системи сейсмозахисту, що поєднують традиційні – збільшення несучої здатності основних конструкцій та спеціальні (активні) для створення адаптивних систем будівель, які автоматично змінюють алгоритми свого функціонування, а іноді свою структуру з метою збереження або досягнення оптимального експлуатаційного стану за зміни зовнішніх умов.

## Література

1. Гетун Г. В., Сахаров В. О., Мельник В. А. Дослідження впливу сейсмоізоляції на напружено-деформований стан висотної будівлі під дією сейсмічних навантажень // Світ геотехніки. – З. : НДІБК, 2013. – Вип. 2, С. 18–23.
2. Гетун Г. В., Баліна О. І., Безклубенко І. С. та ін. Особливості об'ємно-планувальних рішень сейсмостійких будівель // Збірник праць XVI Міжнар. наук.-практ. конф. –Хмельницький: ХНУ, 2021, с. 80–85.
3. Плевков В. С., Мальганов А. И., Балдин И. В. Железобетонные и каменные конструкции сейсмостойких зданий и сооружений. М. : Издательство АСВ, 2010. – 290 с.
4. Куліков П. М., Плоский В. О., Гетун Г. В. Конструкції будівель і споруд : підручник / зад ред. Гетун Г. В. – Київ : «Видавництво Ліра-К», 2021. – 880 с.