



Міністерство освіти і науки України

ОДЕСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ

Інженерно-будівельний інститут  
Кафедра теоретичної механіки

## СИЛАБУС

### освітнього компонента

### Навчальна дисципліна - Теоретична механіка (спецкурс)

|   |  |  |
|---|--|--|
| Освітній рівень                         | перший (бакалаврський)   |  |
| Програма навчання                       | вибіркова  |  |
| Галузь знань                            | 19   | Архітектура та будівництво                                     |
| Спеціальність                           | 194  | Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології |
| Освітня програма                        | Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології |  |
| Обсяг дисципліни                        | 2 кредити ECTS (60 академічних годин)                          |  |
| Види аудиторних занять                  | лекції, практичні заняття                                      |  |
| Індивідуальні та (або) групові завдання | розрахунково-графічна робота                                   |  |
| Форми семестрового контролю             | залік  |  |

#### Викладачі:

Бекшаєв Сергій Янович, старший викладач кафедри теоретичної механіки,  
s.bekshayev@gmail.com

В процесі вивчення даної дисципліни студенти **ЗНАЙОМЛЯТЬСЯ З ОСНОВНИМИ ЗАКОНОМІРНОСТЯМИ КОЛИВАЛЬНИХ РУХІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЗДОБУВАЮТЬ НАВИЧКИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ В ІНЖЕНЕРНІЙ ПРАКТИЦІ.**

Наприклад: Вміння визначати частоти власних коливань пружних систем обумовлює здатність розробки заходів, які забезпечують надійну роботу гідротехнічних споруд під дією динамічних навантажень, зокрема створення умов уникнення резонансних режимів і пов'язаних з ними ризиків виходу з ладу чи руйнування об'єкту.

**Передумовами для вивчення дисципліни** є набуття теоретичних знань та практичних навичок за такими дисциплінами: Фізика, Вища математика, Теоретична механіка.

#### Диференційовані результати навчання:

знати:

- основні джерела та характеристики динамічних впливів на інженерні споруди;
- основні поняття, що характеризують періодичні процеси;
- методи теоретичного та експериментального дослідження циклічних рухів;

- інженерні методи та конструктивні заходи щодо ефективного управління характеристиками коливальних рухів інженерних споруд.

**володіти:**

- основними поняттями теоретичної механіки та основними характеристиками періодичних процесів;
- методами теоретичного дослідження рухів та рівноваги динамічних моделей інженерних споруд;
- методами визначення основних характеристик коливальних рухів розрахункових моделей інженерних конструкцій у лінійному наближенні;

**вміти:**

- давати математичний опис процесів руху механічних систем, зокрема, періодичних;
- будувати адекватні механічні та математичні моделі інженерних конструкцій;
- здійснювати теоретичні дослідження рухів побудованих моделей, зокрема періодичних рухів у лінійному наближенні;
- давати наукову інтерпретацію механічних процесів, які зустрічаються в практиці, зокрема характерних проявів вібрації;
- формувати та обґрунтовувати практичні рекомендації щодо управління характеристиками коливань інженерних споруд як при проектуванні, так і під час експлуатації..

### ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

| №п/п  | Назва тем   | Кількість годин |           |             |            |
|---|---|-----------------|-----------|-------------|------------|
|   |   | лекції          | практичні | лабораторні | самостійна |
| <b>Розділ 1. Коливання систем з одним ступенем свободи</b>                  |   |                 |           |             |            |
| 1.1   | Джерела та головні характеристики динамічних навантажень на інженерні споруди.  | 2               | 1         |             | 2          |
| 1.2   | Диференціальне рівняння руху механічної системи з одним ступенем свободи у лінійному наближенні та його розв'язання. Власна частота вільних коливань та її залежність від характеристик системи   | 2               | 3         |             | 6          |
| 1.3   | Вплив сил опору на рух пружної системи. Затухаючі коливання та їх характеристики. Аперіодичний рух  | 2               | 1         |             | 4          |
| 1.4   | Вимушені коливання. Резонанс. Шкідливі і корисні прояви резонансу. Використання вібрацій в техніці і будівництві. Вплив опору на вимушені коливання   | 2               | 2         |             | 2          |
| <b>Розділ 2. Коливання механічних систем з декількома ступенями свободи</b> |   |                 |           |             |            |
| 2.1   | Диференціальні рівняння руху пружної механічної системи з двома ступенями свободи та їх розв'язання. Головні коливання. Власні частоти та форми коливань. Поняття про спектр системи з довільним числом ступенів свободи                                  | 2               | 3         |             | 4          |
| 2.2   | Методи визначення власних частот та форм коливань. Властивості власних частот та форм коливань механічних систем з довільним числом ступенів свободи  | 2               | 3         |             | 4          |
| 2.3   | Рух системи з двома ступенями свободи під дією гармонічних збуджуючих сил. Вимушені коливання. Резонанс. Огляд вимушених коливань систем з довільною кількістю ступенів свободи. Вплив сил опору на вимушені коливання системи з двома ступенями свободи. | 2               | 2         |             | 4          |

| Розділ 3. Практичні застосування теорії коливань. |   |           |           |  |           |
|---|---|-----------|-----------|--|-----------|
| 3.1   | Методи експериментального дослідження вібрації інженерних об'єктів. Теоретичні основи віброметрії. Засоби зниження динамічних переміщень в інженерних конструкціях. | 2         | 1         |  | 2         |
|   | <b>Разом</b>  | <b>16</b> | <b>16</b> |  | <b>28</b> |

### Критерії оцінювання та засоби діагностики

Мінімальний та максимальний рівень оцінювання щодо отримання «заліку» за навчальною дисципліною «Теоретична механіка (спецкурс)» складає відповідно 60 та 100 балів і може бути досягнений наступними засобами оцінювання:

| Засоби оцінювання            |                      | Мінімальна кількість балів | Максимальна кількість балів |
|------------------------------|----------------------|----------------------------|-----------------------------|
| Вид контролю                 | Кількість у семестрі |                            |                             |
| Розрахунково-графічна робота | 1                    | 30                         | 50                          |
| Контроль знань:              |                      |                            |                             |
| - Поточний контроль знань    | 1                    | 30                         | 50                          |
| <b>Разом</b>                 |                      | <b>60</b>                  | <b>100</b>                  |

**Розрахунково-графічну роботу** передбачено з розділу «Коливання механічних систем з декількома ступенями свободи» з теми «Визначення характеристик вільних та вимушених коливань лінійної пружної системи з одним та двома ступенями свободи на прикладі матеріальної точки, пружно закріпленої у площині». В цій роботі розглядається стержнева пружна система з двома ступенями свободи як модель інженерної споруди, яка працює в умовах динамічних навантажень.

Студенту пропонується визначити реакції закріплень конструкції для різних режимів її роботи: при рівновазі, при вільних коливаннях, а також при вимушених коливаннях під дією гармонічної збудуючої сили.

Робота виконується у вигляді пояснювальної записки (формат А-4), що включає графічну частину та розрахунки з відповідними поясненнями.

Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи [2].

Захист розрахунково-графічної роботи полягає в усній бесіді з викладачем (комісією викладачів) з тематики навчальної дисципліни стосовно змісту індивідуального завдання.

**Підсумковий контроль знань** проводиться для студентів, що не змогли з будь яких причин набрати необхідну кількість балів під час захисту розрахунково-графічної роботи та під час проведення поточного контролю, або для студентів, що бажають збільшити вже набрану кількість балів. Підсумковий контроль знань здійснюється у вигляді усної бесіди з викладачем (комісією викладачів) з тематики навчальної дисципліни.

Рівень засвоєння тематики дисципліни оцінюється наступними контрольними запитаннями.

### Контрольні запитання з курсу «Теоретична механіка (спецкурс)»

1. Що називається коливаннями?
2. Що називається періодом коливань?
3. Що називається частотою коливань? Що таке кругова частота?
4. Як виражається зв'язок між періодом і частотою?
5. Що називається амплітудою коливань?

6. Які коливання називаються гармонічними?
7. Як за рівнянням гармонічних коливань визначити їх період, частоту, кругову частоту?
8. Як за рівнянням гармонічних коливань визначити їх амплітуду?
9. Що називається положенням рівноваги?
10. Що називається відновлюючою силою?
11. Як визначається сила, що діє на матеріальну точку, яка здійснює прямолінійні гармонічні коливання?
12. Що називається коефіцієнтом жорсткості лінійно-пружної пружини?
13. Що таке статична деформація пружини?
14. Що називається власними коливаннями пружної системи?
15. Як виглядає диференціальне рівняння вільних прямолінійних коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$ ?
16. Як визначається частота власних коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$ ?
17. Як залежить частота власних коливань від зсуву точки від положення рівноваги і від швидкості точки в початковий момент?
18. Як залежить амплітуда власних коливань від зсуву точки від положення рівноваги і від швидкості точки в початковий момент?
19. Як виглядає рівняння вільних прямолінійних коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$ , якщо в початковий момент точка була зміщена з положення рівноваги на відстань  $x_0$  і мала швидкість  $v_0$ ?
20. Що називається збурюючою силою?
21. Як виглядає диференціальне рівняння руху матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$  при дії збурюючої сили, що змінюється за законом  $Q(t)$ ?
22. Що називається вимушеними коливаннями при дії періодичної збурюючої сили?
23. Як визначається частота вимушених коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$  при дії періодичної збурюючої сили, що змінюється за законом  $H \sin pt$ ?
24. Як визначається амплітуда вимушених коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$  при дії періодичної збурюючої сили, що змінюється за законом  $H \sin pt$ ?
25. Що називається резонансом? Як змінюється відстань від точки, яка здійснює коливання, до положення рівноваги при резонансі?
26. Який вигляд має рівняння руху матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$  при дії збурюючої сили, що змінюється за законом  $Q(t)$ , якщо в момент  $t=0$  точка знаходилася в положенні рівноваги і мала нульову швидкість? інтеграл Дюамеля
27. Як виглядає диференціальне рівняння вільних прямолінійних коливань матеріальної точки маси  $m$ , прикріпленої до пружної пружини з коефіцієнтом жорсткості  $c$  при дії сили опору, пропорційної швидкості,  $\vec{R} = -\gamma \vec{v}$ ?
28. Яким буде характер руху при слабкому опорі?
29. Що називається затухаючими гармонічними коливаннями?
30. Що називається умовним періодом згасаючих гармонічних коливань?
31. Що називається логарифмічним декрементом згасаючих гармонічних коливань?
32. Як залежить умовний період згасаючих гармонічних коливань від початкового положення і початкової швидкості точки?
33. Що називається узагальненими координатами механічної системи?
34. Що називається механічною системою з одним ступенем свободи?
35. Як виражається кінетична енергія механічної системи з одним ступенем свободи через

- узагальнену координату і її похідну за часом?
36. Що називається узагальненою силою, що відповідає деякій узагальненій координаті?
  37. Який вигляд має диференціальне рівняння руху механічної системи з одним ступенем свободи?
  38. Чому дорівнює узагальнена сила в положенні рівноваги механічної системи з одним ступенем свободи?
  39. Що розуміється під лінеаризацією диференціального рівняння?
  40. Який вигляд має лінеаризоване диференціальне рівняння руху механічної системи з одним ступенем свободи поблизу положення рівноваги?
  41. Чому дорівнює сила, що діє на матеріальну точку, пружно закріплену в площині, з боку пружного закріплення (відновлююча сила) при малому зміщенні з положення рівноваги (Якими співвідношеннями виражаються проекції цієї сили на координатні осі через координати точки)?
  42. Коли пружне закріплення називається консервативним?
  43. Яким умовам повинні задовольняти коефіцієнти жорсткості консервативного закріплення?
  44. Який кут утворює реакція пружного закріплення з вектором зміщення вантажу з положення рівноваги, якщо ця реакція має відновлюючий характер? Як аналітично виражається відновлюючий (а не перекидаючий) характер реакції закріплення?
  45. Яким умовам повинні задовольняти коефіцієнти жорсткості відновлюючого (стійкого) консервативного закріплення?
  46. Що називається вільним рухом пружної системи?
  47. Який вид мають диференціальні рівняння вільного руху в площині пружно закріпленої матеріальної точки?
  48. Який рух зосередженого вантажу, пружно закріпленого в площині, називається головними коливаннями?
  49. Як змінюються координати вантажу з плином часу при головних коливаннях?
  50. Як визначаються частоти і напрямки головних коливань (власні частоти і форми)?
  51. Як залежать власні частоти і форми від положення і швидкості вантажу в початковий момент часу?
  52. Скільки головних напрямків (власних форм) і відповідних їм власних частот існує для матеріальної точки, пружно закріпленої в площині?
  53. Який кут утворюють напрямки головних коливань зосередженого вантажу, пружно закріпленого в площині, які відповідають різним власним частотам?
  54. Як виглядає залежність від часу координат пружно закріпленого вантажу в загальному випадку його вільного руху (при довільних початкових умовах)?
  55. Який вид мають диференціальні рівняння руху системи двох зосереджених вантажів, закріплених на пружній балці?
  56. Що являють собою головні коливання такої системи?
  57. Як виглядає рівняння, з якого визначаються власні частоти (рівняння частот, частотне рівняння)?
  58. У чому полягає узагальнена ортогональність (m-ортогональність) власних форм?
  59. Що називається головними (нормальними) координатами пружної механічної системи?
  60. Який вид мають диференціальні рівняння вільного руху пружної системи з двома ступенями свободи в головних координатах?
  61. Як виглядає залежність від часу головних координат в загальному випадку вільного руху пружної системи з двома ступенями свободи (при довільних початкових умовах)?
  62. Що називається збурюючою силою і збурюючим навантаженням?
  63. Що називається вимушеним рухом пружної системи?
  64. Який вид мають диференціальні рівняння вимушеного руху пружної системи?
  65. Що називається вимушеними коливаннями пружної системи?
  66. Який вид мають диференціальні рівняння вимушеного руху пружної системи в головних координатах?

67. Як обчислюються узагальнені збуджуючі сили, які відповідають головним координатами?
68. У чому полягає ортогональність збуджуючого навантаження будь-якої з власних форм?
69. Як змінюються з плином часу головні координати пружної системи при усталених вимушених коливаннях, що викликаються гармонічним збуджуючим навантаженням?
70. Що називається резонансом? При яких значеннях частоти збуджуючого навантаження може настати резонанс?
71. За яких умов гармонічне збуджуюче навантаження, яке діє з частотою, яка дорівнює одній з власних частот пружної системи, не викликає резонансу?

### **Інформаційне забезпечення**

#### Основна література

1. Бекшаєв С.Я., Фомін В.М. Основи теорії коливань. Навчальний посібник. Одеса.: ОДАБА, 2013, 101с.
2. Бекшаєв С.Я. Методичні вказівки й завдання для розрахунково-графічних робіт з курсу «Основи теорії коливань». ОДАБА, Одеса, 2015. 45с.
3. Бекшаєв С.Я., Фомін В.М. Методичні вказівки з дисципліни «Основи теорії коливань» до практичних занять. Одеса.: ОДАБА, 2017, 60с.
4. Павловський М.А. Теоретична механіка. Київ.: «Техніка» 2002, 512с.

#### Допоміжні джерела інформації

5. Мещерский И.В. Сборник задач по теоретической механике. М.: Наука 1986, 448 с.
6. Лещенко Д.Д., Балдук П.Г., Бекшаєв С.Я., Козаченко Т.О. Словник термінів у галузі механіки. Одеса: ОДАБА, 2016, 114с.
7. Бекшаєв С.Я., Фомін В.М., Фоміна І.П. Динамічні моделі в інженерних задачах. Навчальний посібник. Одеса.: ОДАБА, 2012, 94с.
8. Воробйов В.В., Воробйова Л.Д., Киба С.П. Основи прикладної теорії коливань, Кременчук.: КНУ, 2020, 154с.
9. Устенко О. В., Візньак Р. І., Ловська А. О., Рибін А. В. Основи теорії коливань та стійкості рухомого складу. Навч. посібник. Харків: УкрДУЗТ, 2021. 129 с.