

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА

Методичні вказівки

до самостійного вивчення дисципліни
і виконання контрольної роботи з курсу

«Динаміка будівельних конструкцій»

(для студентів 5 курсу денної, 6 курсу заочної форм навчання
напрямку підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво»)

Методичні вказівки до самостійного вивчення дисципліни і виконання контрольної роботи з курсу «Динаміка будівельних конструкцій» (для студентів 5 курсу денної, 6 курсу заочної форм навчання напрямку підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво») / Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Стоянов Є.Г. – Х.: ХНАМГ, 2009. – 17 с.

Укладач: Є.Г.Стоянов

Рецензент: Г.А.Молодченко

Рекомендовано кафедрою будівельних конструкцій, протокол № 6 від 02.02.2009 р.

Зміст

	Стор.
Вступ. Загальні положення	4
1.Порядок вивчення дисципліни	5
2.Контрольна робота	12
Список літератури	16
Додаток. Завдання на виконання контрольної роботи	17

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 та іншого устаткування, вібраціями, ударами й 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.

Одне з найважливіших технічних завдань – забезпечення такого рівня вібрацій, що є допустимим з санітарно-гігієнічного погляду.

При проектуванні споруд треба враховувати не тільки статичні, але й динамічні впливи й навантаження.

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

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

Самостійна робота студентів складається з роботи над літературними джерелами, розглядання прикладів, що наведені в посібниках, вирішення практичних завдань.

Рекомендуємий обсяг самостійної роботи – 54 год. Крім того, студенти виконують контрольну роботу з визначення величини сейсмічних сил при землетрусі для багатоповерхової будівлі.

1. ПОРЯДОК ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ

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

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

Студенти повинні орієнтуватись в таких поняттях, як:

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

У першому змістовому модулі (ЗМ1) вивчають 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 і 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), розподіл допустимих коливань відбувається по шести смугах (в гц): 2; 4; 8; 16; 31.5; 63, для яких допустимі значення параметрів коливань визначені в [4].

У сучасних літературних джерелах наведено 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 й імпульсивні. Особливе місце займають сейсмічні впливи.

У свою чергу, періодичні навантаження підрозділяють на три типи:

-навантаження від машин з 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), вага всієї машини, вага рухомої частини машини (при відсутності даних приймають вагу рухомої частини машини як 40 % від повної ваги машини). Для машин імпульсної дії треба знати такі дані, як повна вага машини, найбільша величина ударного навантаження (або імпульс сили удару), тривалість удару і форма імпульсу.

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

Після визначення характеру динамічного навантаження слід 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, у свою чергу, визначається кількістю машин, встановлених на споруді, кількістю поверхів будівлі, кількістю вузлів у споруді.

Для оволодіння методикою практичного розрахунку споруд від дії динамічних навантажень треба спочатку оволодіти такими поняттями, як можлива похибка у 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 у 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 завдання 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. У динамічному розрахунку розміри перерізів перевіряють. Якщо ці розміри при перевірці дають $\omega = \theta$, то їх треба коригувати. Це завдання вирішують методом послідовних наближень.

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

З урахуванням затування 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. В кожній методиці використовують графіки, що представлені в літературних джерелах [7,8,10].

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

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 затування. 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 самостійному 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 й тип ґрунту. Попередньо треба самостійно прийняти розміри підшви фундаменту і його висоту. Розрахунок полягає 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 (елемента змістового модуля) «Коливання систем з кількома ступенями свободи і з нескінченним числом ступенів свободи» має теоретичний характер і рекомендується для самостійного вивчення. 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 визначають 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].

При вивченні предмета розрахунку систем з нескінченним числом ступенів свободи треба розглянути приклади розрахунку [7] й 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 й кількості віброізоляторів;
- перевірка динамічних параметрів коливань віброізолюваної системи відповідно до нормативних рекомендацій.

У [7,8] наведено приклади типового вирішення задачі віброізоляції фундаменту під машину.

У другому змістовому модулі (ЗМ2) вивчають питання проектування будівель і споруд у сейсмічних районах.

Для самостійної роботи пропонується ознайомлення з літературними джерелами [2,5,6,7,11] і виконання контрольної роботи.

При самостійній роботі рекомендується така послідовність вивчення предмета:

- 1) термінологія, природа і шкали землетрусів;
- 2) принципи статичної і динамічної теорії визначення сейсмічних сил;
- 3) спектральний метод 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 вивченні предмета студент повинен орієнтуватись на існуючі нормативи [2].

Літературні джерела для самостійної роботи наведені в загальному списку.

2.Контрольна робота

Контрольну роботу виконують на тему «Визначення сейсмічних сил для багатоповерхового 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 знаходять 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 загальною формулою для сейсмічних сил буде

$$S_k = a_0 Q_k \beta \eta_k K_1 K_2 K_{гр} , \quad (1)$$

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

a_0 – відносне прискорення ґрунту, що залежить від розрахункової інтенсивності (табл. 1),

Q_k – вага поверху разом з тимчасовим навантаженням (кН),

β – спектральний коефіцієнт динамічності,

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

K_2 – коефіцієнт відповідальності споруди (табл.3),

$K_{гр}$ – коефіцієнт, що враховує нелінійні деформації ґрунту (табл.4),

η_k – коефіцієнт, що залежить від місця розташування навантаження.

Таблиця 1

Інтенсивність I, бали	6	7	8	9
a_0	0.05	0.1	0.2	0.4

Таблиця 2

№ п/п	Конструктивна схема будівлі і несучих елементів	K ₁ для сейсмічності, бали		
		6	7-8	9
1	Будівлі, в яких не допустимі пошкодження і непружні деформації	1.0	1.0	1.0
2	Будівлі і споруди, в конструкціях яких можуть бути допущені остаточні деформації і пошкодження, що перешкоджають нормальній експлуатації при гарантуванні безпеки людей і збереженню обладнання, які будують: -зі сталевим каркасом -з залізобетонним рамним каркасом -з залізобетонним рамно-в`язним каркасом -з монолітного залізобетону і панельними -з несучими цегляними стінами -на несучих опорах систем сейсмоізоляції	0.25	0.25 0.35 0.3 0.25 0.4 0.6	0.3 0.45 0.4 0.35 0.45 0.7
3	Будівлі і споруди, в конструкціях яких можуть бути допущені значні остаточні деформації, тріщини, пошкодження окремих елементів, їх зміщення, що тимчасово припиняють нормальну експлуатацію при гарантуванні безпеки людей	0.2	0.2	0.3

Таблиця 3

№ п/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≥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 напрямку дії сейсмічного навантаження, рівному або більшому 25; -при h/b≤15	1.4 1.0
6	Житлові і виробничі будинки	1.0

Таблиця 4

Категорія ґрунту	Сейсмічність району (бали)			
	6	7	8	9
I	1.0	1.0	1.2	1.4
II	1.0	1.0	1.0	1.0
III	1.0	1.0	0.8	0.7

Для визначення сейсмічних сил студент повинен попередньо визначити всі компоненти, що входять у формулу (1). Так, коефіцієнт a_0 треба взяти з табл. 1 залежно від інтенсивності землетрусу, що дається у вихідних даних.

Вагу поверху умовно приймають як суму 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 , $K_{гр}$ визначають з табл. 2, 3, 4. У контрольній роботі студент самостійно приймає категорію ґрунту.

Спектральний коефіцієнт динамічності β приймають залежно від періоду першої форми власних коливань споруди за графіком $\beta - T$ [2,7,8].

Для будинків, що мають 3...6 поверхів, період першої форми власних коливань знаходиться в межах $0.3 \dots 0.8 \text{ с}$, при цьому коефіцієнт β за графіком $\beta - T$ має максимальну величину 2.5 [2].

Період власних коливань визначають 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 за висотою, коли коефіцієнт

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

де k – номер поверху;

n – кількість поверхів.

У контрольній роботі повинні бути подані всі обґрунтування прийнятих рішень, необхідні схеми і рисунки:

- схема будинку;
- розрахункова динамічна схема;
- прийнята пружна лінія деформацій;
- сейсмічні сили.

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 літератури

1. ДБН В.1.2-2:2006. Нагрузки и воздействия.- К.: Минстрой Украины, 2006.
2. ДБН В.1.1-12:2005. Строительство в сейсмических районах Украины.- К.: Минстрой Украины, 2005.
3. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками. - М.: Стройиздат, 1988.
4. ДСН 3.3.6039-99. Державні санітарні норми України.- К.: 1999.
5. Н.И.Безухов, О.В.Лужин, Н.В.Колкунов. Устойчивость и динамика сооружений.-М.: Высшая школа, 1987.
6. В.С.Поляков, Л.Ш.Килимник, А.В.Черкашин. Современные методы сейсмозащиты зданий.-М.: Стройиздат, 1989.
7. Е.Г.Стойанов, Ю.Е.Стойанов. Динамика строительных конструкций.- Х., ХГАГХ, 1999.
8. Є.Г.Стойанов. Динаміка будівельних конструкцій.-Харків, ХДАМГ, 2003.
9. С.М.Новак, А.С.Логвинец. Защита от вибраций и шума в строительстве.- К.: «Будівельник», 1990.
10. Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика. Под ред. Б.Г.Коренева.-М.: Стройиздат, 1984.
11. С.В.Поляков. Сейсмостойкие конструкции зданий.-М.: Высшая школа, 1983.

Завдання на контрольну роботу

«Визначення сейсмічних сил для багатоповерхового будинку»

№ варіанта.	Розміри в плані (м)	h _{пов} (м)	Кільк. поверхів.	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

Навчальне видання

Методичні вказівки до самостійної вивчення дисципліни і виконання контрольної роботи з курсу «Динаміка будівельних конструкцій» (для студентів 5 курсу денної, 6 курсу заочної форм навчання напрямку підготовки 0921 (6.060101) «Будівництво»).

Укладач Стоянов Євген Геннадійович

Редактор М. З. Аляб'єв

Верстка Ю. П. Степась

План 2009, поз. 5 М

Підп. до друку 10.02.09
Друк на ризографі
Зам. №

Формат 60x84 1/16
Ум. друк. арк. 0,8
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:
Харківська національна академія міського господарства
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 731 від 19.12.2001