

**БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра „Будівельні матеріали, конструкції та споруди”**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до виконання контрольної роботи з дисципліни**

***"МЕТОДИ ВИПРОБУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ  
КОНСТРУКЦІЙ"***

**Харків - 2009**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні матеріали, конструкції та споруди" 17 січня 2008 р., протокол № 6.

Рекомендовано для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" заочної форми навчання

Укладачі:

старш. викл. С.Я. Семененко,  
доц. А.В. Никитинський

Рецензент

проф. Ю.П. Кітов

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання контрольної роботи  
з дисципліни "Методи випробування  
будівельних конструкцій"

Відповідальний за випуск Семененко С.Я.

Редактор Губарева К.А.

---

Підписано до друку 22.02.08 р.  
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.  
Умовн.-друк.арк. 1,75. Обл.-вид.арк. 2,0.  
Замовлення №                      Тираж 100 Ціна

---

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК 2874 від 12.06.2007 р.  
Друкарня УкрДАЗТу,  
61050, Харків - 50, майд. Фейербаха, 7

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ

**Кафедра "Будівельні матеріали, конструкції та споруди"**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання контрольної роботи

з дисципліни " Методи випробування будівельних конструкцій "

Харків 2009

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівельні матеріали, конструкції та споруди" 17 січня 2008 р., протокол № 6.

Рекомендовано для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" заочної форми навчання

Укладачі:

старш. викл. С.Я. Семененко,  
доц. А.В. Никитинський

Рецензент

проф. Ю.П. Кітов

## ЗМІСТ

	Вступ .....	4
1	Методичні вказівки до вивчення курсу .....	5
1.1	Вступна частина .....	5
1.2	Огляд споруд .....	6
1.3	Випробування окремих конструкцій і споруд, їх класифікація .....	
1.4	Статичні випробування .....	7
1.5	Динамічні випробування .....	9
2	Завдання на контрольну роботу .....	10
2.1	Завдання до першого розділу .....	10
2.2	Завдання до другого розділу .....	11
2.3	Завдання до третього розділу .....	14
2.4	Завдання до четвертого розділу .....	16
	Список літератури .....	18
	Додаток А Вихідні дані для виконання контрольної роботи .....	19

## ВСТУП

Курс "Методи випробування будівельних конструкцій" є завершальним серед дисциплін, присвячених залізобетонним, кам'яним, металевим конструкціям і конструкціям з дерева та синтетичних матеріалів. Це дисципліна про методи оцінки надійності споруд і конструкцій, що будуються та експлуатуються, включає інженерний огляд, контроль якості матеріалів, статичні і динамічні випробування.

У процесі теоретичних досліджень, створення практичних (нормативних) методів розрахунку неминучі спрощення, ідеалізація розрахункових схем, виділення певних розрахункових елементів із спрощеним представленням їх роботи в загальній конструктивній системі споруди з урахуванням спрощеного впливу в'язей і т.д.

У зв'язку з цим надзвичайно важливо оцінити дійсну роботу конструкцій і їх елементів, а також ступінь відповідності прийнятих нормативних визначень цій роботі.

З іншого боку зростаючі обсяги реконструкції споруд вимагають глибокого вивчення дійсного стану конструкцій і оцінки їх реальної несучої здатності та деформативних характеристик.

Обидва ці завдання можуть бути вирішені за умови знання і вміння користуватися експериментальними методами дослідження і випробування конструкцій і споруд.

Необхідність застосування обмеженої кількості випробувань, а також переважно використання неруйнівних непрямих методів обумовлює статистичний характер отриманих даних з імовірнісним їх розкидом. Їх обробка і оцінка повинні проводитися із застосуванням методів математичної статистики.

Загальна оцінка надійності конструкцій на основі статистичних характеристик міцності і деформативних характеристик матеріалів, розкиду навантажень, що діють, виконується методами теорії імовірності.

Тому необхідно дотримуватись високих вимог щодо точності та єдності методів вимірювання фізичних величин, характеризуючої властивості та стану будівельних матеріалів, конструкцій на всіх технологічних стадіях: проектування, виготовлення, транспортування, монтажу, експлуатації і реконструкції.

Програмою курсу передбачається вивчення теоретичних основ курсу, виконання контрольної, розрахунково-графічної і лабораторних робіт. На допомогу до вивчення теоретичного курсу дисципліни передбачені методичні вказівки і питання для самоперевірки, рекомендується навчальна і науково-технічна література.

Контрольна робота виконується відповідно до шифру студента. Початкові дані вказані в таблицях завдання до кожного розділу.

Лабораторні роботи зі статичних і динамічних випробувань проводяться із застосуванням сучасної випробувальної техніки і приладів на вузлах і моделях конструкцій. У результаті студент набуває навиків у роботі з випробувальним устаткуванням і вимірювальними приладами, вивчає і самостійно застосовує сучасні методи випробувань та обробки даних експерименту.

Перелік лабораторних робіт і методика їх проведення викладені в методичних вказівках до лабораторних робіт.

Після вивчення теоретичної частини курсу, виконання контрольної і лабораторних робіт студент складає залік з курсу.

## **1 МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ**

Для кращого засвоєння матеріалу, що вивчається, слід не обмежуватися читанням рекомендованої літератури, а обов'язково вести конспект опрацьованого матеріалу із складанням конструктивних схем і розбором прикладів практичних розрахунків, що дозволяють дати оцінку якості випробовуваних споруд. Конспект і лабораторні роботи повинні бути представлені викладачеві при складанні заліку з курсу дисципліни.

До найбільш важливих розділів даються питання для самоперевірки, які допоможуть студентові краще засвоїти курс і глибше вивчити необхідний матеріал.

### **1.1 Вступна частина**

Вивчаючи вступну частину курсу, студент повинен ознайомитися з вимогами, що пред'являються до споруд з погляду

граничних станів і економічності конструкцій.

При оцінці стану і роботи споруди необхідно мати на увазі умовність розрахункових схем і можливі відхилення їх від дійсних, умовність ряду розрахункових характеристик матеріалів, можливість відхилень від розрахункових значень навантажень, вплив зовнішнього середовища, що не враховується у звичайних розрахунках.

Студент повинен з'ясувати сукупність операцій щодо виявлення і перевірки стану обстежуваних будівельних об'єктів: огляд, випробування, перерахунок і їх класифікацію за різними ознаками.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Які вимоги пред'являються до будь-якої споруди?
- 2 З яких міркувань призначається розрахункова схема споруди?
- 3 На які чинники доводиться зважати при оціненні напруженого стану матеріалу у випробовуваних конструкціях?
- 4 Класифікація випробувань за об'єктами дослідження.
- 5 Мета випробувань і огляду конструкцій.

### **1.2 Огляд споруд**

Види оглядів, передбачені будівельними нормами і правилами (СНиП, ДБН), а також правилами технічної експлуатації споруд.

Студент повинен знати етапи робіт, які включаються до огляду споруд, і їх зміст.

1 Ознайомлення з документацією (акти прихованих робіт, акти передачі в експлуатацію, паспорт споруди, журнали експлуатації, документи про ремонти і т. д.).

2 Огляд об'єкта в натуральному вигляді – найбільш відповідальна частина огляду. Встановлення відповідності між пред'явленою документацією і спорудою у натуральному вигляді. Детальний огляд елементів споруди з метою виявлення пошкоджень.

3 Обміри – перевірка генеральних розмірів і конфігурацій споруди. Контроль перетинів і перевірка контурів відповідальних елементів.

4 Виявлення і реєстрація тріщин, осідань і пошкоджень.



## **Питання для самоперевірки**

- 1 Чому необхідно проводити ретельний огляд споруди?
- 2 У якому порядку проводиться огляд споруди?
- 3 Що виявляється при огляді споруди?
- 4 Які пристосування застосовуються при огляді споруд для виявлення дефектів і пошкоджень?

### **1.3 Випробування окремих конструкцій і споруд, їх класифікація**

При вивченні цієї частини потрібно з'ясувати мету і завдання проведення випробування конструкцій і споруд. Слід розібратися у класифікації випробувань відповідно до СНиП і технічних умов.

## **Питання для самоперевірки**

- 1 Які види випробувань вам відомі?
- 2 Які завдання ставляться при випробуваннях експлуатованих споруд?
- 3 Що перевіряється при приймальних випробуваннях?
- 4 У яких випадках проводяться науково-дослідні випробування і випробування дослідних об'єктів?

### **1.4 Статичні випробування**

У результаті вивчення цієї частини курсу студент повинен отримати повне уявлення про організацію і порядок проведення статичних випробувань, що доставляють найбільшу інформацію про поведінку обстежуваної споруди або конструкції.

Важливо правильно розуміти завдання різних видів випробувань: приймальних і науково-дослідних, випробувань експлуатованих споруд і конструкцій серійного виробництва.

Студент повинен уміти раціонально вибирати елементи для статичних випробувань, прагнучи отримати розрахунковий стан випробовуваного об'єкта при мінімальних витратах часу і засобів.

Особливу увагу слід приділити конструкціям, що часто зустрічаються: багатопрогінним нерозрізним балкам і плитам, кроквяним фермам, аркам і ін.

Студент повинен знати різні види випробувальних навантажень, уміти правильно призначати режим випробування і встановлювати величину навантаження.

Значна увага повинна приділятися вивченню випробувального устаткування і вимірювальних приладів, вживаних при статичних випробуваннях конструкцій. Потрібно знати, що для вимірювання лінійних переміщень застосовуються прогиноміри й індикатори, кутових переміщень – клинометри і виски; лінійних деформацій – механічні й електронні пристрої, зусиль – динамометри. Студент повинен ретельно вивчити принципи роботи приладів, уміти правильно їх розташовувати на випробовуваних конструкціях.

Останнім часом широко застосовуються електричні методи вимірювання неелектричних величин за допомогою різних перетворювачів і реєструючої апаратури. Особливого поширення набули тензорезистори, вживані при дослідженні напруженого стану елементів конструкцій.

Аналізуючи дані статичних випробувань, студент повинен дати правильну оцінку стану випробовуваної конструкції.

### **Питання для самоперевірки**

- 1 Як вибрати засіб випробування споруд?
- 2 У яких випадках вдаються до випробувань пробним навантаженням або до випробувань руйнуванням?
- 3 Які види навантажень застосовуються при статичних випробуваннях? Галузі застосування їх з погляду економіки.
- 4 У якій послідовності проводяться статичні випробування різних споруд? Які прилади і для якої мети слід встановити?
- 5 Яка тривалість витримки навантаження на випробовуваній споруді згідно з умовами норм і ТУ?
- 6 Які типи прогиномірів слід застосовувати при польових випробуваннях великопрогінних конструкцій і жорстких систем малого прогону?
- 7 Від чого залежить відносна точність вимірювання прогину при випробуванні конструкцій?

8 Чому зазвичай виміряні величини прогину і напруження менше теоретичних?

9 Які методи вимірювання напруження при статичних випробуваннях набули широкого поширення?

10 Чи дають тензometri безпосередньо величину напруги? Як визначається напруження за допомогою тензометрів та індикаторів?

11 Як виміряти зсуви опорних частин, обм'яття у врубках, зрушення у заклепках і т.д.? Які прилади при цьому застосовуються?

12 Якими приладами вимірюються кутові деформації? У чому полягає принцип роботи цих приладів?

13 Як здійснюється контроль якості продукції на заводах збірних бетонних і залізобетонних виробів? У чому полягають особливості випробування залізобетонних споруд, що зводяться із заводських деталей?

## 1.5 Динамічні випробування

При вивченні цієї частини необхідно чітко розуміти завдання динамічних випробувань залежно від характеру і призначення досліджуваних об'єктів і їх стану, тобто представляти, з якою метою випробовуються споруди і конструкції, що підлягають здачі в експлуатацію, знаходяться в експлуатації, і будівельні деталі серійного виготовлення. Потрібно вивчити навантаження і засоби створення вимушених коливань досліджуваних об'єктів.

Важливо розібратися з явищем резонансу, мати уявлення про форми коливань конструкцій і види динамічних дій.

Студент повинен мати ясне уявлення про динамічні характеристики матеріалів: динамічний модуль пружності, внутрішнє тертя та динамічні характеристики міцності (ударна в'язкість, границі витривалості).

У процесі вивчення методів динамічних випробувань необхідно повторити розділ будівельної механіки «Динаміка споруд», де приведені основні характеристики динаміки систем з однією мірою свободи без загасання та із загасанням коливань. Необхідно вміти визначати частоту і амплітуду коливань за записом вібрографа і обчислювати частоту власних і вимушених коливань теоретично.

При проведенні динамічних випробувань студент вивчає методи вимірювання основних вібраційних характеристик, джерела вимушених і вільних коливань конструкцій та заходи, необхідні для виведення конструкцій з небезпечної зони вібрацій.

### **Питання для самоперевірки**

1 Які динамічні характеристики будівельних конструкцій можливо отримати при вібраційних випробуваннях?

2 Що таке амплітуда, період, частота коливань, динамічний коефіцієнт і як вони визначаються?

3 Якими простими приладами і пристосуваннями можливо заміряти в польових умовах величину амплітуд і частот коливань?

4 Які засоби застосовують для отримання вимушених коливань випробовуваних будівельних конструкцій?

5 Які засоби застосовують для отримання власних коливань?

6 У яких випадках вдаються до вібраційних польових випробувань?

7 Чому перебування конструкції в зоні резонансу може негативно відбитися на її несучій здатності?

8 Яким чином можливо вивести будівельну конструкцію із зони резонансу?

9 Які заходи з техніки безпеки застосовуються у процесі проведення випробувань?

10 Перерахуйте основні методи обробки результатів, наприклад, при визначенні параметрів коливальних процесів.

## **2 ЗАВДАННЯ НА КОНТРОЛЬНУ РОБОТУ**

### **2.1 Завдання по першому розділу**

Письмово дати розгорнені відповіді на поставлені в таблиці А.1 додатка А питання. У необхідних випадках привести схеми і основні розрахункові формули. Загальний обсяг тексту – 3 сторінки стандартного формату А4 (включаючи схеми і формули).

## 2.2 Завдання до другого розділу

У практиці випробувань конструкцій і споруд іноді доводиться відступати від розрахункових схем з метою економії завантажувального матеріалу і часу на проведення випробувань. Найчастіше цей прийом застосовується при випробуваннях статично невизначених нерозрізних конструкцій (балок, плит і т.д.). Економічний ефект у цих випадках може бути досягнутий або завантаженням не всіх прогонів, конструкції, або завантаженням одного прогону, але навантаженням більшої інтенсивності.

Метою даної частини є визначення розрахункового згинального моменту в заданому перетині нерозрізної 4-прогінної балочної конструкції при двох схемах завантаження: за розрахунковою схемою (при найбільш не вигідному завантаженні її прогонів) і за спрощеною схемою.

Необхідно обчислити і порівняти між собою величини моментів за обома схемами завантаження і дати економічну оцінку спрощеного варіанта, у відсотках.

### Методичні вказівки

За таблицею А.2 додатка А відповідно до свого шифру знаходиться варіант завдання. Проводиться розрахунок моменту за розрахунковою (верхньою) схемою у перетині, відміченому в таблиці завдання вертикальною межею. Межа ставиться або в середині прогону, або над опорою.

Аналогічно проводяться обчислення при другому варіанті навантаження (нижня схема). Отримані результати порівнюються між собою у відсотках.

Нерозрізна 4-прогінна балочна система є тричі статично невизначеною. Розрахунок такої системи проводиться шляхом перетворення її в статично визначену і задоволення ряду додаткових умов, пов'язаних з таким перетворенням. Наприклад, можна перетворити дану нерозрізну балку статично визначену шляхом введення додаткових шарнірів у перетинах балки над проміжними опорами і вибрати як зайвих невідомі згинальні моменти у вказаних перетинах. Для визначення невідомих згинальних моментів слід застосувати теорему про три моменти [6] або інші методи.

Статично невизначена балка, що має більше двох опор, називається *нерозрізною балкою*.

Одна з опор у нерозрізній балці робиться завжди нерухомою для забезпечення нерухомості балки в горизонтальному напрямі, а решта всіх опор – рухомими, щоб у балці не з'являлися подовжні зусилля під впливом зміни температури.

Ступінь статичної невизначеності нерозрізної балки, у якої крайні опори шарнірно оперті, рівній кількості проміжних опор. Затискання якого-небудь кінця балки підвищує ступінь її статичної невизначеності на одиницю.

Надалі при вивченні нерозрізної балки прийняті такі обмеження:

- 1 Усі опори нерозрізної балки лежать на одній прямій лінії.
- 2 Усі опори є абсолютно жорсткими, тобто нерухомими у вертикальному напрямі.

**Рівняння трьох моментів.** За зайві невідомі в нерозрізній балці найдоцільніше прийняти внутрішні силові чинники, а саме *опорні моменти*, що виникають при навантаженні балки в її перетинах над проміжними опорами.

Опорний момент приймемо позитивним, якщо він згинає прогони, що примикають до опори, опуклістю вниз, і негативним — опуклістю вгору (рисунок. 2.1).

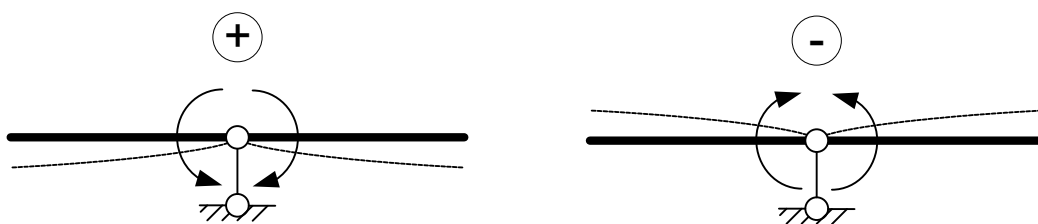


Рисунок 2.1 – Правило знаків для опорного моменту

Після визначення опорних моментів розрахунок нерозрізних балок зводиться до розрахунку простих двоопорних балок з прогонами  $l_1$ ,  $l_2$ ,  $l_3$  і т.д. Оскільки напрями опорних моментів наперед невідомі, то вважаємо їх позитивними. Якщо після визначення моментів деякі з них або всі вийдуть негативними, це означатиме,

що насправді вони направлені у зворотний бік.

Для балки з постійною жорсткістю залежність між опорними моментами трьох сусідніх опор нерозрізної балки (рисунок 2.2) виражається рівнянням (2.1), яке називається рівнянням трьох моментів

$$M_{n-1} \cdot l_n + 2 \cdot M_n (l_n + l_{n+1}) + M_{n+1} \cdot l_{n+1} = -6 \cdot R_n^\phi, \quad (2.1)$$

де  $M_{n-1}$ ,  $M_n$ ,  $M_{n+1}$  – моменти на опорах  $n - 1$ ,  $n$  і  $n + 1$ ;

$l_n$  і  $l_{n+1}$  – довжини двох послідовних прогонів;

$R_n^\phi$  – повна фіктивна реакція на опорі  $n$  від епюр моментів, викликаних зовнішнім навантаженням, що діє на лівому і правому прогонах від опори  $n$ .

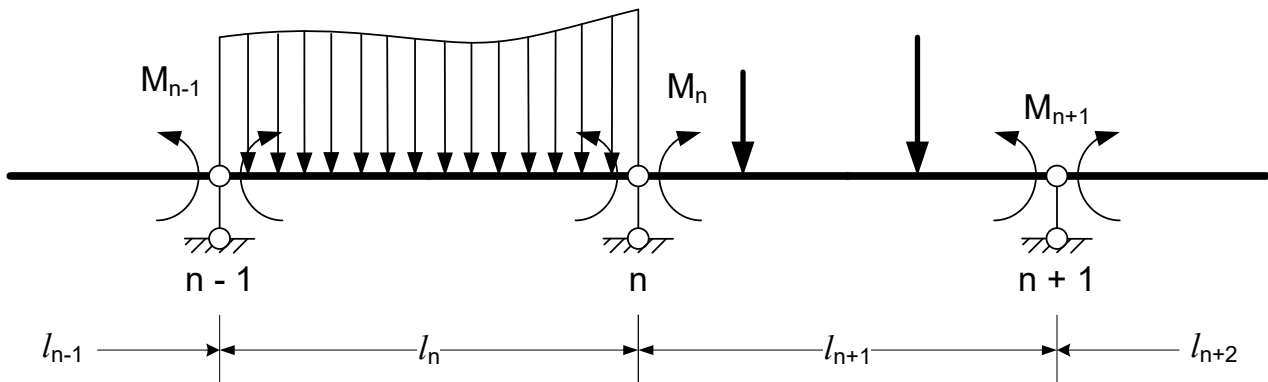


Рисунок 2.2 – Схема до рівняння трьох моментів

Якщо момент інерції нерозрізної балки міняється від прогону до прогону, залишаючись постійним усередині кожного прогону, то рівняння трьох моментів має такий вигляд (2.2):

$$M_{n-1} \cdot \frac{l_n}{J_n} + 2 \cdot M_n \left( \frac{l_n}{J_n} + \frac{l_{n+1}}{J_{n+1}} \right) + M_{n+1} \cdot \frac{l_{n+1}}{J_{n+1}} = -6 \cdot \left( \frac{B_{n,n}^\phi}{J_n} + \frac{A_{n,n+1}^\phi}{J_{n+1}} \right), \quad (2.2)$$

де  $J_n$  і  $J_{n+1}$  – моменти інерції  $n$  і  $n+1$  прогонів.

$R_n^\phi = B_{n,n}^\phi + A_{n,n+1}^\phi$  – повна фіктивна реакція на опорі  $n$ .

Перший підрядковий індекс відноситься до опори, а другий – до

прогону. Таким чином,

$B_{n.n}^{\phi}$  – фіктивна реакція на опорі  $n$   $n$ -го прогону, що розглядається як проста балка на двох опорах;

$A_{n.n+1}^{\phi}$  – фіктивна реакція на опорі  $n$   $n+1$ -го прогону, що розглядається таким же чином.

Довжини прогонів в таблиці А.2 додатка А показані в метрах, величина розподіленого навантаження дорівнює 1 тс/м.

Необхідно викреслити схему спирання балки, епюри і привести розрахунки з необхідними поясненнями. Обсяг тексту з ілюстраціями до даної частини - 2-3 сторінки стандартного формату.

### 2.3 Завдання до третього розділу

За наслідками механічних випробувань дроту діаметром 6 мм для армування заздалегідь напружених залізобетонних конструкцій визначити такі статистичні характеристики тимчасового опору розриву  $\sigma_B$ :

- а) вибіркове середнє  $\bar{x}$ , кгс/мм<sup>2</sup>;
- б) середнє квадратичне відхилення (емпіричний стандарт)  $S$ , кгс/мм<sup>2</sup>;
- в) найбільшу вірогідну помилку  $\epsilon_B$  і межі довірчого інтервалу  $I_1$ ,  $I_2$  при довірчій вірогідності  $\beta$ ;
- г) коефіцієнт однорідності  $K_0$ .

### Методичні вказівки

Результати механічних випробувань приведені в таблиці А.3 додатка А. Елемент, що стоїть на перетині стовпця і рядка згідно із шифром, включається до вибірки один раз, тобто загальна кількість елементів вибірки  $n$  дорівнює 19.

Вибіркове середнє обчислюється як середнє арифметичне з  $n$  елементів вибірки



$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2.3)$$

Середнє квадратичне відхилення визначається за формулою (2.4)

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (2.4)$$

Межі довірчого інтервалу  $I_1$ ,  $I_2$  розраховуються за формулами (2.5) і (2.6):

$$I_1 = \bar{x} + \varepsilon_\beta; \quad (2.5)$$

$$I_2 = \bar{x} - \varepsilon_\beta; \quad (2.6)$$

$$\varepsilon_\beta = \bar{S} \cdot t_\beta; \quad (2.7)$$

$$\bar{S} = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad , \quad (2.8)$$

де  $\varepsilon_\beta$  – найбільша вірогідна помилка при оцінці дійсного значення  $\bar{x}$  ;  
 $\bar{S}$  – середнє квадратичне відхилення вибіркового середнього  $\bar{x}$  ;  
 $t_\beta$  – параметр, залежний від довірчої вірогідності  $\beta$ .

Величина  $\sigma_v$  розподілена за нормальним законом.

Значення параметра  $t_\beta$  беруться з таблиці 2.1 відповідно до шифру студента.

Таблиця 2.1 – Значення параметрів  $\beta$  та  $t_\beta$

	Перша цифра шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$\beta$	0,95		0,96		0,97		0,98		0,99	
$t_\beta$	1,960		2,053		2,169		2,325		2,576	

Для статистичних розрахунків використовуються дані таблиці А.3 додатка А.

Обчислення вибіркового середнього  $\bar{x}$  та емпіричного стандарту

$S$  рекомендується виконувати у формі таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Форма для обчислення вибіркового середнього  $\bar{x}$  та емпіричного стандарту  $S$

$i$	$x_i$	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	2	3	4
1	...	...	...
2			
...			
...			
...			
19			

Вибіркове середнє  $\bar{x}$  визначається як сума всіх рядків колонки 2 таблиці 2.2, ділена на  $n = 19$ ; сума всіх рядків колонки 4 використовується при обчисленні  $S$ .

Коефіцієнт однорідності визначається за формулою (2.9)

$$K_0 = \frac{\bar{x} - 3S}{\bar{x}}. \quad (2.9)$$

## 2.4 Завдання до четвертого розділу

Визначити кругову частоту власних коливань  $\omega$  ( $\text{с}^{-1}$ ) двотаврової металевої балки за номером по сортаменту і пояснити явище резонансу. Власну вагу балки не враховувати. Схеми балок та значення  $N$ ,  $l$ ,  $G$  залежно від варіанта наведені в таблиці А.4 додатка А.

### Методичні вказівки

Балку з підвішеним на ній вантажем  $G$  (тонн-сила), можливо розглядати як систему з однією мірою свободи (див. рисунок 2.3), що знаходиться у рівновазі (за Даламбером) під дією поновлюючої пружної сили  $P_{\text{упр}} = cy$  ( $c$  – жорсткість системи, тобто сила пружності відповідна переміщенню, рівному одиниці) і сили інерції  $J = -m\ddot{y}$ . Складаючи умову рівноваги для цих сил, отримуємо

$$m\ddot{y} + cy = 0 \quad (2.10)$$

де  $\ddot{y} = \frac{d^2 y}{dt^2}$  – прискорення при коливанні або

$$\ddot{y} + \omega^2 y = 0; \quad (2.11)$$

$\omega$  – кругова частота власних коливань системи;  
 $m$  – маса вантажу.

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta}} = \sqrt{\frac{g}{G \cdot \delta}} \quad (2.12)$$

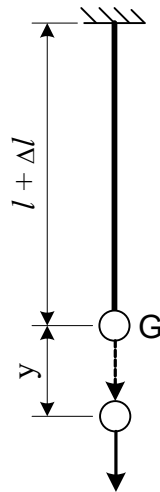


Рисунок 2.3 – Схема балки при визначенні власних коливань

Диференціальне рівняння (2.11) є рівнянням власних незгасаючих коливань системи з однією мірою свободи [7]. Шукана частота власних коливань системи  $\omega$  визначається з формули (2.12). Жорсткість системи  $c$ , що характеризує її пружні властивості, чисельно рівна силі, яку необхідно прикласти до системи в точці  $A$  (рисунок 2.3), щоб перемістити її на величину, рівну одиниці.

Переміщення точки прикладення вантажу від дії одиничної сили слід розраховувати за формулами:

для схеми 1 – 3 
$$\delta = \frac{1 \cdot l}{E \cdot F};$$

для схеми 4 – 6 
$$\delta = \frac{1 \cdot l^3}{3 \cdot E \cdot J};$$

для схеми 7 – 0 
$$\delta = \frac{1 \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot J}.$$

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Обследование и испытания конструкций зданий и сооружений / Под ред. В.М. Калинина. - М.: Стройиздат, 2005.

2 Испытание сооружений: Справочное пособие / Под общ. ред. Ю.Д. Золотухина. - М.: Высшая школа, 1992.

3 Обследование и испытания сооружений / Под ред. О.В. Лузина. - М.: Стройиздат, 1987.

4 Золотухин Ю.Д. Испытание строительных конструкций. - М.: Высшая школа, 1983.

5 Почтовик Т.Я., Золочевский А.Б., Яковлев А.И. Методы и средства испытания строительных конструкций. - М.: Высшая школа, 1973.

6 Чихладзе Е.Д. Опір матеріалів: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2002.

7 Снитко Н.К. Строительная механика. - М.: Высшая школа, 1972.

8 Семенов С.Я. Обследование и испытания сооружений: Методические указания к лабораторным работам. - Харьков: ХИИТ, 1993.

## Додаток А

### Вихідні дані для виконання контрольної роботи

Таблиця А.1 – Завдання до першого розділу

Передостання цифра шифру	Назва питання	Література
1,2	Завдання і зміст робіт з огляду споруд. Порядок	1, 4

	проведення зовнішніх оглядів. Виміри й інструментальні зйомки. Перерахунок конструкцій	
3, 4	Оцінка несучих властивостей конструкцій. Визначення характеристик несучих властивостей за безпосередніми результатами випробувань. Визначення дійсних характеристик несучих властивостей конструкцій. Визначення контрольних характеристик несучих властивостей конструкцій	1, 3, 4, 5
5, 6	Статичні випробування. Випробувальне навантаження, його види і вимоги до нього. Пристрої навантажень, допоміжне устаткування, заходи щодо гарантування безпеки випробувань	1, 2, 4
7, 8	Розподіл пробних навантажень на досліджуваних конструкціях. Вибір елементів для випробувань. Вибір схеми завантаження. Еквівалентні схеми завантаження	3, 4, 5
9, 0	Динамічні випробування. Динамічні характеристики, що визначаються при випробуваннях. Випробувальне навантаження, вимоги до нього, його види. Ударні пристосування. Вібраційні машини	2, 3, 4, 5



















Таблиця А.3 – Завдання до третього розділу

Передостання	Остання цифра шифру									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	Тимчасовий опір $x_i$ , кгс/мм <sup>2</sup>									

шифрцифра										
1	174,5	181,5	174,5	173,5	172,0	172,0	175,0	177,0	172,5	175,0
2	182,5	172,5	175,5	176,0	176,0	177,5	178,0	179,5	179,5	178,5
3	180,0	172,5	177,0	180,0	182,5	181,5	177,5	176,5	177,0	177,5
4	176,0	177,5	175,5	173,0	175,5	177,5	176,5	177,5	176,5	176,0
5	176,5	175,5	175,0	177,5	176,0	176,5	172,5	177,0	175,0	174,5
6	182,5	183,5	183,0	182,5	178,5	181,5	182,5	180,0	179,0	188,0
7	176,5	174,0	178,0	176,5	173,5	177,5	173,0	175,5	180,0	177,0
8	182,5	176,0	175,5	177,0	177,5	174,5	172,5	177,5	178,5	175,5
9	176,5	180,0	178,0	177,5	177,0	181,5	178,5	181,0	182,5	177,5
0	175,0	176,0	175,5	177,5	176,0	180,0	177,0	174,5	180,5	176,5







Таблиця А.2 – Завдання по другому розділу

		Остання цифра шифру		
		1	2	3
Передостання цифра шифру	1			
	2			
	3			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру		
		1	2	3
Передостання цифра шифру	4			
	5			
	6			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру		
		1	2	3
Передостання цифра шифру	7			
	8			
	9			
	0			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру		
		4	5	6
Передостання цифра шифру	1			
	2			
	3			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру		
		4	5	6
Передостання цифра шифру	4			
	5			
	6			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру		
		4	5	6
Передостання цифра шифру	7			
	8			
	9			
	0			

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру			
		7	8	9	0
Передостання цифра шифру	1				
	2				
	3				



Продовження таблиці А.2

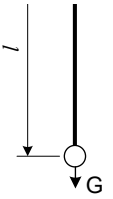
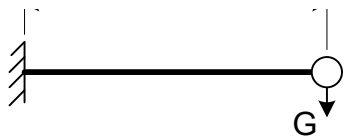
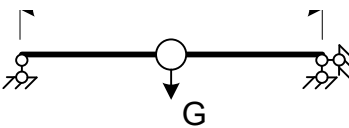
		Остання цифра шифру			
		7	8	9	0
Передостання цифра шифру	4				
	5				
	6				

Продовження таблиці А.2

		Остання цифра шифру			
		7	8	9	0
Передостання цифра шифру	7				
	8				
	9				
	0				



Таблиця А.4 – Завдання до четвертого розділу

Передостання цифра шифру	Вид обпирання балки	Позначення	Остання цифра шифру									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1		<i>N</i>	24	40	27	30	22	33	40	33	40	27
		<i>l</i>	5,0	6,5	5,0	6,0	5,5	4,5	6,0	5,0	6,0	4,5
		<i>G</i>	5,10	7,25	6,32	8,25	5,00	1,33	2,35	1,50	2,54	6,85
2		<i>N</i>	30	33	40	27	30	45	22	45	33	40
		<i>l</i>	6,5	6,0	6,0	5,6	6,0	5,0	5,0	5,5	4,5	4,5
		<i>G</i>	7,23	8,67	17,4	6,98	9,64	18,4	5,12	15,3	9,2	14,7
3		<i>N</i>	30	24	33	40	30	27	24	40	36	45
		<i>l</i>	7,0	5,0	6,0	6,0	6,5	6,5	5,0	6,0	5,0	5,5
		<i>G</i>	5,62	5,00	11,2	13,8	7,12	6,35	5,81	21,4	14,7	21,8
4			<i>N</i>	24	40	27	40	33	22	45	24	45
	<i>l</i>		6,0	7,0	5,0	5,0	6,0	5,0	6,5	5,5	6,5	5,0
	<i>G</i>		1,02	0,92	0,54	0,82	0,43	0,15	1,30	0,58	1,10	0,10
5	<i>N</i>		27	30	27	27	33	40	33	40	33	40
	<i>l</i>		5,0	7,0	5,5	6,5	6,0	6,5	5,5	7,0	5,5	5,5
	<i>G</i>		0,73	0,85	0,11	0,25	0,96	1,03	0,68	0,53	0,42	0,39
6	<i>N</i>		40	22	33	40	27	33	27	33	22	33
	<i>l</i>		6,5	5,0	6,5	7,0	4,5	6,0	5,0	6,0	4,5	4,5
	<i>G</i>		1,50	0,44	0,68	0,79	0,21	0,55	0,41	0,64	0,10	0,42
7			<i>N</i>	24	40	22	22	33	30	36	36	30
		<i>l</i>	5,0	5,0	4,5	5,0	6,0	6,0	5,0	5,5	6,0	5,5
		<i>G</i>	2,01	3,15	1,80	1,92	2,90	1,85	3,01	2,50	1,87	2,00
8		<i>N</i>	40	22	45	27	30	27	36	30	45	30
		<i>l</i>	7,0	5,0	4,5	5,0	6,0	5,0	5,5	6,0	6,0	5,5
		<i>G</i>	3,40	1,84	3,55	1,70	2,45	2,01	4,11	2,12	4,21	3,00
9		<i>N</i>	27	45	27	27	30	36	45	45	24	45
		<i>l</i>	4,5	5,5	4,5	5,0	6,0	5,0	6,5	5,5	5,5	5,5
		<i>G</i>	2,18	4,07	3,00	2,00	1,98	2,97	3,98	4,32	2,05	3,62
0		<i>N</i>	36	27	27	33	45	24	36	24	27	36
	<i>l</i>	5,0	6,0	6,0	7,0	6,0	5,0	5,0	5,5	5,0	5,5	
	<i>G</i>	3,32	2,22	1,50	3,13	4,31	1,01	3,01	1,86	2,01	2,67	



