

Засновники: Мінрегіонбуд України,
ПАТ "КиївЗНДІЕП", УДНДІ "Діпромiсто", ДП "Укрархбудiнформ",
Академія будівництва України, Творча науково-технічна спілка будівельників України

ЗМІСТ

СТІНОВІ КОНСТРУКЦІЇ

А.М. Галинський, А.А. Франівський, О.В. Сиротин

ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ СТЕН МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ
ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ 2

НОРМАТИВНА БАЗА

В.І. Дешко, Г.Г. Фаренюк, О.М. Шевченко

МЕТОДИЧНІ НАПРЯМКИ ГАРМОНІЗАЦІЇ З ЄВРОПЕЙСЬКИМИ
СТАНДАРТАМИ ЧИННИХ НОРМ ІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ БУДІВЕЛЬ 7

В.В. Куцевич

ПІДПРИЄМСТВА ХАРЧУВАННЯ. АРХІТЕКТУРНА ТИПОЛОГІЯ,
ПРОЕКТУВАННЯ І СУЧАСНА НОРМАТИВНА БАЗА 11

П.Т. Матченко

МЕТОДИКА ПЕРЕВІРКИ БЕТОНУ, ЗВИЧАЙНОЇ І ПОПЕРЕДНЬО НАПРУЖЕНОЇ
АРМАТУРИ НА ВТОМУ У ВІДПОВІДНОСТІ З ПОЛОЖЕННЯМИ ДБН В.2.6-98
І ДСТУ Б В.2.6-156 18

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

М.С. Барабаш, І.О. Усольцев

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ
ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ 24

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Ю.Л. Носовський, С.В. Ветрикуш

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВОДОЗАТРИМУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ
СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ 28

І.С. Субота, С.А. Бондаренко, С.А. Громченко

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КЕРАМИЧЕСКИХ
МАСС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО СЫРЬЯ 32

НАУКА – БУДІВНИЦТВУ

**О.М. Лівінський, Е.А. Головаш, В.А. Бурлай,
Е.С. Малкін, А.А. Синельниченко, Н.І. Ганзюк,
Е.Н. Коровін**

ЗАХИСТ ОСТРОВА ТУЗЛА ВІД РУЙНУВАННЯ МОРСЬКИМИ
ХВИЛЯМИ 33

С.Я. Билоус, Н.И. Тимофеев

УСИЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОСНОВАНИЙ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ
ЗДАНИЙ 39

Генчо Паничаров

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ТРУБОПРОВОДОВ КАСКАДНОГО СБРОСА
КОНДЕНСАТА НА ТЭС И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ 43

На 1-й та 4-й стор. обкладинки: *Готельно-розважально-туристичний комплекс із яхт-клубом, набережною і житловою забудовою на набережній Назукіна, 41 у м. Севастополі – переможець конкурсу "Кращі будинки і споруди, збудовані та прийняті в експлуатацію в Україні у 2010 р." у номінації "Об'єкти дозвілля та відпочинку".*

- ♦ Передрук матеріалів дозволяється тільки за письмовою згодою редакції.
- ♦ Редакція може не поділяти точки зору авторів.
- ♦ Відповідальність за підбір та висвітлення фактів у статтях несуть автори.
- ♦ За зміст реклами відповідає рекламодавець.
- ♦ Журнал "Будівництво України" віднесено ВАКом України до видань, у яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт.

ОСОБЛИВОСТІ МОДЕЛЮВАННЯ ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

М.С. Барабаш, к.т.н., І.О. Усольцев

Київ

Висотне будівництво в Україні розпочалося лише у XXI ст., але за короткий час збудовано та проектується понад 100 будівель. Велика щільність забудови і вартість землі в найбільш розвинених містах України (зокрема, у столиці) спонукають інвесторів до спорудження будівель підвищеної поверховості.

Зі збільшенням висоти споруда підпадає під вплив динамічних навантажень. Висотне будівництво вимагає від проектувальників нових підходів для підвищення міцності та стійкості будівель. З розвитком технологій будівництва та винайденням нових легких будівельних матеріалів вага будівель значно зменшилася. Іноді сумарне вітрове навантаження навіть перевищує вагу споруди. Невірний розрахунок на дію вітру або сейсмічні навантаження може призвести до значних пошкоджень або навіть до руйнування будівлі. Методи розрахунку, які не беруть до уваги такі чинники, як шаруватість ґрунту, вплив взаємодії фундаменту з ґрунтовою основою при сейсмічних впливах на форми власних коливань, корекція коефіцієнтів динамічності по місцевості тощо, не можуть застосовуватися для проектування висотних будівель. Державні стандарти та

запропоновані у них розрахункові методи не завжди дозволяють врахувати ці особливості та пропонують спрощені розрахунки. Також потребують уваги складові вітрового навантаження на місцевості в залежності від висоти споруди (наприклад, коефіцієнт аеродинамічності та напрямку вітру може значно різнитися від нормативного). При будівництві малоповерхових будівель таке навантаження можна було представити у вигляді динамічного коефіцієнта під час статичних розрахунків. Але висотні будівлі більш чутливі до турбулентності вітрового потоку, пульсації вітру, неоднорідності вітрового потоку і зміні напрямку вітру за висотою тощо. Все це потребує наукових пошуків та вдосконалення існуючих методик. Розрахунки висотних будівель доцільно проводити з моделюванням динамічних навантажень та врахуванням аеродинамічних характеристик¹.

Метою досліджень є представлення результатів впливу динамічних сил, а саме вітрового та сейсмічного навантажень на стійкість висотної будівлі та виконання чисельного моделювання будівлі за допомогою сучасних комп'ютерних технологій, а також надання рекомендацій щодо конструювання типової багатоповерхової будівлі, розташованої в зоні впливу динамічних навантажень.

Розрахунок та чисельне моделювання виконано з використанням експериментально підтвердженої фізико-математичної моделі та статистичних даних по Україні та м. Києву на базі експериментальних досліджень². Загалом проведено два розрахунки – згідно з існуючими будівельними нормами України³ та з внесеними

¹ Смирнов А.Ф., Александров А.В., Лашеников Б.Я., Шапошников Н.Н. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. – М.: Стройиздат. 1984. – 415 с.

Зельдич Е.И. Нелинейная устойчивость пространственных деформируемых тел. – М.: Стройиздат. 1979. – 39 с.

Айзенберг Я.М. Развитие концепций и норм антисейсмического проектирования // Сейсмостойкость зданий и сооружений: Проблемные доклады. Строительство и архитектура. – М: Госстрой России, ВНИИТПИ. – 1997. – 45с.

Ермилова Е.Н. Расчёт сооружений с учётом случайных напряжений ветра. – М.: МИСИ, 1981. – 21 с.

² Маценко А.М. Взаємодія будівель і споруд з ґрунтовою основою при динамічних та сейсмічних впливах. – К.: 2001.НДІБК. – 14 с.
Лопатка С.С. Методи оцінювання вертикальних профілів вітрового навантаження на висотні будівлі і споруди. – Львів: 2005. ЛДАУ. – 17 с.

Кузнецов С.Г. Вітрова дія на висотні будівлі в умовах міської забудови. – Мажієвка: 2009. ДонНАБА. – 34 с.

Мазер Радван Напружено-деформований стан багатоповерхових будівель на багатошаровій основі при сейсмічних впливах. – Х: ХДТУБА. 2009. – 20 с.

³ ДБН В.1.2-14-2009. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2009. – 30 с.

ДБН В.1.2-2:2006 СНББ. Навантаження і впливи. Норми проектування. – К.: Мінбуд України, 2006. – 75 с.

Байков В.Н., Сигалов Э.Е. Железобетонные конструкции. Общий курс. – М.: Стройиздат. 1985. – 728 с.

змiнами до нормативних коефiциєнтiв пiсля дослiдження вiтрового та сейсмичного навантаження.

Теоретичнi вишукування. Сейсмичнi навантаження. Досить часто конструктор, спрощуючи розрахункову схему, вводить багато рiзних припущень, таких як: розрахунок надземної частини будiвлi виконується з введенням опорних закрiплень на рiвнi верху фундаментної плити; фундаментна плита розраховується окремо на навантаження вiд надземної частини. Такий пiдхiд багато в чому iгнорує просторову роботу каркаса i ефекти, пов'язанi з урахуванням сумiсної роботи каркаса з ґрунтовою або пальною основою. Сучаснi програмнi комплекси (ПК ЛІРА-САПР, ПК МОНОМАХ-САПР) дозволяють розраховувати конструкції висотних будiвель з урахуванням їх просторової роботи i виявляти численнi ефекти, якi необхідно враховувати при конструюванні.

Якщо розглядати висотну будiвлю як масивну та жорстку споруду, то виникає питання щодо її взаємодії з ґрунтовою основою. Пропонується застосовувати методикку визначення перiодiв i форм власних коливань будiвель та споруд при розрахунку сумiсно з ґрунтовою основою, методикку урахування маси фундаменту споруди при розрахунках параметрiв власних коливань споруд. На рис. 1 представлено розрахункову схему споруди, на яку дiють динамiчнi навантаження, у виглядi консольного стрижня з рiвномiрно розподiленою масою $m(x)$ по висотi i зосередженою масою фундаменту m_ϕ в основi, а також її комп'ютерну модель. Жорсткiсть будiвлi при власних коливаннях визначається деформацiями вигину EI i зсуву GF , а жорсткiсть ґрунтової основи моделюється коефiциєнтами пружного рiвномiрного зсуву K_y i пружного нерiвномiрного стиску K_ϕ . Така динамiчна модель будiвлi може використовуватися для визначення перiодiв i форм власних поступальних коливань, необхідних для розрахункiв горизонтального сейсмичного та вiтрового навантажень.

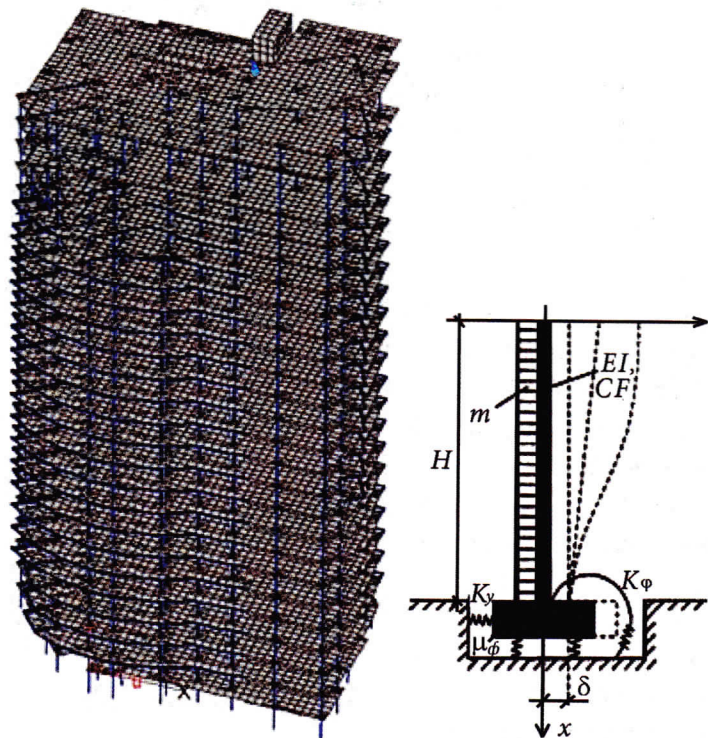


Рис. 1. Динамiчна розрахункова схема системи.

Для побудови частотних рiвнянь коливань пружних стрижнiв застосовується метод початкових параметрiв у матричнiй формi. Диференцiальне рiвняння власних поперечних коливань розглянутої динамiчної системи представлено у видi:

$$\frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \frac{m(x)}{EI} \cdot \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} - \frac{m(x)k_1}{GF\gamma_{np}} \cdot \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^2 \partial t^2} = 0. \quad (1)$$

Перiод власних коливань запропонованої моделi рекомендується визначати за формулою

$$T_i = \frac{2\pi H^2}{\alpha_i^2} \sqrt{\frac{m}{EI} (1 - \lambda \alpha_i^2)}. \quad (2)$$

Для перевiрки достовiрностi запропонованого методу проведено розрахунки динамiчних характеристик споруд при подальшому порiвняннi результатiв розрахункiв iз результатiми, отриманими за методом скiнченних елементiв (МСЕ). Порiвняння результатiв розрахункiв за запропонованим методом з теоретичними даними показало гарний збiг. Перiоди коливань за основною формою вiдрiзняються мiж собою не бiльш ніж на 7 %.

При визначенні сейсмічних навантажень коефіцієнт динамічності β_i в залежності від розрахункового періоду власних коливань T_i споруди за i -м тоном рекомендується визначати згідно з рис. 2 (на основі аналізу інструментальних та згенерованих акселерограм (землетруси в горах Вранча, Румунія). Експериментально встановлені графіки спектральних коефіцієнтів динамічності побудовані з використанням наборів трикомпонентних інструментальних записів прискорень ґрунту основи, згенеровані Інститутом геофізики НАНУ.

В усіх випадках значення β_i треба приймати не менше 0,8.

Слід зазначити, що зміна розрахункових сейсмічних зусиль при врахуванні спільної роботи системи "споруда – фундамент – основа" не може бути цілком віднесена за рахунок коефіцієнта динамічності β_i . Оскільки при врахуванні впливу основи істотно змінюється форма коливань і, відповідно, вплив коефіцієнта власних форм h_j також значний.

Дуже часто основа фундаментної плити має яскраво виражену нерівномірну жорсткість, обумовлену наявністю карстів, нерівномірними властивостями ґрунтів, підвищеною жорсткістю ґрунту і паль у периферійних зонах плити та іншими чинниками, що суттєво впливають на напружено-деформований стан фундаментної плити і верхніх конструкцій будівлі. Але головною особливістю її роботи є можливість забезпечення спільної роботи з усіма вище розташованими несучими елементами каркаса, а також з пальовою або ґрунтовою основою. Коректне використання цієї можливості дозволяє значно поліпшити властивості міцності конструкції з одночасним зменшенням матеріалоемності.

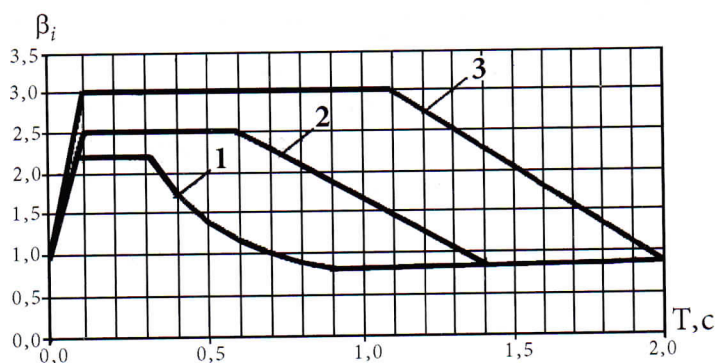


Рис. 2. Графіки спектральних коефіцієнтів динамічності.

За допомогою чисельних методів проведений аналіз впливу шаруватості основи на сейсмічні сили системи "основа – фундамент – споруда", яка також впливає на будівлю через коефіцієнт форми власних коливань будівлі η_{ki} і спектральний коефіцієнт динамічності β_i , що залежить від категорії ґрунту за сейсмічними властивостями, а також від періоду i -го тону власних коливань споруди.

Вітрові навантаження. Вплив напрямку вітру на величину вітрового навантаження та вертикальний профіль вітрового навантаження на території України мало досліджувалися, хоча ці фактори враховано в нормах вітрового навантаження деяких країн Європи. Чинні норми навантажень ДБН В.1.2-2:2006 характеризуються досить грубим територіальним районуванням та неузгодженістю з нормами європейських країн.

Зміна напрямку вітру по м. Києву може сягати до 80° на 100 м. Тобто, звичайна двовимірна задача перетворюється на тривимірну (рішення у вигляді суперпозиції сил з 2-х площин вже не підходить). Це вже просторова задача коливань. Необхідно ретельно досліджувати цей фактор для кожної місцевості, тому що помилка у встановленні вірного коефіцієнта експозиції у $\pm 14\%$ може призвести до зміни згинальних моментів на 100% між крайніми значеннями.

Наявність будівель поряд із забудовою призводить до виникнення неоднакового тиску по вертикальному профілю. При цьому тиск на нижні поверхи може збільшуватися на 50%, а середньоквадратичні відхилення збільшуються у 2 рази порівняно з будівлею на відкритій місцевості. Також висотна будівля може зазнавати впливу від хвильових ефектів вітрового потоку – дисперсії (резонансу), інтерференції, на значення вітрових навантажень. Будівля як перешкода для нормального потоку повітря створює хвилі. Вона слугує когерентним джерелом. Між недалеко розташованими будівлями спостерігається явище інтерференції, тобто підсилення хвиль

між ними. Таке явище спотворює розрахунки для будівлі через несподівані значення вітрового навантаження з підвітряної сторони. Також непередбачувано ведуть себе вихорі, що зриваються з краю будівлі. Все це має вплив на значення коефіцієнта аеродинамічності, який дуже слабо описаний при нормативному розрахунку.

Пропонується інженерний метод визначення додаткових хвильових вітрових навантажень на висотні будівлі і навколишню забудову (рис. 3). Метод враховує стан повітряного середовища, геометричні розміри області, розміри джерел хвилеутворення, перенесення енергії підвітряними хвилями з урахуванням ефектів дисипації і загасання. Додаткове хвильове навантаження на будівлю збільшується у разі симетричного розташування "будівель-джерел", однакових геометричних розмірів будівель, збільшення їх кількості, причому навантаження зростає за квадратичною залежністю.

Швидкісний напір на висоті z можна обчислити, використовуючи квадратичну залежність вітрового тиску, прийняту в ДБН:

$$q_n^c(z) = q_0 C_h(z) C_{aer} \beta, \quad (3)$$

де $q_n^c(z)$ – швидкісний напір на висоті z , Па;

$$q_0 = \frac{1,23 (v_{10})^2}{2} - \text{швидкісний напір на висоті}$$

$$10 \text{ м, Па; } C_h(z) = \left(\frac{z}{10}\right)^{2\alpha} - \text{коефіцієнт експозиції;}$$

C_{aer} – аеродинамічний коефіцієнт форми споруди; β – коефіцієнт пориву вітру; α – параметр зміни вітру з висотою.

Висновок. Результати досліджень показали, що додаткові вишукування на місцевості мають велике значення для висотного будівництва. Так як нормативна база для висотних споруд вище 75 м ще не досліджена у повному обсязі, у цей час ведуться численні дослідження щодо сейсмічних та вітрових навантажень як одних із найбільш небезпечних динамічних впливів.

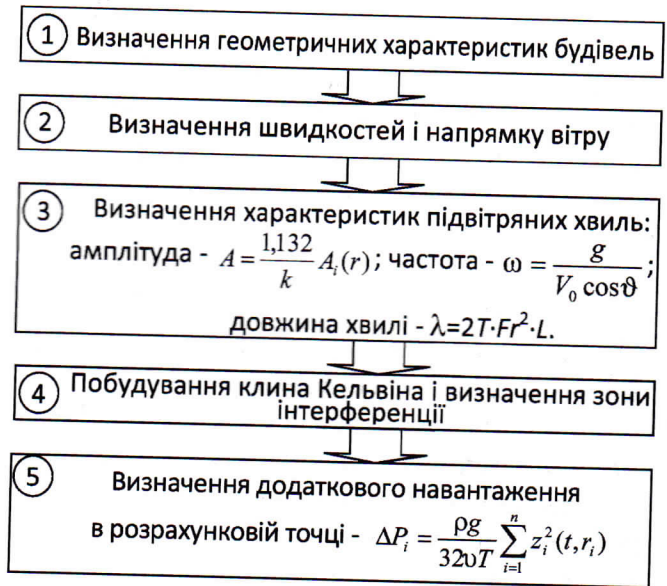


Рис. 3. Блок-схема інженерного методу визначення додаткових вітрових навантажень.

Введення нових коефіцієнтів аеродинамічності та врахування зміни напрямку вітру дозволили покращити точність розрахунку – різниця з розрахунками за ДБН сягає 20-30 % через недооцінювання або, навпаки, переоцінювання значень вітрового навантаження на будівлю. Розгляд шаруватості ґрунту та перегляд спектральних коефіцієнтів динамічності дозволили провести корекцію у розрахунках на сейсмічні дії. Таким чином, у верхніх колонах можна зменшити кількість арматури на 8-10 %, у нижніх колонах її необхідно збільшити на 5-8 %. Монолітні стіни вимагають збільшення армування у нижніх поверхах на 10-15 %, фундамент – збільшення армування на 15-20 %.