

optimum) task and tied-up foremost, with planning of work of each of such systems.

The integrated systems of management to executions of technological processes in agricultural production are grounded, which rely on the initial and eventual moments of time of their functioning. For optimization of processes of management indicated the systems are conducted generalization of results of research of influencing of different factors on efficiency of plant-grower. The most ponderable technological, technical and organizational criteria of high-quality work of agricultural machines are set, their level of influence on an eventual result, size of the collected harvest, and also possible level of efficiency of application of the proper hardwares of mechanization with management by influence on qual/ity of execution actually of same technologically operations.

Design of the similar systems, the methods of optimum management by them are actual researches of *ñüîãääíÿ* and require the subsequent deep study.

The use of the developed method is the computer-integrated control systems by implementation of technological processes in agricultural production, the dependency upon the initial and eventual moments of time of their functioning enable the subsequent changes of the systems. This method allows to optimize the use of present resources will provide the increase of efficiency on 20-30%.

Key words: *integral systems of management, technological processes, agricultural production, dependence, initial and eventual moments of functioning*

УДК 624.042.4

ВЕРТИКАЛЬНІ В'ЯЗИ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ В СЕЙСМІЧНО АКТИВНИХ ЗОНАХ

Є. А. Бакулін, кандидат технічних наук

В. М. Бакуліна

**Національний університет біоресурсів і
природокористування України**

Н. О. Костира, кандидат технічних наук

Національний авіаційний університет

e-mail: bakulin959@ukr.net; iakos62@ukr.net

Анотація. При будівництві каркасних будівель в сейсмічно небезпечних зонах України виникають сейсмічні та інженерні

© Є. А. Бакулін, В. М. Бакуліна, Н. О. Костира, 2017

ризиків їхнього руйнування. Сейсмостійкість об'єкта залежить від багатьох факторів. Одним із визначальних факторів є конструктивна схема каркасу будівлі. Каркас сприймає всі сейсмічні дії, що становить найбільш небезпечний тип динамічного навантаження. Кількість комбінованих варіантів каркасних схем велика і різноманітна за несучою спроможністю, жорсткістю, гнучкістю. В каркасних будівлях сприйняття і розподіл навантажень забезпечують в'язі та типи їх з'єднань з конструктивними елементами. В рамно-в'язевих каркасах можливо виділити три системи сейсмічного захисту: пасивну, активну та комплексну. Каркаси укріплені в'язями до поздовжнього вигину значно збільшують сейсмостійкість будівлі. Влаштування гідравлічних в'язів забезпечує поглинання енергії сейсмічних коливань і зменшує горизонтальні навантаження. Застосування піддатливого вузлового з'єднання в'язів забезпечує дисипацію енергії коливань. Ефективний сейсмічний захист забезпечують конструкції демпфування – гасіння коливань. Сучасна методика нелінійного статичного розрахунку будівельних об'єктів дозволяє враховувати вплив вищих форм коливань, взаємодію в системі "основа – фундамент – наземна частина будівлі".

Ключові слова: *землетрус, сейсмостійкість, каркаси, з'єднання, в'язі, навантаження, демпфер, сейсмозахист, акселограма*

Постановка проблеми. Понад 120 тис. кв. км, а це приблизно 20% території України, знаходиться в сейсмічно небезпечних зонах з інтенсивністю землетрусів від 6 до 9 балів [1] за шкалою MSK-64 [2]. До сейсмічно небезпечних районів відносяться Карпатський і Кримсько-Чорноморський регіони, Одеська, Чернівецька, Львівська та Тернопільська області. У зонах сейсмічного ризику проживає 21,4% населення. За інженерно-сейсмічними оцінками, приріст сейсмічності на Україні перевищує 1,5 бали, в зв'язку з цим, в зазначених районах 30–50% забудов не відповідає сучасному рівню сейсмічного та інженерного ризиків.

Сейсмічні дії являють собою найбільш небезпечний тип динамічного навантаження. Вони викликають істотні пошкодження конструкцій, а в окремих випадках призводять до часткового або повного руйнування будівель. Щоб уникнути небезпечні впливи землетрусів, зменшити наслідки заподіяної шкоди та ризиків руйнування, необхідно за умов сейсмостійкості, зводити такі будинки, які здатні, незалежно від завданих пошкоджень, вистояти при будь-яких коливаннях поверхні землі.

Аналіз останніх досліджень. Землетруси – коливання земної поверхні, які можуть бути викликані різними фізичними процесами

в земній кулі (тектонічними зсувами, обвалами, вулканічними поштовхами, техногенними діями, тощо). В наслідок чого виділяється велика кількість кінетичної енергії. Точка в земній корі, в якій виникає поштовх, називається гіпоцентром або фокусом землетрусу. Землетрус викликає коливальні рухи земної кори. При цьому на поверхні землі виникають як горизонтальні, так і вертикальні коливання. Вертикальні коливання більш небезпечні в зоні епіцентру, в міру віддалення вони затухають і стають менш небезпечні, ніж горизонтальні. Процес поширення коливань при землетрусі (рис. 1).

В Україні використовується 12-ти бальна шкала MSK-64. Сейсмостійке будівництво регламентується вимогами ДБН В.1.1-12:2014 «Будівництво у сейсмічних районах України» [1]. Інтенсивність сейсмічного впливу приймається у балах щодо комплекту карт загального сейсмічного районування та списку населених пунктів України (додаток А) [1, 2]:

- карта ЗСР-2004-А застосовується для визначення розрахункової сейсмічної інтенсивності при проектуванні об'єктів класу наслідків (відповідальності) СС1, СС2 висотою до 73,5 м;
- карта ЗСР-2004-В застосовується при проектуванні об'єктів підвищеного рівня відповідальності СС2 висотою від 73,5 до 100 м;
- карта ЗСР-2004-С застосовується при проектуванні об'єктів особливо відповідальних СС3.

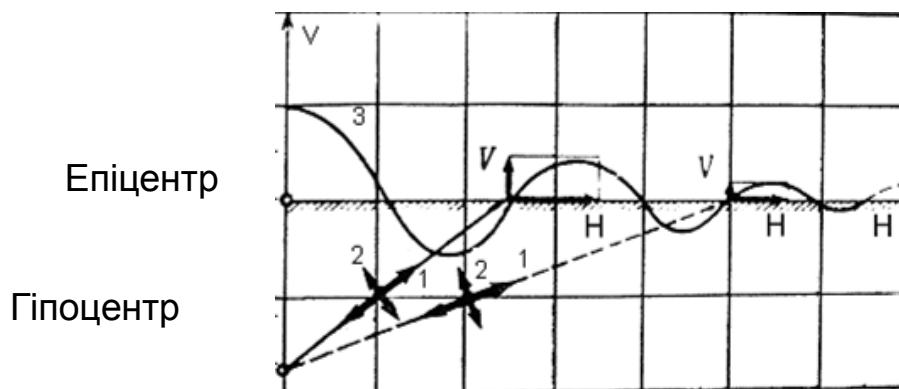


Рис. 1. Схема поширення коливань при землетрусі: 1 – напрям коливань поздовжніх хвиль; 2 – теж поперечних; 3 – амплітуда вертикальних коливань; V, H – вертикальна та горизонтальна складові коливань.

Нормативними документами [2, 3] визначено три класи наслідків СС1, СС2, СС3 та п'ять категорій складності I, II, III, IV, V з урахуванням можливої небезпеки для здоров'я і життя людей, економічних збитків і втрати об'єктів культурної спадщини.

Проектування об'єктів будівництва може виконуватися в одну, дві або три стадії в залежності від категорії складності та класу наслідків (відповідальності) об'єкту будівництва.

Мета досліджень. Визначити доцільність і ефективність застосування вертикальних в'язів каркасних будівель сейсмічно небезпечних зонах України на основі сучасних розробок, вітчизняного і зарубіжного досвіду.

Результати досліджень. Сейсмостійкість об'єкта залежить від його висоти, довжини, поверховості, ваги в цілому, конструктивної схеми, яка сприймає на себе сейсмічну дію [1, 4]. У сучасному будівництві застосовуються різні каркасні конструктивні схеми (рис. 2) з різноманітними варіаціями та компонованням.

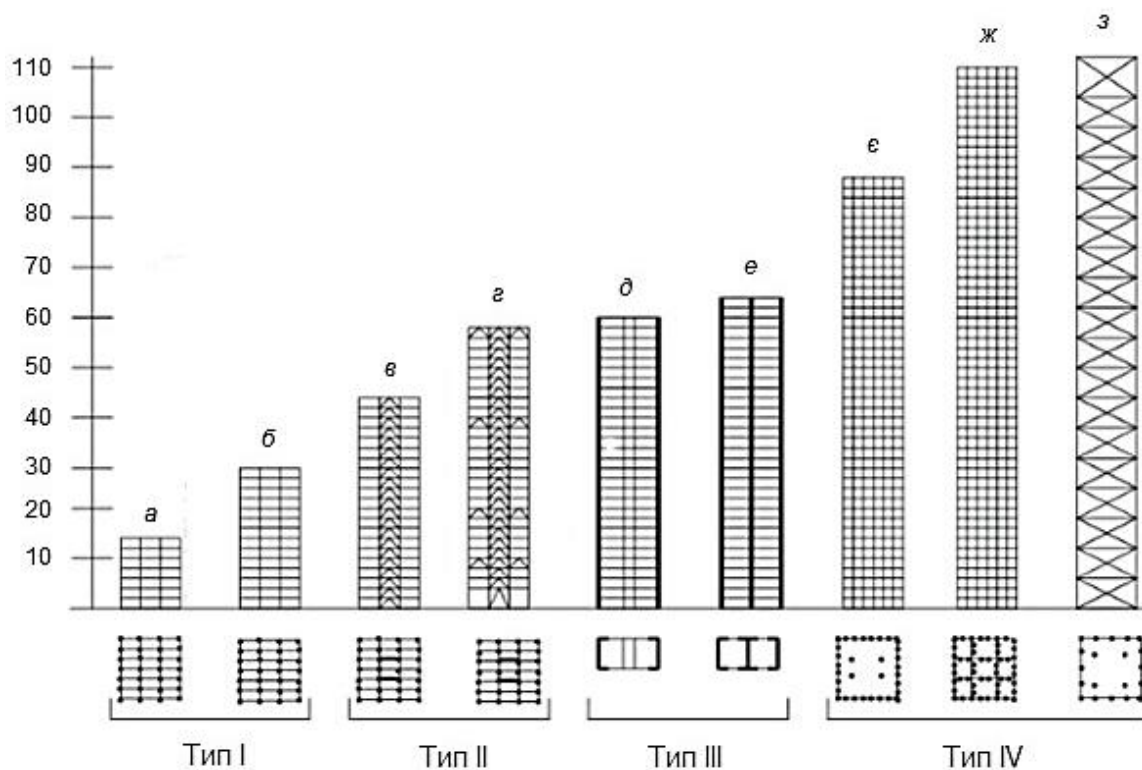


Рис. 2. Конструктивні схеми каркасів: а – напівжорсткий; б – жорсткий; в – з плоскими в'язями; г – з горизонтальними поясами жорсткості; д – трубна система з торцевими швелерами і внутрішніми фермами; е – трубна система з торцевими швелерами та середнім двотавром; ж – зовнішня безроскісна оболонка; з – зовнішня розкісна оболонка.

Всі конструктивні схеми каркасів можливо поділити на чотири типи:

- Тип I – Каркасна;
- Тип II – Каркасна з діафрагмами жорсткості;
- Тип III – Стовбурна;

– Тип IV – Коробчаста (оболонкова).

Кількість можливих комбінованих варіантів каркасних схем велика. Як правило, комбіновані схеми мають більшу конструктивну гнучкість завдяки можливості розподілу частин зусиль за рахунок змінної жорсткості несучих елементів [5]. Варто зазначити, що термінологія конструктивних схем ще нормативно не визначена і має неоднозначне трактування в різних публікаціях.

Стрижневі каркаси з точки зору розрахункової схеми повинні мати геометричну незмінюваність і працювати спільно як єдина система. У регулярних системах цього можна досягти двома способами – створенням жорстких вузлів або відповідним розташуванням в'язей. В залежності від методу забезпечення незмінності, каркаси поділяють на закріплені та не закріплені від перекосу (рис. 3).

Каркаси закріплені від перекосу розкладаються на окремі підсистеми і елементи, а незакріплені каркаси повинні розглядатися як єдина система. Таким чином, можливо виділити основні функції в'язей каркасів:

- забезпечення геометричної незмінюваності основної несучої конструкції;
- забезпечення просторової роботи всіх елементів і підсистем несучої конструкції як єдиного цілого;
- сприйняття та розподіл між елементами основної несучої конструкції горизонтальних навантажень;
- зменшення розрахункових довжин елементів основної несучої конструкції;
- підвищення зручності монтажу, як тимчасове закріплення елементів несучої конструкції при зведенні.

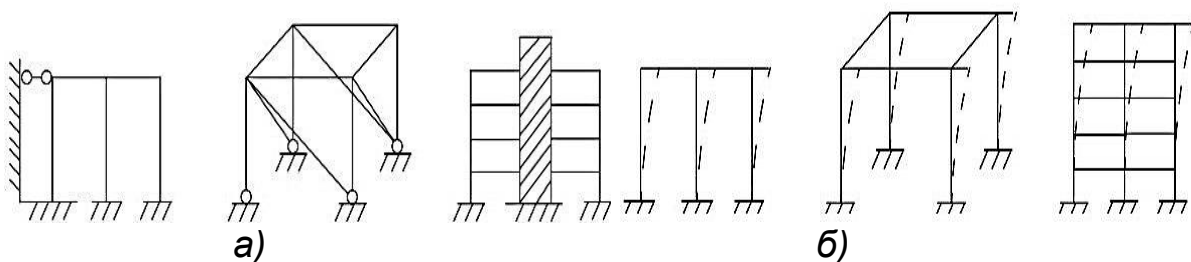


Рис. 3. Каркаси: а – закріплені; б – не закріплені від перекосу.

Відповідно до сприйняття і розподілу навантажень, в'язі поділяють на горизонтальні та вертикальні. Горизонтальні забезпечують утворення в будівлях жорстких дисків, які розподіляють зовнішні силові дії між елементами, перешкоджають закручуванню каркаса, виходу із площини елементів і зменшують згинальні моменти. Вертикальні в'язі надають жорсткість при дії

горизонтальних навантажень вертикальним елементам будівлі, які з'єднують диски перекриттів. З конструктивних особливостей, в'язі поділяють на концентричні та ексцентричні.

За геометричною формою вертикальні в'язі можливо поділити на чотири групи (рис. 4).

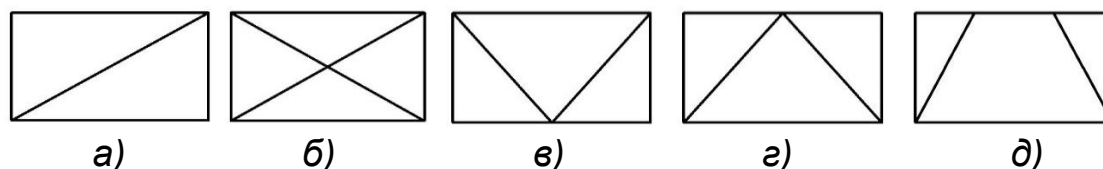


Рис. 4. Типи вертикальних в'язей: а – діагональні; б – Х-подібні; в, г – V-подібні; д – К- подібні або порталні.

За конструктивною схемою в'язі поділяють на жорсткі та гнучкі. Жорсткі в'язі здатні сприймати стискаючі зусилля, передаючи небажаний силовий вплив в опору, а гнучкі – працюють тільки на розтягнення (рис. 5).

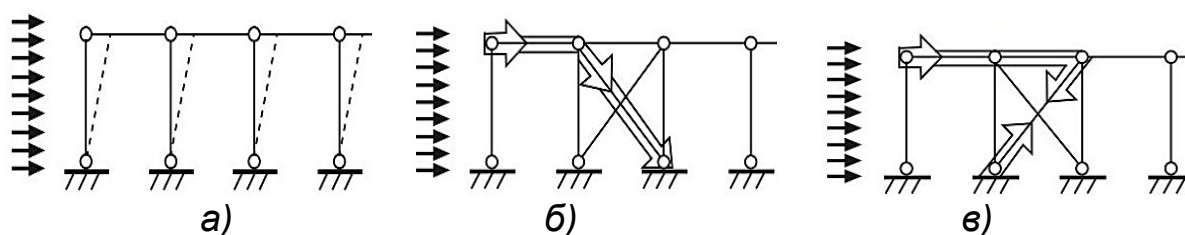


Рис. 5. Робота вертикальних в'язей: а – незакріплений каркас; б – жорсткі в'язі; в – гнучкі в'язі.

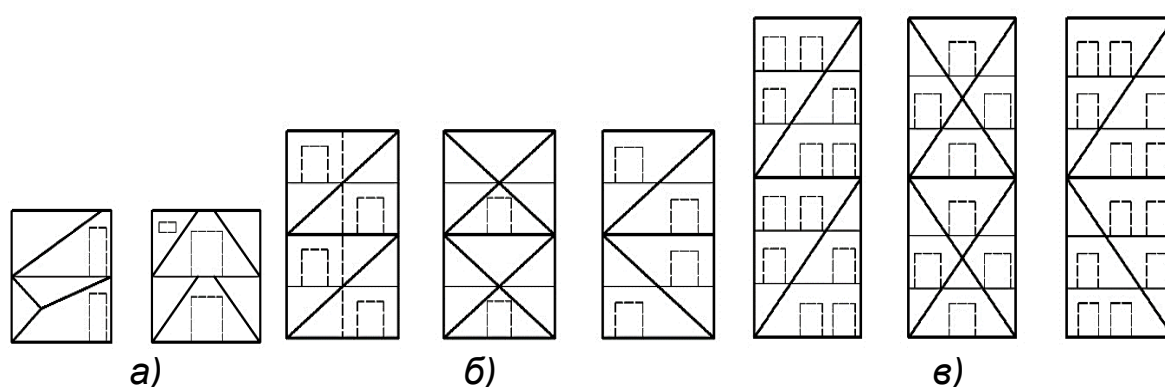


Рис. 6. В'язі в стінах з отворами: а – на один поверх; б – на два поверхи; в – на три поверхи.

В'язі найбільш прості і недорогі з облаштування, але з архітектурної точки зору вони нівелюють можливість проектування прорізів. Для стін з прорізами в'язі проектуються на декілька поверхів або окремо для кожного поверху (рис. 6).

У стінах без прорізів вирішальним стають статичні та конструктивні вимоги (рис. 7).

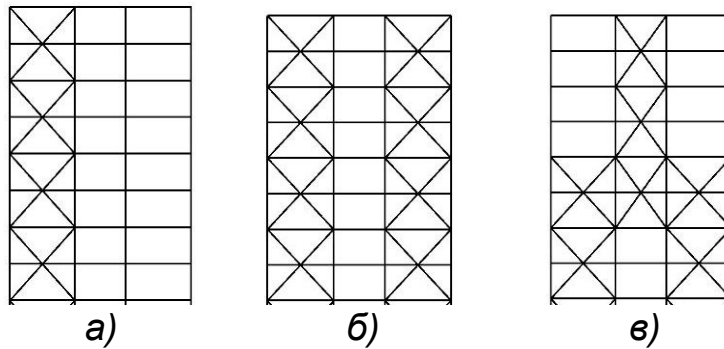


Рис. 7. Вертикальні в'язі в трьох прольотах: а – проста хрестова; б – проста хрестова в двох прольотах; в – рамне влаштування.

В будівлях із каркасними конструктивними схемами можливо виділити три системи сейсмічного захисту: пасивну, активну та комплексну.

Пасивна система передбачає:

- вибір об'ємно-планувальних рішень і конфігурації будівель, як правило, з симетричними конструктивними схемами;
- проектування антисейсмічних замкнутих відсіків простої форми;
- рівномірний розподіл жорсткостей конструкцій та їх ваги;
- забезпечення міцності несучих конструкцій без послаблених вузлів;
- влаштування в рівнях перекриттів і покриттів діафрагм жорсткостей, для рівномірного розподілу сейсмічних навантажень між вертикальними конструкціями (в багатоповерхових будівлях).

Активна система передбачає:

- зниження сейсмічних навантажень за рахунок регулювання їх динамічних параметрів для запобігання резонансного збільшення амплітуд коливання будівлі, зменшення резонансних ефектів;
- зміна динамічних жорсткостей або періодів власних коливань будівель при землетрусах. При цьому використовуються спеціальні конструктивні рішення в'язів (рис. 8), ковзких поясів, гасителів коливань, кінематичних фундаментів, пальових фундаментів які мають дисипативні характеристики самоорганізації, в рамно-зв'язкових системах складання діафрагмам жорсткості, гумово-сталевих циліндричних опор, тощо. Основна вимога ефективної роботи систем активного сейсмосахисту є розбіжність частот їх власних коливань від переважаючих за інтенсивністю частот сейсмічної рухомості ґрунтових основ будівлі.

Комплексна система поєднує застосування пасивного та активного сейсмосахисту будівель. Різні конструктивні схеми можуть бути модернізовані для підвищення сейсмічної стійкості каркаса.

Для цього може бути використана в'язь, яка закріплюється від повздовжнього згину (Buckling restrained brace). В'язь представляє собою сталеву пластину, яка оброблена покриттям для зменшення тертя та знаходиться в сталевій обоймі. Обойма складається зі сталевого замкнутого профіля, який заповнюється бетоном (рис. 9).

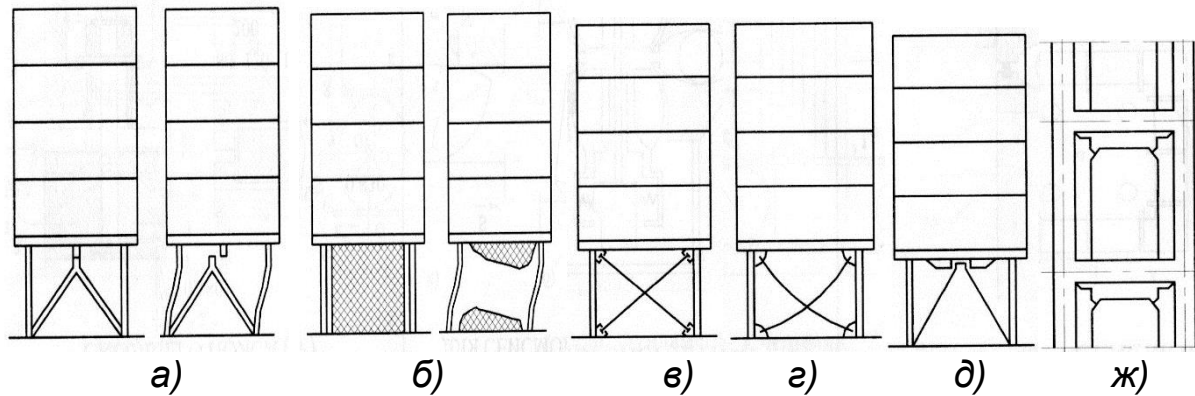


Рис. 8. Активна система сейсмосахисту за допомогою в'язів, які виключаються: а – спеціальні елементи, що виключаються; б – зв'язкові панелі, що руйнуються; в – пружні в'язі; г – провисаючі розтяжки; д – упори, що обмежують деформації; ж – жорсткі панелі (для багатоповерхових будівель).



Рис. 9. В'язь від повздовжнього згину (Buckling restrained brace).



а)



б)

Рис. 10. Вертикальні гідравлічні в'язі каркасів: а – внутрішні; б – зовнішні.

В стержні виникають повздовжні зусилля, які сприймаються тільки сталеву пластину. Сталева обойма забезпечує відповідний

поперечний підпір (жорсткість) проти повздовжнього вигину стержня. Це призводить до однакових характеристик міцності та пластичності при розтягуванні і стисканні. Жорсткість і збільшена площа поперечного перерізу крайніх ділянок забезпечують пружну роботу, в той час як центральна частина забезпечує пластичність [6].

Для зменшення горизонтальних навантажень можуть використовуватись гідравлічні в'язі, які характеризуються дуже великою розтяжністю та високим рівнем поглинання енергії. Такі в'язі ідеально підходять для підсилення конструкцій каркаса (рис. 10).

Особливою перевагою є те, що шарнірні та зварні конструктивні елементи в'язів (рис. 11) без будь-яких проблем можуть бути з'єднані з існуючими балками, колонами та вузловими накладками, і це, може бути виконано під час експлуатації будівлі.

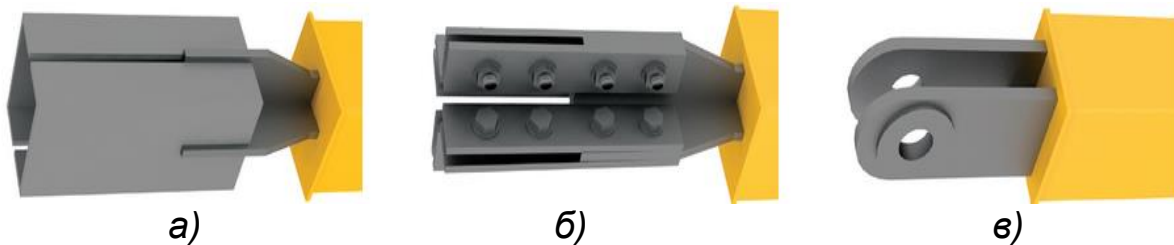


Рис. 11. Види з'єднань в'язів: а – зварне; б – болтове; в – палець-проушина.

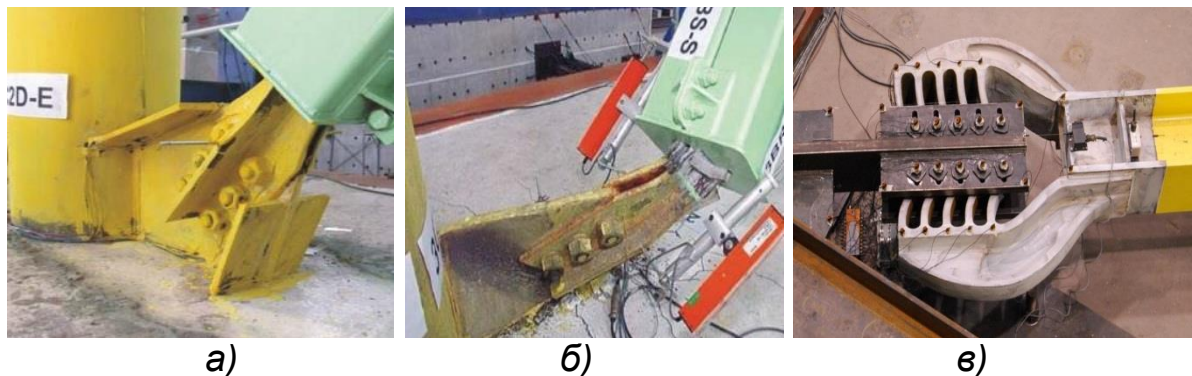


Рис. 12. Робота вузлових з'єднання в'язів: а – жорстке з'єднання; б – втрата стійкості жорсткого з'єднання; в – піддатливе вузлове з'єднання типу "Скорпіон" (CAST CONNEX® Scorpion).

Каркаси укріплені до повздовжнього вигину в'язями, що мають ефективні рішення з'єднань значно збільшують сейсмостійкість будівлі [7]. Але, кріплення підвищеної жорсткості (рис. 12, а) можуть вийти з ладу в результаті втрати стійкості з'єднувальних пластин і привести до відмови роботи в'язей за рахунок своєї нерухомості (рис. 12, б). Застосування піддатливого вузлового з'єднання типу "Скорпіон" (CAST CONNEX® Scorpion) розробленого в Торонтському університеті, призначеного для підвищення сейсмічної ефективності концентричних рамно-в'язевих каркасів, вирішує цю проблему.

Конструкція вузлового з'єднання типу “Скорпіон” (рис. 12, в) складається з двох конекторів (з'єднувачів) з литої сталі. Кожен конектор складається з кронштейна і ряду пальців з пластичної та в'язкої марки сталі. Пальці обох конекторів кріпляться болтами до з'єднувальної накладки, що з'єднана в місці перетину колони і балки. Дисипація енергії відбувається за рахунок згинальної пластичності з'єднувальних пальців.

Ефективний сейсмічний захист забезпечують конструкції демпфування (рис. 13), що можуть впроваджуватись при проведенні ремонтних робіт.

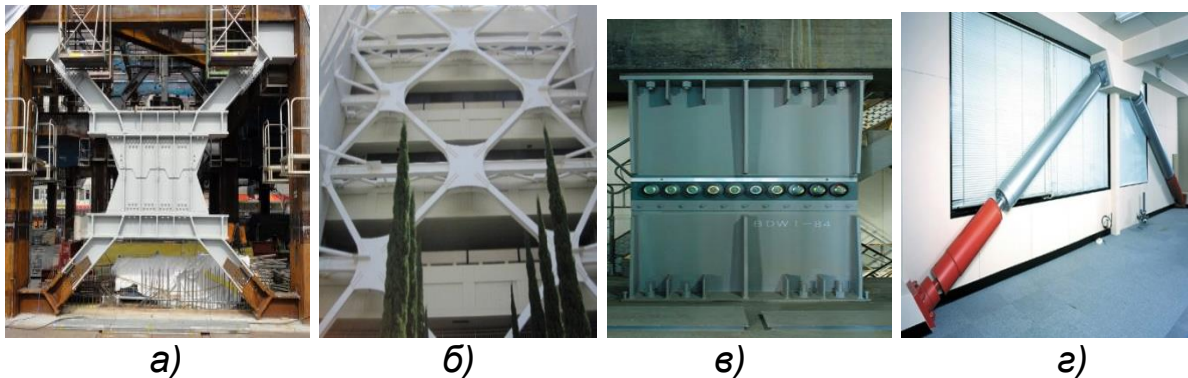


Рис. 13. Демпфери: а – кінематичні; б – структурні; в – демпфіруючі стіни; г – гідравлічні.

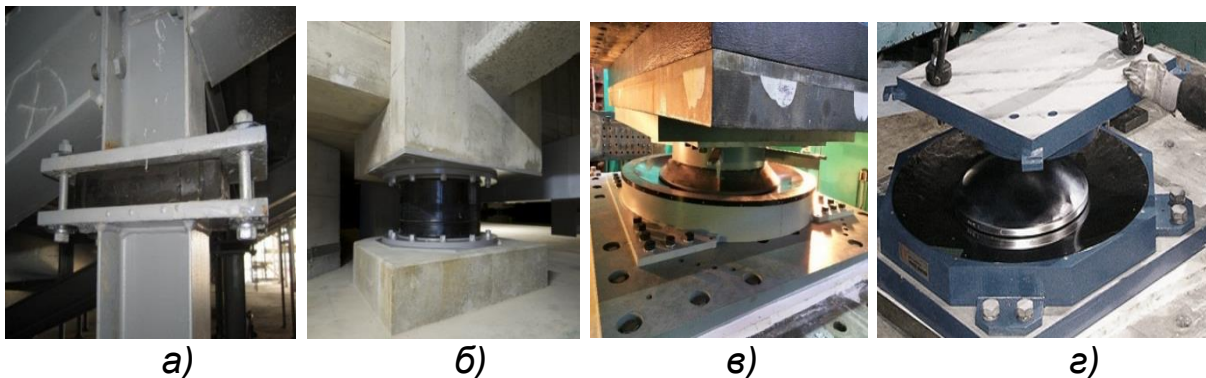


Рис. 14. Сейсмостійкі опори: а – гумометалеві; б – фрикційні; в – ковзаючі; г – маятникового типу.

В даний час у світовій практиці поширюється тенденція забезпечення сейсмічного захисту каркасних будівель за принципом сейсмічної ізоляції об'єкта – демпфірування (гасіння коливань). Демпфірування будівель відоме дуже давно і постійно вдосконалюється за розрахунковими методиками, новими конструктивними рішеннями, розробками та модифікаціями (рис. 14), застосуванню спеціальних сплавів і композитних матеріалів з пам'яттю. Даний спосіб сейсмічного захисту хоча і відносно дорогий, проте найбільш надійний та ефективний.

Згідно рекомендацій нормативних документів [1] розрахунки споруд на аварійне сполучення навантажень з урахуванням сейсмічного впливу слід виконувати із використанням:

- спектрального методу;
- прямого динамічного методу із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або набору синтезованих акселограм;
- нелінійного статичного розрахунку, що застосовується за необхідності врахування нелінійної реакції конструкцій в якості альтернативи нелінійному динамічному розрахунку.

Нелінійний статичний розрахунок рекомендується застосовувати в випадках:

- як альтернативу прямому динамічному методу з використанням пакета акселограм зважаючи на можливі складність і громіздкість таких розрахунків, а також через значну невизначеність вихідних даних;
- при проектуванні будівель і споруд з використанням методології, заснованої на вивченні стану конструкцій при різних рівнях сейсмічного впливу (*m.з. Performance - Based Seismic Design*);
- при оцінці та відновленні сейсмостійкості будівель, що експлуатуються, з урахуванням їх фактичного технічного стану (дефектів, пошкоджень тощо).

Нелінійний статичний розрахунок є інструментом оцінки несучої здатності конструкцій. Він передбачає монотонне навантаження нелінійних багатомасових розрахункових моделей набором розподілених сейсмічних горизонтальних сил до досягнення визначених меж переміщень у вибраному рівні. БРМ може бути навантажена аж до руйнування з метою оцінки її кінцевих деформацій і несучої здатності.

Нелінійний статичний розрахунок є першим етапом двоетапної процедури, в результаті якої отримують криву (спектр) несучої здатності БРМ. Спектр несучої здатності представляє собою відношення зсуву основи за сейсмічного впливу до горизонтальної реакції (переміщення) будівлі. Спектр несучої здатності будується в координатах "спектральне прискорення – спектральне переміщення" з використанням залежностей "відновлююча сила – переміщення" для кожного рівня по висоті будівлі. Отриманий спектр використовується для визначення переміщень еквівалентної одно масової системи (ЕОМС) за визначеного сейсмічного впливу шляхом нелінійного динамічного розрахунку ЕОМС. Таким чином, уникають необхідності нелінійного динамічного розрахунку вихідної БРМ. Крім того, на основі спектру визначають коефіцієнти податливості, а також коефіцієнти редукції (зниження сейсмічної реакції) будівель за сейсмічних впливів.

Методологія, що використовує спектр, знайшла відображення в нормативних документах США [8–10] і ДСТУ-Н Б EN 1998-1, а також реалізована у поширених розрахункових комплексах.

Сучасні методи виконання нелінійного статичного розрахунку дозволяють враховувати несиметричність об'єкта в плані та по висоті, вплив вищих форм коливань для висотних будівель і протяжних споруд, взаємодію в системі *"основа – фундамент – каркас будівлі"*. З розвитком комп'ютерного моделювання стало можливим аналізувати поведінку будівлі в її загальній об'ємно-просторовій структурі.

Висновки

Проектування об'єктів в сейсмічно небезпечних районах починається з дотримання загальних принципів сейсмостійкого будівництва.

1. Принцип симетрії: маса та жорсткість конструкції повинні бути розподілені рівномірно та симетрично відносно площині симетрії, що проходять через центр ваги споруди, що досягається об'ємно-планувальними рішеннями будівель. При несиметричній формі необхідно обмежувати розміри виступів, а також намагатися не застосовувати витягнутих в плані конструктивних рішень.

2. Принцип гармонії: необхідно дотримуватися пропорційності у розмірах будівлі, при цьому її довжина або висота не повинні бути надзвичайно великими.

3. Принцип антиважкості: істотний вплив на значення сейсмічних навантажень має маса споруди. Тому при дії сейсмічних сил необхідно прагнути до максимально можливого зниження ваги конструкцій і навантажень.

4. Принцип еластичності: матеріали в конструкції бажано застосовувати міцні, легкі, такі, що мають пружні властивості; конструкції з них повинні мати однорідні властивості.

5. Принцип замкнутого контуру: несучі елементи конструкції повинні бути зв'язані між собою, утворюючи замкнуті контури як у вертикальному напрямку, так і в горизонтальному. Конструктивне рішення таких контурів має забезпечити незалежну роботу кожного з них при сейсмічних коливаннях. Це досягається за рахунок антисейсмічних швів, які з метою економії слід об'єднувати з температурними і осадовими.

6. Застосування сейсмоізоляції: доцільно застосовувати пристрої, що знижують інтенсивність коливальних процесів, які передаються від ґрунту на будівлю.

7. Забезпечення надійності фундаментів: для сейсмостійких конструкцій фундаменти повинні бути міцними, достатньо глибоко закладеними, бажано на податливих прошарках або спеціальних

субстракціях, що замінюють слабкі ґрунти, для забезпечення однорідності та міцності ґрунтової основи.

Список літератури

1. *Будівництво у сейсмічних районах України* : ДБН В.1.1-12:2014. Київ. Мінрегіон України. 2014. 109 с.
2. *Шкала сейсмічної інтенсивності* : ДСТУ Б В.1.1-28:2010. Київ. Мінрегіон України. 2011. 47 с.
3. *Визначення класу наслідків (відповідальності) та категорії складності об'єктів будівництва* : ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013. Київ. Мінрегіон України. 2013. 41 с.
4. *Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкції та основ. Система забезпечення надійності та безпеки об'єктів будівництва* : ДБН В.1.2-14-2009. Київ. Мінрегіон України. 2009. 48 с.
5. Ковальський Л. М., Кузьміна Г. В., Ковальська Г. Л. Архітектурне проектування висотних будинків: навчальний посібник. Запоріжжя. 2012. 123 с.
6. Field C., Ko E. Connection performance of buckling restrained braced frames. The 13th World Conference on Earthquake Engineering. August 1-6. 2004. Vancouver. Canada. 1321 p.
7. Chao S. H., Bayat M. R., Goel S. C. Performance-based plastic design of steel concentric braced frames for enhanced confidence level. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17. 2008. Beijing. China. 157 p.
8. ATC - 40. Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Volume 1 and 2, Applied Technology Council. Report No. SSC 9 6-0 1, Seismic Safety Commission, Redwood City, CA. November 1996. (Оцінка та підвищення сейсмостійкості бетонних будівель — Частина 1 та 2. Технічна рада комісії з сейсмічної безпеки штату Каліфорнія, США).
9. FEMA 273. Federal Emergency Management Agency. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings, Washington, D.C. October 1997. (Керівні принципи з відновлення сейсмостійкості будівель. Федеральне агентство США з питань надзвичайних ситуацій).
10. FEMA 356. Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. American Society of Civil Engineers (ASCE), Washington, D.C. November 2000. (Престандарт та зауваження щодо відновлення сейсмостійкості будівель. Американське товариство цивільних інженерів, США).

References

1. *Construction* in seismic regions of Ukraine. (2014). DBN V.1.1-12: 2014. Official type. Kiev. Minregion Ukraine. 109.
2. *Scale of seismic intensity*. (2011). DBN V.1.1-28 ISO: 2010. Official type. Kiev. Minregion Ukraine. 47.
3. *Determination class consequence (responsibility) and the category complexity of construction*. (2013). DSTU-H B V.1.2-16:2013. Official type. Kiev. Minregion Ukraine. 41.
4. *General principles of reliability and structural safety of buildings, structures, constructions and foundations. System reliability and safety of construction*. (2009). DBN V.1.2-14-2009. Official type. Kiev. Minregion Ukraine. 48.
5. Kowalski L. M., Kuzmin G., Kowalska G. (2012). Arkhytekturne proektuvannia vysotnyh budivel' [Architectural designing tall buildings]. Zaporozhye: Privoz Print, 123.

6. Field C., Ko E. (2004). Connection performance of buckling restrained braced frames. The 13th World Conference on Earthquake Engineering. August 1-6. Vancouver. Canada. 1321.
7. Chao S. H., Bayat M. R., Goel S. C. (2008). Performance-based plastic design of steel concentric braced frames for enhanced confidence level. The 14th World Conference on Earthquake Engineering. October 12-17. Beijing. China. 157.
8. ATC - 40. (1996). Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings. Volume 1 and 2. Applied Technology Council. Report No. SSC 9 6-0 1. Seismic Safety Commission. Redwood City. CA. November. 19.
9. FEMA 273. (1997). Federal Emergency Management Agency. NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Washington. D.C. October. 17.
10. FEMA 356. (2000). Prestandard and commentary for the seismic rehabilitation of buildings. American Society of Civil Engineers. Washington. D.C. November. 120.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ СВЯЗИ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ В СЕЙСМИЧНО АКТИВНЫХ ЗОНАХ

Е. А. Бакулин, В. М. Бакулина, Н. А. Костыра

Аннотация. При строительстве каркасных зданий в сейсмично опасных зонах Украины возникают сейсмические и инженерные риски их разрушения. Сейсмостойкость объекта зависит от множества факторов.

Одним из основных факторов есть конструктивная схема каркаса здания. Каркас воспринимает все сейсмические действия которые составляют наиболее опасный вид динамической нагрузки. Количество комбинированных вариантов каркасных схем весьма много и они разнообразны по несущей способности, жесткости, гибкости. В каркасных зданиях восприятие и распределение нагрузки обеспечивают связи и типы их соединений с конструктивными элементами. В рамно-связевых каркасах можно выделить три системы сейсмической защиты: пассивную, активную и комплексную. Каркасы, укрепленные связями от продольного выгиба, значительно увеличивают сейсмостойкость здания. Устройство гидравлических связей обеспечивает поглощение энергии сейсмических колебаний и уменьшает горизонтальные нагрузки. Применение податливого узлового соединения связей обеспечивает диссипацию энергии колебаний. Эффективную сейсмическую защиту обеспечивают конструкции демпфирования – гашения колебаний. Современная методика нелинейного статического расчета строительных объектов позволяет учитывать влияние высших форм колебаний, взаимодействия в системе "основание – фундамент – наземная часть здания".

Ключевые слова: землетрясение, сейсмостойкость, каркас, соединения, связи, нагрузки, демпфер, сейсмозащита, акселерограмма

VERTICAL BRACES OF FRAME BUILDINGS IN ACTIVE SEISMIC ZONES

Ye. A. Bakulin, V. M. Bakulina, N. A. Kostyra

Abstract. *During the construction of frame buildings in seismic dangerous zones of Ukraine there are seismic and engineering risks of their destruction. Seismic resistance object depends on numerous factors.*

One of the main factors is a structural scheme of the building frame. The frame accepts all the seismic activities that are the most dangerous type of dynamic load. The amount combination variants of structural schemes are very much and they varied in load-bearing capacity, rigidity, flexibility. The braces of load frame buildings provide load perception and distribution in accord with types of their connections with structural elements. In the frame-shear wall structures can be divided into three seismic protection systems: passive, active and complex. Frames, those are firmed by braces from longitudinal bending, significantly increase the earthquake resistance of buildings. The hydraulic braces installation provides absorption of seismic energy and reduces horizontal loads. Application of a turning joint for brace connection provides vibration energy dissipation. Effective seismic protection is provided by damping structures – putting out oscillation. Modern methods of non-linear static analysis of construction projects takes into account the impact of higher vibration modes, interaction in the "base – foundation – superstructure" system.

Key words: *earthquake, seismic resistance, load-bearing skeleton, connections, braces, loads, damper, earthquake protection, accelerogram*