

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи, проведення практичних занять
та виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ДИНАМІКА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»

*(для студентів 5, 6 курсів денної та заочної форм навчання,
а також слухачів другої вищої освіти
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

**Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2018**

Методичні рекомендації до організації самостійної роботи, проведення практичних занять та виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Динаміка будівельних конструкцій» (для студентів 5, 6 курсів денної та заочної форм навчання, а також слухачів другої вищої освіти спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад. Є. Г. Стоянов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 21 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. Є. Г. Стоянов

Рецензент В. С. Шмуклер, доктор технічних наук, професор кафедри будівельних конструкцій Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою будівельних конструкцій, протокол № 5 від 29 січня 2018 р.

ЗМІСТ

Вступ. Загальні положення	4
1 Порядок вивчення дисципліни	5
2 Тематика практичних занять. Рекомендовані для розгляду задачі	12
3 Розрахунково-графічна робота	15
Список рекомендованих джерел	20
Додаток А Завдання для виконання розрахунково-графічної роботи.....	21

ВСТУП. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Проектування будівель і споруд на сучасному етапі неможливе без урахування динамічних впливів. Це пов'язано із зростанням динамічних навантажень від машин, кранів і іншого устаткування, вібраціями, ударами і виробничими вибухами як елементами технологічного процесу.

Підвищена увага до динаміки пов'язана також з розвитком технологічних процесів, що потребують зниження рівню вібрацій, використанням точних вимірювальних приладів і спеціального лабораторного обладнання при наукових дослідженнях.

Одна з найважливіших технічних задач – забезпечення такого рівня вібрацій, що є допустимими з санітарно-гігієнічної точки зору.

Тому при проектуванні споруд треба враховувати не тільки статичні, але й динамічні впливи і навантаження.

Для практичних динамічних розрахунків будівель і споруд використовують різні довідники, інструкції і учбову літературу.

В цих методичних вказівках наведені рекомендації щодо самостійного вивчення дисципліни «Динаміка будівельних конструкцій», використання того мінімуму літературних джерел, що дозволяють виконувати практичні динамічні розрахунки будівель, споруд і конструкцій, що найчастіше зустрічаються в будівельній практиці.

Самостійна робота студентів складається з роботи над літературними джерелами, розгляданні прикладів, що наведені в посібниках, вирішенні практичних задач та виконанні розрахунково-графічної роботи «Визначення величин сейсмічних сил для будівель і споруд».

1 ПОРЯДОК ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Динаміка будівельних конструкцій» містить в собі дві принципові частини (змістові модулі ЗМ1 і ЗМ2). В першій частині вивчаються основні положення динамічних розрахунків: термінологія, види динамічних навантажень, розрахункові динамічні схеми споруд. В другій частині вивчаються методи проектування будівель і споруд при сейсмічних навантаженнях.

Припускається, що студенти в достатній мірі володіють знаннями курсів, що вивчались раніше (теоретична механіка, опір матеріалів, будівельні матеріали і конструкції, основи вищої математики).

Студенти повинні орієнтуватись в таких поняттях як

- вільні (власні) і вимушені коливання;
- частота і кругова частота коливань;
- період коливань;
- амплітуда коливань;
- основний закон гармонічних коливань;
- швидкість та прискорення при коливаннях.

У першому змістовому модулі (ЗМ 1) вивчаються такі теми (навчальні елементи):

- 1) нормування коливань;
- 2) розрахункові динамічні схеми будівель і споруд;
- 3) розрахунок споруд і конструкцій при дії періодичних і імпульсивних навантажень;
- 4) коливання систем з кількома ступенями свободи та з нескінченним числом ступенів свободи;
- 5) віброізоляція будівельних конструкцій.

При вивченні теми «Нормування коливань» студент повинен знати, що допустимий рівень коливань при динамічних навантаженнях визначається фізіологічним впливом коливань на людей, несучою здатністю конструкцій при коливаннях і впливом коливань на технологічний процес. Іноді до цих умов додають обмеження динамічних деформацій.

Допустимі рівні коливань для виробничих підприємств з різними режимами роботи, громадських і житлових будівель не можуть бути однаковими. Ці рівні визначені Державними санітарними нормами України (ДСН 3.3.6039-99). За цими нормами визначені допустимі амплітуди переміщень, швидкості або прискорення коливань [4].

Допустимий рівень коливань для забезпечення несучої здатності конструкції визначається її міцністю і витривалістю при роботі на сумісну дію статичних і динамічних навантажень.

Для більшості будівельних конструкцій характерні низькочастотні коливання (до 100 гц), і розподіл допустимих коливань відбувається по шести смугам (у гц): 2; 4; 8; 16; 31.5; 63, для яких допустимі значення параметрів коливань визначені в [4].

В сучасних літературних джерелах наведені допустимі значення параметрів коливань для виробничих підприємств при загальній і локальній вібрації, а також для офісних і житлових приміщень.

Обмеження рівня коливань, що пов'язане з несучою здатністю споруд, або з динамічними деформаціями конструкцій, приймають в тих випадках, коли відсутні вимоги за санітарними або технологічними нормами.

При розгляданні теми «Динамічні навантаження і розрахункові схеми» студент повинен чітко усвідомлювати вид динамічного навантаження і мету динамічного розрахунку. Метою кожного динамічного розрахунку є виконання умов обмеження коливань відповідно до існуючих норм, що вказані в розділі «Нормування коливань».

У практичних розрахунках для кожного типу динамічного навантаження визначаються ті параметри, по яких виконують порівняння з допустимими параметрами.

Всі динамічні навантаження підрозділяють на періодичні і імпульсивні. Особливе місце займають сейсмічні впливи.

Зі свого боку, періодичні навантаження підрозділяють на три типи:

- навантаження від машин із конструктивно неврівноваженими рухомими частинами;
- навантаження від машин з номінально врівноваженими рухомими частинами;
- навантаження від руху оброблюваного матеріалу.

При виконанні динамічних розрахунків треба мати технічний паспорт машини, що передбачається встановити на конструкцію. З цього паспорта треба використати такі дані, як число обертів ротора в хвилину (в секунду), вагу всієї машини, вагу рухомої частини машини (при відсутності даних приймають вагу рухомої частини машини як 40 % від повної ваги машини). Для машин імпульсивної дії треба знати такі дані як повна вага машини, найбільша величина ударного навантаження (або імпульс сили удару), тривалість удару і форму імпульсу.

В деяких випадках дані бувають відсутні (наприклад, при аварійному падінні конструкції). В цих випадках треба знати висоту падіння, а форму імпульсу приймати самостійно таку, що дає найбільшу деформацію.

Після визначення характеру динамічного навантаження треба обрати розрахункову динамічну схему споруди (конструкції).

Розрахункову динамічну схему рекомендується приймати найпростішою. Основні спрощення полягають в тому, щоб число ступенів свободи в схемі було мінімальним. Для плоскої задачі число ступенів свободи визначається числом мас, на які розчленовується споруда.

Кількість мас, в свою чергу, визначається кількістю машин, що встановлені на споруді, кількістю поверхів будівлі, кількістю вузлів в споруді.

Для оволодіння методикою практичного розрахунку споруд від дії динамічних навантажень треба спочатку оволодіти такими поняттями, як можлива похибка в визначенні власних коливань ε_0 , нижня і верхня межі частотної зони (ω' , ω''), частота вимушених коливань θ , затухання коливань, непружний опір.

Основний випадок розрахунку при періодичних навантаженнях – це розрахунок на резонанс. Резонансні явища виникають, якщо частота вимушених коливань збігається з частотою власних коливань в межах частотної зони. Залежно від різниці між частотами власних і вимушених коливань амплітуди коливань споруди можуть бути більшими або меншими, або необмежено зростаючими. Ці амплітуди визначають за формулою

$$U_{\text{дин}} = \mu U_{\text{ст}},$$

де $U_{\text{ст}}$ – прогин системи при статичній дії збурюючої сили;

μ – коефіцієнт динамічності:

$$\mu = 1 / (1 - (\theta / \omega)^2).$$

Частота власних коливань споруди залежить від її жорсткості. Тому в практичних розрахунках задача полягає в тому, щоб підібрати такі геометричні характеристики споруди, які допоможуть уникнути резонансу.

Динамічні розрахунки, як правило, виконують після закінчення статичних розрахунків, коли геометричні розміри перерізів і армування вже визначені. В динамічному розрахунку розміри перерізів перевіряються. Якщо ці розміри при перевірці дають $\omega = \theta$, то їх треба корегувати. Цю задачу вирішують методом послідовних наближень.

Таке явище, як затухання коливань, позитивно впливає на поведінку конструкції, що знаходиться в білярезонансній зоні.

З урахуванням затухання коливань коефіцієнт динамічності вже не може бути нескінченно зростаючим. Найбільша його величина може досягати 20...25.

При розрахунку споруди на дію імпульсивних навантажень головною задачею є визначення амплітуди динамічного переміщення від удару z . Це

переміщення може бути визначене двома методами: методом динамічного коефіцієнта і методом коефіцієнта імпульсивності. У кожній методиці використовують графіки, що представлені в літературних джерелах [7, 8, 10].

При виконанні практичних розрахунків рекомендують використовувати метод динамічного коефіцієнта при $\tau^* = \tau/T = 1 \dots 10$, а метод коефіцієнта імпульсивності – при $\tau^* = 0.01 \dots 0.5$,

де τ – тривалість імпульсу;

T – період власних коливань споруди, по якій відбувається удар.

При періодичних імпульсах важливо знати величину переміщення споруди в будь-який момент часу. Тут велике значення має коефіцієнт внутрішнього тертя γ як параметр затухання. В загальному випадку для n імпульсів з періодом T_0 рішення записується як сума всіх функцій $\sum z(t)_i$ від усіх імпульсів.

При дії періодичних імпульсів можливий імпульсний резонанс, коли відношення періоду імпульсів до періоду власних коливань споруди T_0/T – ціле число. Ефект резонансу тим сильніший, чим це число (коефіцієнт кратності) менше.

При самотійному вивченні питань коливань при імпульсному навантаженні рекомендується розглянути задачу рухомого навантаження, де це навантаження приймається як «скакаючі» миттєві сили [5, 7].

Особливу увагу треба звернути на розрахунок фундаментів з динамічними навантаженнями. До цих конструкцій пред'являють жорсткі вимоги щодо переміщень.

Розрахунок фундаментів під машини періодичної або імпульсної дії є дуже складним, бо залежить від багатьох параметрів як самого фундаменту так і ґрунтових умов [3].

Для розрахунку фундаментів під машини треба знати всі технічні характеристики машини і тип ґрунту. Попередньо треба самотійно прийняти розміри подошви фундаменту і його висоту. Розрахунок складається в перевірці

допустимості переміщень. Задача вирішується методом послідовних наближень.

Приклад розрахунку масивного фундаменту наведено в [7, 8].

При самостійному вивченні рекомендується розглянути принципи розрахунку фундаментів при груповій установці машин на одному або різних достатньо близько розташованих фундаментах [3].

Розглядання теми (елементу змістового модуля) «Коливання систем з кількома ступенями свободи» є дуже важливою. При вивченні цього елемента студент повинен розуміти, що в більшості динамічних задач розглядаються саме системи з кількома ступенями свободи (наприклад, багатоповерхові будівлі). Для таких систем визначаються частоти і форми власних коливань. Кількість цих частот відповідає кількості ступенів свободи. Ці частоти визначають з частотного (вікового) рівняння.

Форми коливань визначають для кожної з отриманих частот із системи алгебраїчних рівнянь. Для вирішення задачі треба попередньо визначити одиничні переміщення споруди δ_{ik} , що залежать від її конструктивної схеми і жорсткості. Амплітуди вимушених коливань споруди визначають з модифікацій частотного рівняння [7, 8].

Елемент змістового модуля «Коливання систем з нескінченним числом ступенів свободи» носить теоретичний характер і рекомендується для самостійного вивчення. При вивченні предмету розрахунку систем з нескінченним числом ступенів свободи треба розглянути приклади розрахунку [7] і усвідомити, що не всі задачі мають закінчене математичне розв'язання (збіжність результату).

Розглядання елемента «Віброізоляція будівельних конструкцій» складається з усвідомлення необхідності віброізолювання, яке може бути силовим (активним) або кінематичним (пасивним), і розрахунку віброізоляції.

Рекомендується цю тему розглядати в такій послідовності:

- можливі схеми віброізоляції;
- типи віброізоляторів, матеріали для віброізоляції;

- визначення необхідної жорсткості і кількості віброізоляторів;
- перевірка динамічних параметрів коливань віброізольованої системи відповідно нормативним рекомендаціям.

У другому змістовому модулі (ЗМ 2) вивчаються питання проектування будівель і споруд в сейсмічних районах.

Для самостійної роботи пропонується робота з літературними джерелами [2, 5, 6, 7, 11] і виконання розрахунково-графічної роботи.

При самостійній роботі рекомендується така послідовність вивчення предмету:

- 1) термінологія, природа і шкали землетрусів;
- 2) принципи статичної і динамічної теорій визначення сейсмічних сил;
- 3) спектральний та прямий методи динамічної теорії, коефіцієнт динамічності;
- 4) визначення сейсмічної сили для системи з однією масою;
- 5) визначення величин сейсмічних сил для системи з кількома ступенями свободи;
- 6) існуючі спрощення в розрахунку і практичне визначення сейсмічних сил;
- 7) конструктивні заходи для сейсмозахисту будівель і споруд.

При розгляданні предмету студент повинен орієнтуватись на існуючі нормативи [2].

Літературні джерела для самостійної роботи наведені в загальному списку.

2 ТЕМАТИКА ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЛЯ РОЗГЛЯДУ ЗАДАЧІ

1 Нормування коливань для будівельних конструкцій

На практичних заняттях розглядаються основні поняття теорії коливань (амплітуди, частоти. Фази коливань, швидкості та прискорення при коливаннях, типи коливань).

З усього загального можливого спектру коливань в будівельних конструкціях можуть реалізовуватись частоти тільки в шести октавних смугах (від 2 до 63 гц). Для кожної з цих октавних смуг допустимі параметри коливань регламентуються Державними санітарними нормами України ДСН 3.3.6039-99 залежно від призначення приміщень або споруд і типу вібрацій (загальні або локальні).

Студентам пропонуються приклади обмежень параметрів коливань для різних конструкцій і приміщень. Студенти також вивчають загальний порядок виконання динамічних розрахунків.

2 Визначення частот власних коливань

Розглядаються різні елементи будівельних конструкцій, що представлені як системи з однією ступеню свободи. Надаються приклади визначення частот власних коливань для балочної системи (для коливань у вертикальному напрямку) і для системи з горизонтальними коливаннями (системи типу вежі або водонапірної башти).

Пропонуються різні варіанти вирішення задачі (через одиничні переміщення, статичні прогини та ін.).

Для студентів заочної форми навчання та слухачів другої вищої освіти пропонується один варіант визначення частоти власних коливань балки.

3 Визначення частот і амплітуд коливань будівельних конструкцій при дії періодичних та імпульсивних навантажень

Головним випадком при розрахунку систем від дії періодичних навантажень є розрахунок на резонанс. Резонансні явища можливі, якщо частота вимушених коливань знаходиться в інтервалі частотних смуг від нижньої до верхньої з урахуванням величини можливої похибки в коливаннях у межах 0.15...0.35.

Студентам надаються приклади урахування затухання коливань і розглядається задача визначення динамічних коефіцієнтів для конструкцій з різними жорсткостями.

Розглядаються задачі визначення амплітуд коливань при дії імпульсивного навантаження при наявності всіх параметрів імпульсивного навантаження і при відсутності усіх початкових даних (наприклад, при падінні конструкцій).

Студенти заочної форми навчання та слухачі другої вищої освіти розглядають один приклад розрахунку конструкції від дії періодичного навантаження і один приклад розрахунку конструкції від дії імпульсивного навантаження.

4 Розрахунок масивного фундаменту

Масивний фундамент має шість ступенів свободи, тому його розрахунок є досить складним. Для практичного розрахунку вводять декілька припущень. Що спрощують рішення задачі. Студентам пропонується вирішення задачі динамічного розрахунку фундаменту масивного типу від дії періодичного навантаження. В задачі визначаються частоти і амплітуди коливань фундаменту і порівнюються з допустимими згідно до ДСН.

5 Визначення частот і амплітуд коливань для системи з кількома ступенями свободи

Якщо система має декілька ступенів свободи, то кількість форм власних коливань відповідає кількості ступенів свободи. Форми власних коливань визначаються умовними координатами X_1, X_2, \dots, X_n (для кожної форми).

Для визначення усього спектру частот komponується матриця-рівняння (частотне або вікове рівняння). До складу матриці входять одиничні переміщення δ_{ik} , що залежать від жорсткості конструкції чи споруди. В деяких випадках при використанні симетрії задача стає більш простішою, і тоді для визначення переміщень можливо використовувати прості формули.

Студентам пропонується декілька задач із формуванням матриці частотного рівняння і визначення частот для симетричних задач.

Для студентів заочної форми і слухачів другої вищої освіти ці розрахунки не розглядаються.

6 Розрахунок віброзахисту конструкції фундаменту

Розглядається задача віброізоляції масивного фундаменту від електричного двигуна за заданим коефіцієнтом віброзахисту (коефіцієнтом передачі). Віброізоляція приймається пружинною. При розв'язанні задачі визначаються частоти коливань віброізованої системи в різних напрямках при заданій амплітуді зусилля, що дозволяють уникнути резонансу.

Студенти заочної форми навчання та слухачі другої вищої освіти цей розділ розглядають самостійно.

7 Визначення сейсмічних сил для малоповерхової будівлі

Розглядається будівля деякої конструктивної системи, що має 4...6 поверхів, для якої можливо урахувати тільки першу форму власних коливань і прийняти лінійний розподіл сейсмічних сил за висотою будівлі.

Студенти визначають вагу кожного поверху, коефіцієнти сейсмічності залежно від місцевості з тією чи іншою сейсмічністю, динамічний коефіцієнт β , коефіцієнти $K_1, K_2, K_3, K_{гр}$ і величини сейсмічних сил S_k для кожного поверху.

3 РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНА РОБОТА

Розрахунково-графічна робота виконуються на тему «Визначення сейсмічних сил для малоповерхового будинку».

Студенту пропонується визначити величини сейсмічних сил для кожного поверху будинку, розташованого в зоні сейсмічної активності з інтенсивністю 6...9 балів за шкалою MSK-64.

Варіанти для розрахунку наведені в додатку.

Величини сейсмічних сил винаходять за загальними формулами відповідно до сучасних норм [2].

Висота будинків обмежена 6 поверхами, тому в практичному розрахунку рекомендується використовувати тільки першу форму сейсмічних коливань. Для цього випадку загальна формула сейсмічних сил

$$S_k = a_o Q_k \beta \eta_k K_1 K_2 K_3 K_{ep} \quad (1)$$

де k – номер поверху, для якого визначається величина сейсмічної сили;

a_o – відносне прискорення ґрунту, що залежить від розрахункової інтенсивності (табл. 1);

Q_k – вага поверху разом із тимчасовим навантаженням (кН);

β – спектральний коефіцієнт динамічності;

K_1 – коефіцієнт, що враховує непружні деформації і локальні пошкодження споруди (табл. 2);

K_2 – коефіцієнт, що враховує тип і призначення будівлі (табл. 3);

K_3 – коефіцієнт, що враховує поверховість будівлі (при кількості поверхів більше $n = 5$) і визначається за формулою:

$$K_3 = 1 + 0.04 (n - 5); \quad K_{3 \max} = 1,6,$$

де K_{ep} – коефіцієнт, що враховує нелінійні деформації ґрунту (табл. 4);

η_k – коефіцієнт, що залежить від місця розташування навантаження.

Таблиця 1 – Розрахункові відносні прискорення a_o

Інтенсивність I, бали	6	7	8	9
a_o	0.05	0.1	0.2	0.4

Таблиця 2 – Коефіцієнт K_l

[illegible]

Таблиця 3 – Коефіцієнт K_2

№ з/п	Характеристика споруди	Величина K_2
1	Особливо відповідальні й унікальні споруди	1,5
2	Споруди з одночасним перебуванням великої кількості людей; будівлі і споруди, експлуатація яких необхідна при землетрусі або під час ліквідації його наслідків	1,4
3	Будівлі лікарень, шкіл, дитячих садків, вузів	1,3
4	Висотні споруди невеликих розмірів в плані (башти, димові труби, ліфтові шахти) при співвідношенні висоти споруди H до її ширини B , рівному або більшому 5, і великопролітні споруди ($L \geq 30$ м)	1,4
5	Каркасні будівлі, стінове заповнення яких не впливає на їх деформативність - при співвідношенні висоти стояків h до їх поперечного розміру b в напрямі дії сейсмічного навантаження, що дорівнює або більше 25, - при $h / b \leq 15$	1,4 1,0
6	Житлові і виробничі будинки	1,0

Таблиця 4 – Коефіцієнт K_{ep}

Категорія ґрунту	Сейсмічність району (бали)			
	6	7	8	9
I	1,0	1,2	1,3	1,4
II	1,0	1,0	1,0	1,0
III	1,0	0,8	0,75	0,7
IV	За даними спеціальних досліджень			

Для визначення сейсмічних сил студент повинен попередньо визначити всі компоненти, що входять в (1).

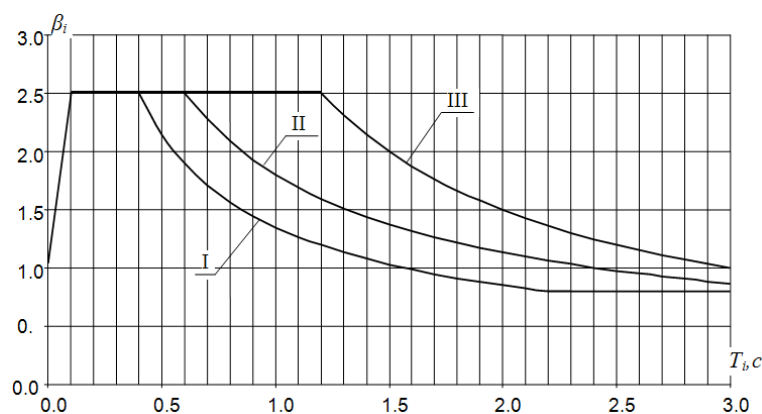
Так, коефіцієнт a_o треба взяти з таблиці 1 залежно від інтенсивності землетрусу, що дається у вихідних даних.

Вага поверху умовно приймається як сума постійного навантаження від власної ваги і тимчасового навантаження. Для будівель громадського призначення ця величина в середньому дорівнює $3.5 \dots 5 \text{ кН/м}^3$. Маючи габарити будівлі у вихідних даних, можна визначити вагу кожного поверху.

Коефіцієнти K_1 , K_2 , K_{ep} визначаються з таблиць 2, 3, 4. В контрольній роботі студент самостійно приймає будь-яку категорію ґрунту.

Спектральний коефіцієнт динамічності β приймається залежно від періоду першої форми власних коливань споруди та від категорії ґрунту за графіком $\beta - T$ (рис. 1) [2, 7, 8].

Для будинків, що мають 3...6 поверхів, період першої форми власних коливань для ґрунту I та II категорій знаходиться в межах $0.3 \dots 0.5 \text{ с}$; при цьому коефіцієнт β за графіком $\beta - T$ має максимальну величину 2.5 [2]:

Рисунок 1 – Графік $\beta - T$

Період власних коливань визначається залежно від конструктивної схеми будівлі за формулами:

- для цегляних , блочних і панельних будівель і будівель з легкого бетону

$$T = 0.06 \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{2L+H}} , \quad (2)$$

- для будівель в'язної системи із залізобетонними діафрагмами

$$T = 0.08 \frac{H}{\sqrt{L}} \sqrt{\frac{H}{L+H}} , \quad (3)$$

- для будівель рамної системи із залізобетонним каркасом

$$T = 0.09 \frac{H}{\sqrt{L}} , \quad (4)$$

- для будівель зі сталевим каркасом

$$T = 0.1 \frac{H}{\sqrt{L}} . \quad (5)$$

У цих формулах H, L – відповідно висота й ширина будівлі.

Для спрощення розрахунків рекомендується прийняти лінійний розподіл сейсмічних сил по висоті, коли коефіцієнт

$$\eta_k = 3k / (2n + 1) , \quad (6)$$

де k – номер поверху;

n – кількість поверхів.

Можливо також використовувати експериментальні залежності періодів власних коливань T першої форми від висоти будівлі H (м) для залізобетонних каркасних та безкаркасних будівель:

- каркасні: $T = 0.055H^{0.77}$;
- з монолітними стінами: $T = 0.013H$;
- панельні: $T = 0.033H^{0.81}$.

У розрахунково-графічній роботі повинні бути обгрунтовані всі прийняті рішення, необхідні схеми й малюнки:

- схема будинку;
- розрахункова динамічна схема;
- прийнята пружна лінія деформацій;

- сейсмічні сили;
- конструктивні рішення характерних вузлів для заданої конструктивної схеми будівлі (2...4 вузли).

Після визначення сейсмічних сил на всіх поверхах можна визначити зусилля у всіх перерізах будинку і далі виконувати розрахунок конструктивних елементів (каркасу, діафрагм жорсткості та ін.).

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия. – Киев : Минстрой Украины, 2006. – С. 59.
2. ДБН В.1.1-12:2014. Строительство в сейсмических районах Украины. – Киев: Минрегионстрой Украины, 2014. – С. 117.
3. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. – М. : Стройиздат, 1988. – С. 41.
4. ДСН 3.3.6039-99. Державні санітарні норми України. – Київ : 1999.
5. Безухов Н. И. Устойчивость и динамика сооружений / Н. И. Безухов, О. В. Лужин, Н. В. Колкунов. – М. : Высшая школа, 1987. – С. 260.
6. Поляков В. С. Современные методы сейсмозащиты зданий / В. С. Поляков, Л. Ш. Килимник, А. В. Черкашин. – М. : Стройиздат, 1989. – С. 319.
7. Стоянов Е. Г. Динамика строительных конструкций / Е. Г. Стоянов, Ю. Е. Стоянов. – Харьков, ХГАГХ, 1999. – С. 105.
8. Стоянов Є. Г. Динаміка будівельних конструкцій. – Харків, ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. – С. 98.
9. Новак С. М. Защита от вибраций и шума в строительстве / С. М. Новак, А. С. Логвинец. – Киев. : «Будівельник», 1990. – С. 181.
10. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика. Под ред. Б. Г. Коренева. – М. : Стройиздат, 1984. – С. 303.
11. Поляков С. В. Сейсмостойкие конструкции зданий / С. В. Поляков. – М. : Высшая школа, 1983. – С. 304.

ДОДАТОК А

Завдання для розрахунково-графічної роботи «Визначення сейсмічних сил для малоповерхового будинку»

№ з/п	Студент	Розм. в плані (м)	h _{пов} (м)	Кільк. пов.	Вага 1 м ³ з тимчасовим навантаж. (кН)	Конструктивна схема будинку	Сейсмічність (бали)
1		10x27	3.3	4	4.1	Моноліт. залізобет.	8
2		12x30	3.6	3	4.5	В'язна система	9
3		11x28	3.4	6	4.2	Рамна залізоб.система	6
4		13x31	3.3	4	4.4	В'язна система	8
5		12x28	2.9	5	4.3	Стальний каркас	9
6		10x30	3.7	3	4.5	Моноліт. залізоб.	8
7		12x26	3.9	4	4.2	Рамна залізоб.система	7
8		12x40	3.7	4	4.5	Стальний каркас	9
9		11x42	4.0	3	4.6	Рамна залізоб.система	8
10		13x31	3.8	4	4.7	В'язна система	6
11		12x41	3.9	6	4.1	Цегляний	8
12		14x27	4.1	3	5.0	Монолітний залізоб.	7
13		12x29	4.5	4	4.9	Панельний	9
14		10x36	3.8	5	5.1	Блочний	8
15		14x30	3.3	4	4.2	Стальний каркас	9
16		13x29	3.6	3	5.4	В'язна система	7
17		14x31	4.3	5	4.0	Блочний	8
18		12x43	3.0	4	3.7	Рамна з.б.система	9
19		13x29	3.6	3	5.4	В'язна система	6
20		15x26	2.9	4	4.1	Цегляний	7
21		14x40	2.8	5	3.8	Стальний каркас	8
22		10x36	3.6	4	4.0	Блочний	7
23		11x40	3.8	3	5.0	Панельний	8
24		12x34	3.7	6	4.8	Рамна залізобет.сист.	7
25		14x28	3.9	3	5.3	В'язна система	8
26		15x24	3.2	4	5.0	Цегляний	7
27		14x29	3.4	5	4.9	Панельний	7
28		13x27	3.3	4	4.8	Стальний каркас	9
29		12x30	3.9	4	3.7	Рамна залізобет. Система	8
30		16x22	4.1	3	4.2	В'язна система	9

1. Визначити сейсмічні сили.
2. Визначити зусилля у замуруванні.
3. Надати креслення характерних вузлів для розглядуваної будівлі (2...4 вузли).

Виробничо-практичне видання

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до організації самостійної роботи, проведення практичних занять
та виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ДИНАМІКА БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ»

*(для студентів 5, 6 курсів денної та заочної форм навчання,
а також слухачів другої вищої освіти
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **СТОЯНОВ** Євгеній Геннадійович

Відповідальний за випуск *В. С. Шмуклер*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2018, поз. 2 М

Підп. до друку 20.02.2018. Формат 60 x 84/16.

Друк на ризографі Ум. друк. арк. 0,8

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи :

ДК № 5328 від 11.04.2017.