

УДК 624.042.7

**ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОГО ТА СПЕКТРАЛЬНОГО
МЕТОДІВ ПРИ РОЗРАХУНКУ БУДІВЕЛЬ ПІДВИЩЕНОЇ
ПОВЕРХОВСТІ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИНАМИЧНОГО И СПЕКТРАЛЬНЫХ МЕТОДОВ
ПРИ РАСЧЕТЕ ЗДАНИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЭТАЖНОСТИ**

**APPLICATION OF DYNAMIC AND SPECTRAL METHODS IN THE
CALCULATION OF HIGH-RISE BUILDINGS**

Валовой О.І., к.т.н., проф., Єрьоменко О.Ю. к.т.н., Валовой М.О. к.т.н.
(Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг)

Валовой А.И., к.т.н., проф., Ерёменко А.Ю. к.т.н., Валовой М.А. к.т.н.
(Криворожский национальный университет, г. Кривой Рог)

Valovoy O.I., candidate of technical sciences, professor, Eryomenko O.Yu,
candidate of technical sciences, Valovoy M.O., candidate of technical
sciences, (Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih)

Описані динамічний та спектральний методи оцінки сейсмостійкості споруд. Виконано дослідження впливу поверховості будівлі на її сейсмічну стійкість. Зроблено порівняння результатів отриманих за динамічною та спектральною методиками розрахунку.

Описаны динамический и спектральный методы оценки сейсмостойкости сооружений. Выполнено исследование влияния этажности здания на его сейсмическую устойчивость. Сделано сравнение результатов полученных по динамической и спектральной методиками расчета.

Describes the dynamic and spectral methods for estimating seismic stability of buildings. Study the effect of the number of storeys of the building on its seismic stability. Done to compare the results obtained by the dynamic and spectral methods of calculation.

Ключові слова:

**Сейсмостійкість, динамічні навантаження, підвищена поверховість.
Сейсмостойкость, динамические нагрузки, повышенная этажность.
Seismic stability, dynamic loads, high-rise.**

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Зростання цін на ділянки придатні для будівництва обумовлює прагнення замовників до підвищення корисної площі за рахунок збільшення поверховості будівлі. З урахуванням того, що монолітне житлове будівництво надає більше можливостей для архітектурних надмірностей і є найбільш популярним, для досліджень в даній статті був прийнятий саме такий тип будівлі.

Згідно вимог діючих норм [1], для будівель особливо відповідальних і висотою більше 16 поверхів розрахунки потрібно виконувати з використанням інструментальних записів прискорення основи при землетрусі, найбільш небезпечних для даної будівлі або споруди, а також синтезованих акселерограм тобто динамічним методом розрахунку. Остання вимога передбачає собою не проектну роботу, а науково-дослідну, оскільки вибір розрахункових акселерограм є досить складним процесом. У зв'язку з тим, що реалізація динамічного методу вимагає досить серйозного дослідження, постає питання - наскільки добре ця реалізація представляє весь процес, а також викликає певну зацікавленість порівняння отриманих результатів зі спектральним методом.

Аналіз досліджень і публікацій. Розрахунки будівель і споруд на сейсмічну дію виконуються з використанням двох методів:

- спектрального методу;
- прямого динамічного методу із застосуванням інструментальних записів прискорень ґрунту при землетрусах або стандартного набору синтезованих акселерограм.

Спектральна методика оцінки сейсмостійкості споруд є основною в нормах більшості країн. Ця методика базується на досвіді минулих землетрусів і забезпечує необхідну сейсмостійкість споруд шляхом використання при розрахунку емпіричної системи розрахункових коефіцієнтів. Це дозволяє по різному трактувати не тільки результати, а й вихідні посилки нормативної методики.

Динамічний розрахунок споруди не оперує згаданою системою коефіцієнтів і його достовірність забезпечується ступенем достовірності вихідних посилок і методики оцінки сейсмостійкості.

Методи динамічного розрахунку несучих систем виробничих будівель в пружній і пластичній стадіях викладені в роботах [2, 3, 4]. У цих методах розрахунок несучої системи проводиться в два етапи:

- на першому етапі несуча система розчленовується на окремі елементи. Кожен елемент розраховується окремо на місцеву дію безпосередньо прикладених динамічних навантажень при відсутності переміщень будівлі в цілому;
- на другому етапі розглядається деформування будівлі в цілому, яке представляється системою з масами, зосередженими в рівнях перекриттів і

покриття. На цьому етапі визначаються додаткові (кінематичні) впливи на окремих елементах.

У роботі Б.С. Расторгуєва викладена найбільш універсальна методика розрахунку залізобетонних стрижневих елементів і несучих систем на дію короткочасного динамічного навантаження з урахуванням впливу спільної роботи елементів споруд. Викладений метод є синтезом методу переміщень та теорії коливань стрижнів і дозволяє розраховувати стрижневі плоскі і просторові несучі системи з урахуванням їх роботи як в пружній, так і в пластичній стадіях.

Багато досліджень, присвячені проблемі роботи залізобетонних споруд при короткочасних динамічних впливах, розглядають лише розрахунок окремих несучих елементів. Однак, експериментальні дослідження показали, що такий розрахунок не відображає фактичну несучу здатність споруд в цілому - фактична несуча здатність виявляється вище теоретичної. Це пов'язано з тим, що несучі елементи працюють спільно і робота одного елемента впливає на роботу інших елементів. Останнім часом велися дослідження, спрямовані на застосування розрахункових схем, які б більш точно відображали спільну роботу елементів споруди. У дослідженнях [5, 6, 3, 7, 8, 4] викладені методики розрахунку несучих конструкцій будівлі з урахуванням впливу їх спільної роботи: вплив зсуву її опор, яке може викликатися осадкою фундаменту внаслідок деформації ґрунту основи, вплив деформації перекриття на переміщення всієї споруди. У згинальних елементах розпір, що виникає внаслідок обмеженого зміщення опорних перерізів, робить істотний вплив на підвищення їх несучої здатності [6, 8].

Постановка завдання. Метою дослідження був аналіз існуючих експериментальних даних [3, 4, 8] та отриманих шляхом математичного моделювання [10] стосовно впливу поверховості будівель на зміну напружено-деформованого стану будівлі, а також порівняння спектрального та динамічного методів розрахунку.

Викладення матеріалу та результати. Для дослідження зміни напружено-деформованого стану будівлі залежно від зростання поверховості були створені моделі різної поверховості, які були завантажені статичним та динамічним навантаженнями, а потім проведено їх лінійний розрахунок [10]. Наявність результатів спектрального методу для аналогічних геометричних моделей дозволяє провести порівняльний аналіз закономірностей поведінки будівлі при різних підходах до розрахунку. Можливість накладення графіків і діаграм робить це зіставлення більш наочним.

Динаміка зміни напружено-деформованого стану зі зростанням поверховості будівлі та порівняння даних за динамічним та спектральним методами розрахунку наведено на рис. 1, 2.

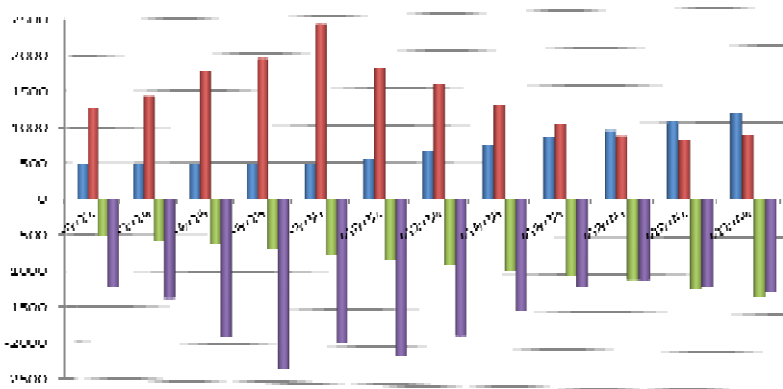


Рис.1. Зміна максимальних напружень зі зростанням поверховості будівлі.

- - додатні напруження (Спектр. метод), кПа·10;
- - додатні напруження (Динам. метод), кПа·10;
- - від'ємні напруження (Спектр. метод), кПа·10;
- - від'ємні напруження (Динам. метод), кПа·10.

Аналіз діаграми (рис. 1) свідчить про те, що напруження при зростанні поверховості змінюються за синусоїдою. Спочатку, відбувається поступове зростання напружень з ростом поверховості, але при певній висоті і постійній жорсткості простежується зменшення напружень [10]. Це може обумовлюватися тим що консольний стержень починає деформуватися як елемент що працює на згин, завдяки переважанню жорсткості на згин над зсувною.

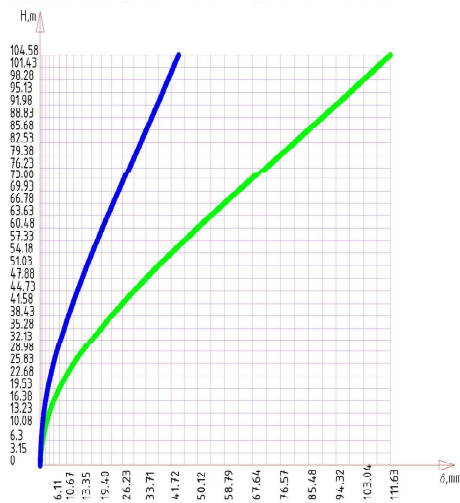
Висновки та напрямок подальших досліджень.

Дослідження наведених графіків та діаграми дозволяє зробити висновок, що динамічний метод дає результати, які перевищують результати отримані за спектральною методикою. Порівняння проводилося за максимальною амплітудою синусоїди [10].

Переміщення по осі x порівнювалося при поверховості $+12 = 34$. Було отримано перевищення результатів динамічного методу на $233,17\%$.

Переміщення по осі y порівнювалося при поверховості $+8 = 30$. При цьому перевищення результатів динамічного методу склало близько $140,95\%$.

а)



б)

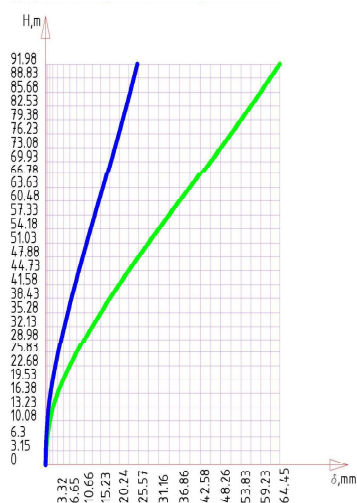


Рис.2. Графік переміщення по осі x (а) та по осі y (б) при розрахунку динамічним та спектральним методами.

■ - спектральний метод.

■ - динамічний метод.

Розтягуючі зусилля порівнювалися при поверховості $+8 = 30$. При порівнянні отримано перевищення результатів динамічного методу на 216,1%.

Стискаючі зусилля порівнювалися при поверховості $+6 = 28$. Перевищення результатів динамічного методу склало 235,4%.

Слід зазначити, що робити висновки про доцільність використання того чи іншого методу, тільки на підставі приведенного одного розрахунку було б помилкою. В умовах відсутності наукового супроводу проектування в будівництві і відсутності даних про випробування будівель та споруд, динамічний метод можна сприймати не як альтернативу, а як доповнення до нормативного методу для особливо відповідальних споруд.

1. ДБН В.1.1-12:2006 Будівництво у сейсмічних районах України. Міністерство будівництва, архітектури та житлово- комунального господарства України – Київ, 2006. – 80 с. 2. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Забегаев А.Б. Расчет конструкции на динамические специальные нагрузки. - М.: Высшая школа, 1992. - 319 с. 3. Расторгуев Б.С. Прочность железобетонных конструкций зданий взрывоопасных производств и специальных сооружений, подверженных кратковременным динамическим воздействиям: Дисс. докт. техн. наук. - М, 1987. - 360 с. 4. Расторгуев Б.С. Предельные динамические нагрузки для каркасных производственных зданий

при внешних взрывах // Труды МИСИ -Динамика железобетонных конструкций и сооружений при интенсивных кратковременных воздействиях - М: МИСИ, 1992, с. 18-37. 5. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Расчет конструкций специальных сооружений. М.: Стройиздат 1990. с. 207. 6. Попов Н.Н., Расторгуев Б.С. Вопросы расчета и конструирования специальных сооружений. М.: Стройиздат 1980. с. 190. 7. Боданский М.Д., Горшков Л.М., Морозов В. И., Расторгуев Б.С. Расчет конструкций убежищ. Москва: Стройиздат 1974. с.208. 8. Забегаев А.В. Расчет железобетонных конструкций на действие кратковременных динамических нагрузок с учетом смещений опор. Автореф. дисс. канд.техн.наук. - М., 1977. - 19 с. 9. Немчинов Ю.В. Особенности строительства в сейсмических районах Украины и совершенствование норм проектирования зданий и сооружений. – Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений, №1, 2000. –С. 8-15. 10. Исследование прочности и устойчивости высотного монолитного здания на сейсмические воздействия динамическим методом // Научно-исследовательская работа. Кишинёв: ТУМ, 2010. – 68 с.