

УДК 624.042.7: 624.138.26(045)

О.В. Родченко, асп.  
Л.А. Ляшенко, студ.

## ДОСЛІДЖЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ЗАПАСУ ПАЛІ ЗА УМОВИ ЗБІЛЬШЕННЯ СЕЙСМІЧНОСТІ ДІЛЯНКИ

*Досліджено коефіцієнт запасу палі за умови збільшення сейсмічності ділянки з шести до семи балів. Унаслідок розрахунку в ПК Мономах трьох будівель з різними конструктивними схемами при сейсмічних навантаженнях шість та сім балів виведено коефіцієнт запасу палі та встановлено характер його зміни залежно від конструктивних особливостей будівлі.*

*Research the coefficient of supply of pile is conducted subject to the condition increase of seismic of site from six to seven marks. As a result of calculation in the ПК Мономах of three buildings with different structural charts at the seismic loadings six and seven marks were shown out coefficient of supply of pile and character of his change is set depending on the structural features of building.*

**коефіцієнт запасу палі, поєднання завантажень, сейсмічність ділянки**

### Вступ

Сейсмологічні умови будівництва внаслідок обводнення території, використання слабких або просідаючих ґрунтів та інших особливостей рельєфу місцевості мають постійну тенденцію до підвищення бальності сейсмічних дій.

Так в деяких областях було збільшено інтенсивність сейсмічних навантажень в середньому на 1 бал [1].

У зв'язку з цим актуальною темою є перевірка результатів розрахунку будівлі у разі ймовірного збільшення сейсмічності ділянки.

Специфічні особливості Українського сейсмічного району полягають у тому, що в зонах небезпечного прояву техногенних подій проживає близько 90 % населення України, а кожен п'ятий житель України (21,2 % населення) проживає у сейсмонебезпечному районі. Тенденція підвищення розрахункової сейсмічності споруд спостерігається в районах, які вважалися несейсмічними (Одеська область) або слабосейсмічними.

Землетрус характеризується короткими поштовхами, що тривають декілька секунд. Але цього часу досить, щоб зруйнувати всі слабоукріплені будівлі і споруди. Справжня причина землетрусів обумовлена переміщенням блоків земної кори, які найтіснішим чином пов'язані з тектонічними процесами. Ці сплески-удари поширюються від точки зрушення на величезні простори у вигляді детонаційних відголосів.

У Київській області не буває таких сильних землетрусів, які відбуваються у південних і західних районах країни, але тут може бути відгос землетрусів у 2–4 бали. Ці коливання нечасті, і вони в багатьох випадках не місцеві, а віддалене ехо сильнішого землетрусу.

Такі слабкі коливання не зможуть зруйнувати чи пошкодити будівлі або споруди. Але і вони небезпечні, оскільки здатні впливати на місцевий стан ґрунту.

Від детонації можуть виникнути зсув або осідання, спучення, що, у свою чергу, спричинить обрушення схилів, ярів, обвали, селі й лавини.

При цьому слабкі пласти ґрунту можуть або осісти на нижні, або підвестися, спричиняючи при цьому провали а, як наслідок осідають фундаменти, деформується основа будівель і споруд [2; 3].

### Аналіз публікацій

У публікації [4] було розглянуто проблеми нормування сейсмічної безпеки в Україні та основні положення проекту Національних норм України «Будівництво в сейсмічних районах України» (ДБН В. 1.1–2004).

Проект ДБН «Будівництво в сейсмічних районах України» порівняно з СНиП II – 7 – 81\* [5] ґрунтується на деяких принципіальних відмінностях, що враховують регіональні сейсмологічні особливості Українського регіону і відповідають сучасним концепціям норм ХХІ століття [4].

**Постановка завдання** – дослідження коефіцієнта запасу палі  $K_{зп}$  зі збільшенням сейсмічності ділянки з 6 до 7 балів та характер його зміни залежно від конструктивних особливостей будівель.

### Коефіцієнт запасу палі

Для розрахунку коефіцієнта запасу палі було прийнято три будівлі з різними конструктивними схемами (рис. 1).

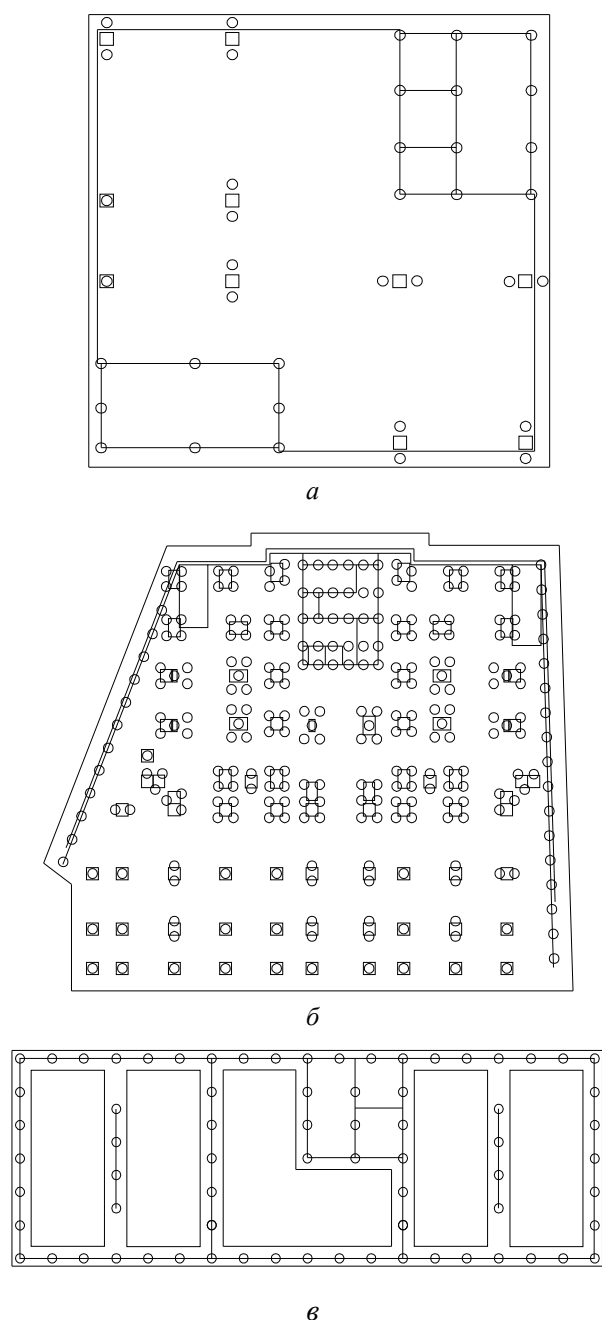


Рис. 1. Конструктивні схеми досліджуваних будівель:  
 а – 10-поверхова будівля, основні несучі елементи – колони (далі – схема I);

б – 24-поверхова будівля, основні несучі елементи – колони та пілони (далі – схема II);

в – 16-поверхова будівля, основні несучі елементи – стіни (далі – схема III)

Несучий шар ґрунту для досліджуваних об'єктів взято таким:

– піски кварцові, однорідні за гранульованим складом, насичені водою;

– палі буронабивні  $d = 600$  мм.

Розрахунок будівель проводили в ПК Мономах для сейсмічності ділянки 6 і 7 балів.

Для кожної палі наведено зусилля  $R_z$  за розрахунком.

Результати було розподілено на чотири групи залежно від поєднання завантажень, в яких є сейсмічні навантаження у різних напрямках:

I поєднання:

$$0,99\Pi + 0,96Д + 0,6К + 1С_1;$$

II поєднання:

$$0,99\Pi + 0,96Д + 0,6К - 1С_1;$$

III поєднання:

$$0,99\Pi + 0,96Д + 0,6К + 1С_2;$$

IV поєднання:

$$0,99\Pi + 0,96Д + 0,6К - 1С_2,$$

де

$\Pi$  – постійне навантаження;

$Д$  – тривале навантаження;

$К$  – короточасне навантаження;

$С_1$  – сейсмічне навантаження з напрямком за кутом  $0^\circ$ ;

$С_2$  – сейсмічне навантаження з напрямком за кутом  $90^\circ$ .

Для кожної групи виконано порівняння зусиль у палях за сейсмічності ділянки 6 і 7 балів шляхом співвідношення їх значень.

Мінімальне відношення  $R_{z7}/R_{z6}$  становило 0,74, максимальне відношення – 1,17.

Відношення  $R_{z7}/R_{z6}$  було розподілене на два інтервали: 0,74–1,0 і 1,0–1,17.

Розподіл відносної частоти відношення  $R_{z7}/R_{z6}$  по інтервалах з урахуванням поєднання завантажень наведено у табл. 1.

Отже, для подальшого аналізу було взято відношення  $R_{z7}/R_{z6}$  більші за одиницю.

Таблиця 1

Відносна частота розподілу відношення  $R_{z7}/R_{z6}$  за інтервалами

Конструктивна схема	Поєднання завантажень	Відносна частота розподілу відношення $R_{z7}/R_{z6}$ за інтервалами, %	
		0,74–1,0	1,0–1,17
I	I	44	56
	II	44	56
	III	28	72
	IV	50	50
II	I	34	66
	II	66	34
	III	18	72
	IV	72	18
III	I	50	50
	II	50	50
	III	46	54
	IV	54	46

Порівняльні діаграми зусиль у палях за сейсмічності ділянок 6 і 7 балів з урахуванням поєднання завантажень зображено на рис. 2. Точки на діаграмах позначені зусилля у палях.

Для кожного поєднання завантажень та для кожної конструктивної схеми будівель побудовано лінійну залежність

$$R_{z7} = K_{зп} R_{z6},$$

де

$R_{z7}$  – зусилля у палях у разі сейсмічності ділянки 7 балів;

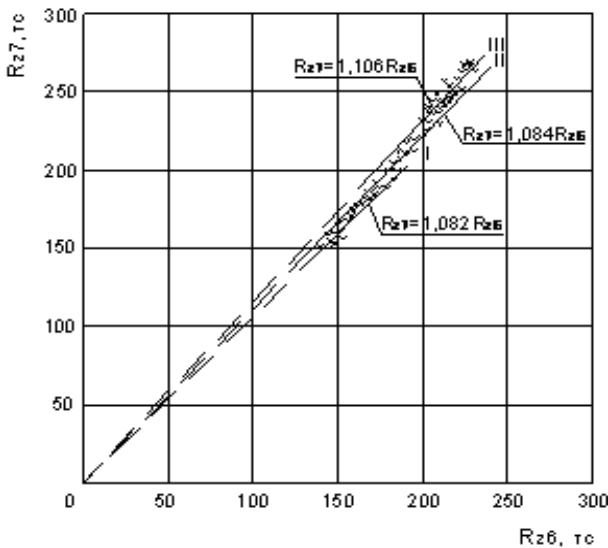
$K_{зп}$  – емпіричний коефіцієнт, отриманий зі співвідношення на основі статистичної обробки розрахункових даних;

$R_{z6}$  – зусилля у палях у разі сейсмічності ділянки 6 балів.

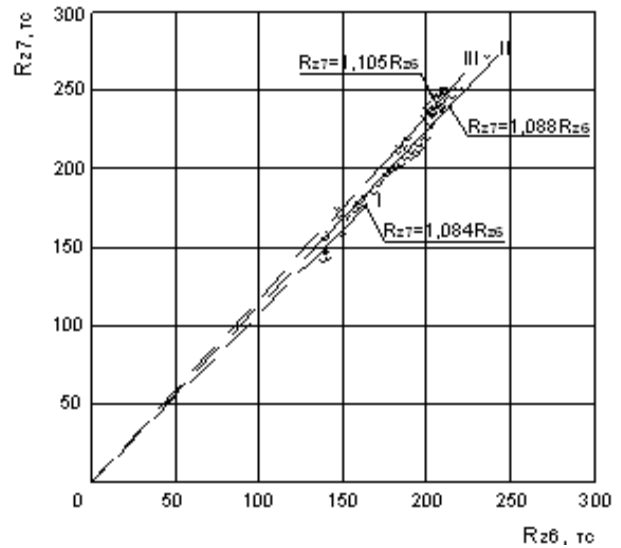
Основні статистичні параметри, отримані під час оброблення значень  $R_{z6}$  і  $R_{z7}$  (середнє квадратичне відхилення, коефіцієнт варіації, коефіцієнт кореляції між  $R_{z6}$  і  $R_{z7}$ ) наведено в табл. 2.

Значення середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації невеликі, величини кореляції перебувають у межах від 0,73 до 0,99 і близькі до одиниці.

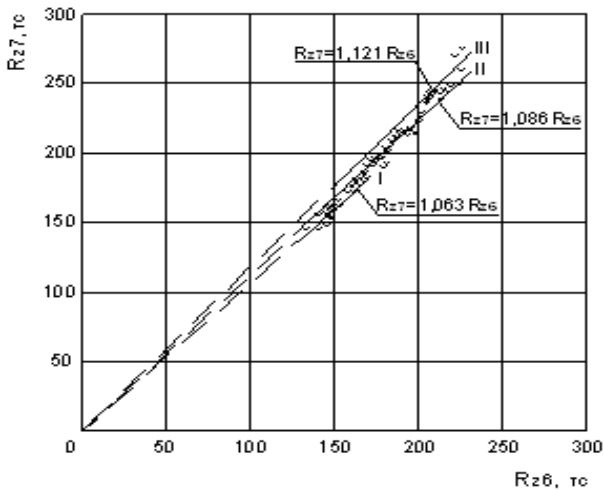
Ці показники свідчать про високий ступінь взаємозв'язку зусиль в палях у разі сейсмічності ділянки 6 і 7 балів.



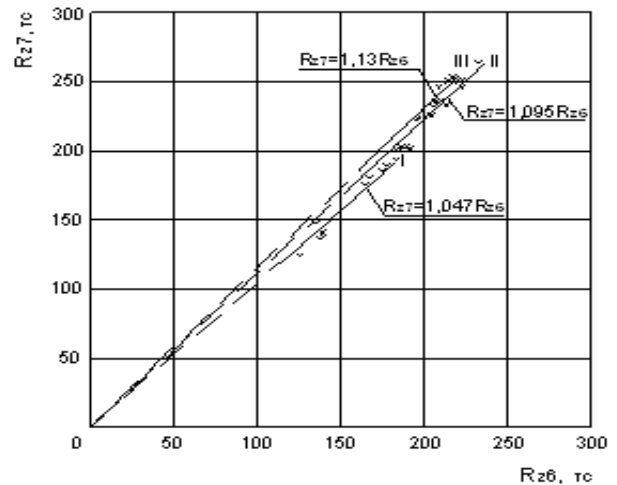
a



б



в



г

Рис. 2. Діаграми зусиль у палях:  
 а – I поєднання завантажень;  
 б – II поєднання завантажень;  
 в – III поєднання завантажень;  
 г – IV поєднання завантажень

Таблиця 2

Основні статистичні параметри відношення  $R_{z7}/R_{z6}$ 

Поєднання завантажень	Середнє квадратичне відхилення $R_{z7}/R_{z6}$	Коефіцієнт варіації, $R_{z7}/R_{z6}$ , %	Кореляція між $R_{z6}$ і $R_{z7}$	Інтервал мак-симальної частоти розподілу $R_{z7}/R_{z6}$	Коефіцієнт отри-маний методом найменших квадратів $K = R_{z7}/R_{z6}$	Довірчий інтервал для $K_{zn}$ за критерієм Пірсона і Стьюдента
I конструктивна схема						
I	0,04	3,6	0,99	1,0–1,17	1,082	1,05–1,09
II	0,06	5,8	0,89	1,0–1,17	1,084	1,05–1,09
III	0,03	3,1	0,92	1,0–1,17	1,063	1,05–1,09
IV	0,06	5,6	0,98	1,0–1,17	1,047	1,05–1,09
II конструктивна схема						
I	0,03	2,3	0,99	1,0–1,17	1,084	1,08–1,1
II	0,03	2,6	0,97	1,0–1,17	1,088	1,08–1,1
III	0,03	2,4	0,96	1,0–1,17	1,086	1,08–1,1
IV	0,03	2,8	0,93	1,0–1,17	1,095	1,08–1,1
III конструктивна схема						
I	0,04	3,3	0,81	1,0–1,17	1,106	1,1–1,13
II	0,04	3,5	0,77	1,0–1,17	1,105	1,1–1,13
III	0,06	5,4	0,83	1,0–1,17	1,121	1,1–1,13
IV	0,05	4,8	0,73	1,0–1,17	1,130	1,1–1,13

За розподілом Стьюдента отримано двосторонні інтервали для коефіцієнтів за довірчої ймовірності 95 %.

Наведемо приклад практичного використання коефіцієнта запасу палі  $K_{zn}$ . Розглянемо результати розрахунку 24-поверхової будівлі, основні несучі елементи колони та пілони. Розрахунок було проведено у ПК Мономах для сейсмічності ділянки 6 балів у Києві.

Для аналізу розрахунку беремо ростверк Рсм-1, що розміщується під найбільш навантаженою колоною 500×500 мм.

Зосереджене навантаження, що передається на ростверк, становить 520 тс.

За результатами польових досліджень несуча здатність буронабивної палі ( $d = 600$  мм,  $l = 20$  м) становить 160 тс.

Несучим шаром ґрунту вважають: пісок дрібний, щільний, вологонасичений.

Отже, конструкція фундаменту для цієї колони буде такою: 4 палі  $d = 600$  мм,  $l = 20$  м та ростверк 3×3×0,8 м (рис. 3).

Згідно з розрахунком зусилля у палях  $R_{z6}$  у разі сейсмічності ділянки 6 балів:

- 1)  $R_{z6} = 142$  тс;
- 2)  $R_{z6} = 156$  тс;
- 3)  $R_{z6} = 133$  тс;
- 4)  $R_{z6} = 143$  тс.

Отже, за результатами розрахунку будівлі у разі сейсмічності ділянки у 6 балів вибране конструктивне рішення ростверку з палями є правильним. За умови збільшення сейсмічності ділянки з 6 до 7 балів потрібно розрахункові зусилля в палях  $R_{z6}$  за сейсмічності 6 балів помножити на коефіцієнт запасу палі  $K_{zn}$ , характерний для другої конструктивної схеми (несучими елементами будівлі є колони та пілони). Тоді зусилля в палях за сейсмічності 7 балів матимуть такі значення:

- 1)  $R_{z7} = R_{z6}K_{zn} = 142 \cdot 1,1 = 156,2$  тс;
- 2)  $R_{z7} = R_{z6}K_{zn} = 156 \cdot 1,1 = 171,6$  тс;
- 3)  $R_{z7} = R_{z6}K_{zn} = 133 \cdot 1,1 = 146,3$  тс;
- 4)  $R_{z7} = R_{z6}K_{zn} = 143 \cdot 1,1 = 157,3$  тс.

Отже, розрахункове зусилля у палі 2 у разі введення коефіцієнта  $K_{zn}$  більше від її несучої здатності; потрібно вжити заходи зі збільшення несучої здатності палі і відповідно зміцнення конструкції ростверку.

Пропонуються такі способи вирішення цієї проблеми:

- збільшити несучу здатність палі, змінивши її геометричні характеристики, наприклад, збільшивши діаметр;
- розглянути зміну конструкції ростверку, наприклад, увівши додаткову п'яту палу.

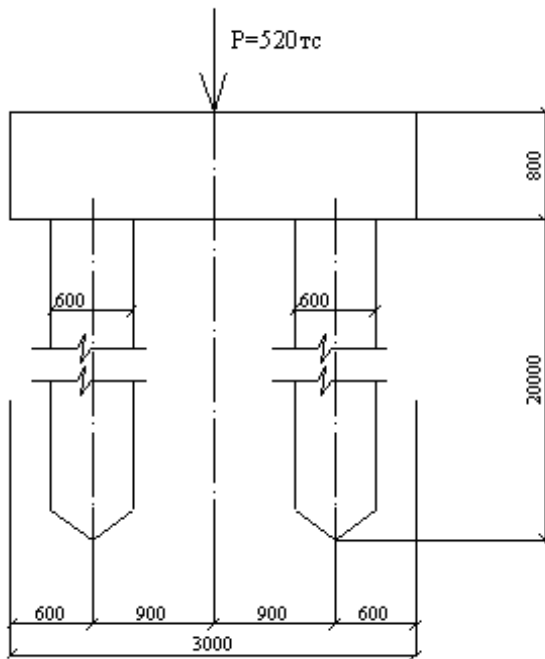
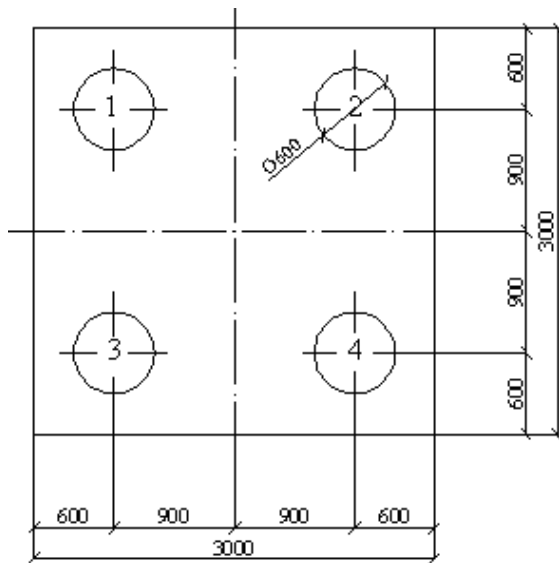


Рис. 3. Конструкція ростверку Рсм-1

## Висновки

Аналізуючи результати розрахунку коефіцієнта запасу палі  $K_{зп}$  зі збільшенням сейсмічності ділянки з 6 до 7 балів, можна зробити висновки, що залежність коефіцієнта запасу палі  $K_{зп}$  від конструктивної схеми будівлі:

– для каркасу з несучими елементами колонами  $K_{зп} = 1,05-1,09$ ;

– для каркасу з несучими елементами колонами та пілонами  $K_{зп} = 1,08-1,1$ ;

– для каркасу зі стіновими несучими елементами  $K_{зп} = 1,1-1,13$ .

Отже, коефіцієнт запасу палі  $K_{зп}$  беруть у діапазоні 1,05–1,13.

Доцільне введення коефіцієнта запасу палі  $K_{зп}$  зі збільшенням сейсмічності ділянки у ДБН «Будівництво в сейсмічних районах України», адже за незначних матеріальних витрат значно підвищується надійність будівлі. А це і є найголовнішим у будівництві.

## Література

1. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. – К.: Мінбуд України, 2006. – 78 с.
2. Уздин А.М. Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства зданий и сооружений / А.М. Уздин. – С.-Пб.: ВНИИГ им. Б.Е.Веденеева, 1993. – 176 с.
3. Гаскин В.В. Сейсмостойкость зданий и транспортных сооружений / В.В. Гаскин. – Иркутск: ИрГУПС, 2005. – 76 с.
4. Немчинов Ю.И. Особенности строительства в сейсмических районах Украины и совершенствование норм проектирования зданий и сооружений / Ю.И. Немчинов // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. – 2000. – №1. – С. 8–15.
5. СНиП II-7-81 Строительство в сейсмических районах. – М.: Стройиздат, 1985. – 50 с.

Стаття надійшла до редакції 04.06.09.