



Теорія коливань стрижневих і континуальних систем.

Частина 2. Поздовжні і крутильні коливання континуальних систем Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітня програма	Динаміка і міцність машин
Статус дисципліни	Нормативна, цикл професійної підготовки
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кр., 120 год. (18 год. – лекції, 36 год. – практичні заняття)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен Модульна контрольна робота
Розклад занять	rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції, практичні заняття: д.т.н., проф. Боронко О.О.

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Теорія коливань – наука про основні закони коливань і умови існування коливань та інших рухів. Перед теорією коливань стоять дві основні задачі: як малою силою викликати корисні коливання та як послабити дію шкідливих коливань.

Дисципліна «Теорія коливань стрижневих і континуальних систем» входить до циклу професійної підготовки бакалавра за освітньою програмою «Динаміка і міцність машин» спеціальності 131 Прикладна механіка.

Вона формує теоретичні та практичні знання студентів для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану та правильної оцінки ресурсу.

Лекційний матеріал містить теоретичні положення, на яких базується курс, постановку задач, методи розв'язку задач теорії коливань і стійкості руху з визначення динамічного стану та його аналізу. Практичні заняття сприяють оволодінню студентами уміннями і навичками розв'язку задач, пов'язаних з теоретичними розрахунками при визначенні власних частот та власних форм коливань.

Метою курсу є надбання студентами знань про основні закони коливань і хвиль, які пояснюють різні динамічні ефекти – резонансні, антирезонансні, нелінійні та ін. Після опанування дисципліни студенти отримають уміння застосовувати методи курсу та суміжних дисциплін до наукової творчості та технічних вирішень на основі вже пізнаних динамічних ефектів у кожному розділі курсу на кожній моделі коливної системи та навичок відшукування розв'язків та оформлення винаходів і наукових досягнень для зменшення шкоди машині і людині- оператору від впливу вібрацій, а також знаходження режимів ефективної роботи коливної системи, що моделює машину.

Компетентності освітньо-професійної програми «Динаміка і міцність машин» спеціальності 131 Прикладна механіка, які сформулюються у студентів у результаті опанування навчальної дисципліни (у т.ч. з іншими освітніми компонентами програми):

- ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- ЗК 4. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- ФК 1. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки;

- ФК 2. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;
- ФК 14. Здатність оптимізувати конструкцію устаткування, машини, агрегату, вузла, тощо з точки зору її міцності, надійності та вартості;
- ФК 15. Здатність коректно визначати граничні умови та створювати розрахункові моделі реальної конструкції з урахуванням зовнішнього експлуатаційного навантаження.

Програмні результати навчання, які здобудуть студенти після опанування навчальної дисципліни (у т.ч. з іншими освітніми компонентами програми):

- РН 3. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;
- РН 4. Оцінювати надійність деталей і конструкцій машин в процесі статичного та динамічного навантаження;
- РН 20. Знання з теорії коливань та стійкості руху;
- РН 26. Уміння синтезувати алгоритми вирішення науково-технічних завдань з використанням сучасних технічних і програмних інформаційних засобів реалізації підтримки наукової та технічної діяльності;
- РН 28. Уміння готувати вихідні дані для обґрунтування технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій;
- РН 31. Уміння проводити аналітичні розрахунки елементів машинобудівних конструкцій на міцність жорсткість та стійкість.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення дисципліни базується на таких освітніх компонентах програми:

- ПО 1. Вища математика
- ПО 2. Лінійна алгебра і аналітична геометрія
- ПО 8 Теоретична механіка
- ПО 21. Будівельна механіка стержневих систем

Освітні компоненти програми, що базуються на навчальній дисципліні:

- ПО 25. Переддипломна практика
- ПО 26 Дипломне проектування

3. Зміст освітнього компонента навчальної дисципліни

Розділ 1. Розрахунок поєздовжніх та крутильних коливань стержнів

Тема 1.1. Розрахунок коливань стержнів. Поєздовжні коливання стержнів. Виведення диференціального рівняння поєздовжніх коливань стержня змінного перерізу із прямою віссю

Тема 1.2. Крутильні коливання стержнів

Тема 1.3. Поперечні коливання струни

Тема 1.4. Метод початкових параметрів

Тема 1.5. Визначення власних частот і форм поєздовжніх коливань стержня за неоднорідних граничних умов

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні:

1. Коливання стержнів, пластин та оболонок [Електронний ресурс] : підручн. для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, Я. І. Лавренко, С. І. Трубочев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 251 с.
2. Теорія коливань і стійкості руху : підручник для студ. вищ техніч. навч. закл. / М.В. Василенко, О.М. Алексейчук. – Київ : Вища школа, 2004. – 525 с.
3. Теорія коливань та стійкості руху : навч. посіб. для студ. напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / А.Є. Бабенко, М.І. Бобир, О.О. Боронко, С.І. Трубочев. – Київ : Гама-Принт, 2010. – 172 с.
4. Теорія коливань та стійкості руху: Коливальні системи з розподіленими параметрами: Курсовий проект [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, А. П. Грабовський, А. М. Бабак ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,48 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 67 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23729>
5. Теорія коливань та стійкості руху [Електронний ресурс] : збірник завдань до курсового проектування та практичних занять для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. А. Є. Бабенко, М. І. Бобир, О. О. Боронко, С. І. Трубочев. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/794>

Допоміжні:

6. Методичні вказівки до виконання комплексних контрольних робіт (ККР) з дисципліни «Теорія коливань та стійкості руху» для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, А. П. Грабовський [та ін.]. – Електронні текстові дані (1 файл: 136 Кбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 13 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6623>
7. Методичні вказівки до виконання самостійної роботи з дисципліни «Теорія коливань та стійкості руху» (Системи з одним ступенем свободи) для студентів напряму підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» [Електронний ресурс] / НТУУ «КПІ»; уклад. А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, А. П. Грабовський [та ін.]. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,12 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2013. – 62 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6624>
8. Методи досліджень механічних властивостей матеріалів та виробів динамічними методами [Електронний ресурс]: практичний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ»; уклад. М. С. Шидловський, О. О. Боронко, Д. Ю. Шпак. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,98 Мбайт). – Київ: НТУУ «КПІ», 2014. – 81 с. – URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/7794>
9. Динаміка оболонок при кінематичному збудженні: Методичні вказівки до курсу "Теорія коливань": для студентів мех.-машинобуд. фак. усіх форм навч. / М.В. Василенко. – К.: КПІ, 1994. – 24 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування освітнього компонента

Лекції:

Розділ 1. Розрахунок поєздовжніх та крутильних коливань стержнів

Лекція 4. . Метод біжучих хвиль (метод Д'Аламбера).

Лекція 5. Визначення власних частот і форм поєздовжніх коливань стержня за неоднорідних граничних умов.

Лекція 6. Вільні поєздовжні коливання стержня з урахуванням внутрішнього або зовнішнього тертя.

Лекція 7. Вимушені поєздовжні коливання стержнів. Вимушені поєздовжні коливання стержнів з урахуванням тертя/

Лекція 8. Метод початкових параметрів. y

Розділ 2. Крутильні коливання стержнів

Лекція 9. Виведення диференціального рівняння крутильних коливань стержня змінного перерізу з прямою віссю. Ле Вільні крутильні коливання стержня змінного перерізу Визначення власних частот і форм крутильних коливань стержня постійного перерізу.

Практичні заняття

Розділ 1. Розрахунок поєздовжніх коливань стержнів

На практичних заняттях студенти розв'язують задачі, що відповідають окремим темам курсу. Особлива увага приділяється типовим задачам, які є складовою частиною курсової роботи.

Практичне заняття 1. Вільні поєздовжні коливання стержня постійного перерізу.

Практичне заняття 2. Визначення власних частот і форм поєздовжніх коливань

Практичне заняття 3. Вільні поєздовжні коливання стержня з урахуванням внутрішнього або зовнішнього тертя.

Практичне заняття 4. Вимушені поєздовжні коливання стержня постійного перерізу.

Практичне заняття 5. Метод біжучих хвиль (метод Д'Аламбера).

Практичне заняття 6. . Визначення власних частот і форм поєздовжніх коливань стержня за неоднорідних граничних умов.

Практичне заняття 7. Вимушені поєздовжні коливання стержнів з урахуванням тертя

Практичне заняття 8. Кінематичне збудження поєздовжніх коливань стержня.

Практичне заняття 9. Поперечні коливання струни.

Практичне заняття 10. Метод початкових параметрів

Практичне заняття 11. Наближені методи визначення власних частот і форм коливань.

Практичне заняття 12. . Випадкові вимушені поєздовжні коливання стержнів

Розділ 2. Крутильні коливання стержнів

Практичне заняття 13. Вільні крутильні коливання стержнів.

Практичне заняття 14. Метод початкових параметрів.

Практичне заняття 15. Визначення власних частот і форм крутильних коливань стержня за неоднорідних граничних умов.

Практичне заняття 16. Наближені методи визначення власних частот і форм коливань.

Практичне заняття 17. Вимушені крутильні коливання пружного призматичного стержня.

Практичне заняття 18. Вимушені крутильні коливання стержнів з урахуванням тертя

6. Самостійна робота здобувача вищої освіти

Навчальним планом передбачено час на самостійну роботу студента, що включає підготовку до лекцій, практичних занять, контрольних робіт та екзамену.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати аудиторні заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для здобуття необхідних компетентностей та результатів навчання, а також будуть корисними для виконання курсової роботи з навчальної дисципліни.

Порушення термінів виконання практичної роботи штрафується: за кожне завдання –1 бал. Штрафні бали не застосовуються в разі невчасного виконання практичної роботи з поважної причини.

При відсутності студента з поважної причини на контрольній роботі йому надається право виконати цю контрольну роботу протягом двох тижнів після виходу на заняття.

Академічна доброчесність: політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/code>.

У разі виявлення академічної недоброчесності – контрольний захід не враховується.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1) Практичні заняття

Робота на практичному занятті оцінюється максимум у 5 балів (усього 9 занять).

Критерії оцінювання:

5 балів – завдання виконано у повному обсязі без помилок, студент показує глибокі знання з теми завдання, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання під час здачі;

4 бали – завдання виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але в цілому задачу виконано логічно, під час здачі студент показує знання з теми завдання, майже впевнено відповідає на поставлені запитання;

3 бали – завдання виконано у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, але задачу виконано здебільшого логічно, під час здачі студент виявляє невпевненість, показує слабкі знання з теми завдання, не завжди дає вичерпні відповіді на запитання;

0 балів – завдання не виконано взагалі, або виконано не в повному обсязі, або зі значними помилками, під час здачі студент не може відповісти на жодне поставлене запитання з теми завдання.

2) Контрольні роботи за розділами

Після завершення вивчення кожного з розділів на практичному занятті проводиться контрольна робота. Усього проводиться дві контрольні роботи. Максимальний бал за кожну контрольну роботу – 5 балів.

Критерії оцінювання:

5 балів – виконання роботи у повному обсязі без помилок;

4 бали – виконання роботи у повному обсязі з незначними неточностями;

3 бали – виконання роботи майже у повному обсязі з незначними помилками;

0 балів – повне невиконання роботи або виконання роботи зі значними помилками.

3) Календарний контроль

Двічі на семестр (8 та 14 тиждень) проводиться календарний контроль як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умови позитивних результатів: 1-й календарний контроль – мінімальний рейтинг 12 балів, 2-й календарний контроль – мінімальний рейтинг 20 балів.

4) Семестровий контроль

Семестровий контроль – екзамен.

Умовою допуску до екзамену є семестровий рейтинг 30 і більше балів.

Екзаменаційний білет складається з трьох теоретичних запитань (по 5 балів кожне) та трьох практичних задач (по 10 балів кожна).

Критерії оцінювання теоретичного запитання:

5 балів – повна правильна відповідь на запитання;

4 бали – повна відповідь на запитання з незначними помилками або неточностями;

3 бали – майже повна відповідь з незначними помилками або неточностями;

0 балів – відповідь відсутня або неправильна.

Критерії оцінювання практичної задачі:

10 балів – задачу виконано правильно у повному обсязі;

9...8 балів – задачу виконано у повному обсязі з незначними помилками, в цілому логічно;

7...6 балів – задачу виконано майже у повному обсязі з незначними помилками або неточностями, здебільшого логічно;

0 балів – задачу виконано неправильно або не виконано взагалі.

У підсумку бали за виконання заходів поточного контролю (відповіді на практичних заняттях, виконання контрольних робіт), штрафні бали та бали, отримані на екзамені, підсумовуються і переводяться до оцінки:

Сума балів	Оцінка за університетською шкалою
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
59 і менше	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Недопущено

9. Додаткова інформація

Під час дистанційного навчання екзамен проводиться згідно з регламентом проведення семестрового контролю в дистанційному режимі <https://osvita.kpi.ua/node/148>.

Перелік питань для підготовки до екзамену:

1. Класифікація систем з розподіленими параметрами. Матричне рівняння Ламе.
2. Виведення диференційного рівняння поздовжніх коливань стержня.
3. Операторне представлення диференційного рівняння поздовжніх коливань стержня.
4. Властивості операторів рівняння вільних поздовжніх коливань стержня.
5. Властивості власних частот і власних форм поздовжніх коливань стержня.
6. Доведення умов ортогональності власних форм поздовжніх коливань стержня і формул зведення.
7. Хвильове рівняння і його розв'язування у випадку, коли обидва кінці стержня вільні для поздовжніх переміщень.
8. Розв'язування хвильового рівняння у випадку, коли обидва ці стержня закріплені.
9. Розв'язування хвильового рівняння у випадку, коли один кінець стержня закріплений, а другий вільний.
10. Неоднорідні граничні умови при поздовжніх коливаннях стержня.
11. Визначення власних частот і власних форм коливань стержня постійного перерізу при неоднорідних граничних умовах.
12. Виведення умов ортогональності та формул зведення при неоднорідних граничних умовах при поздовжніх коливаннях стержня.
13. Розв'язування хвильового рівняння методом Д'Аламбера. Фізичний зміст розв'язку.
14. Зв'язок між розв'язками Д'Аламбера і Фур'є для хвильового рівняння.
15. Синусоїдальна хвиля. Довжина хвилі, її залежність від хвильового числа.
16. Вільні поздовжні коливання з урахуванням в'язкого тертя. Розв'язування МГК. Характер коливань.
17. Вимушені поздовжні коливання ідеально пружного стержня. Розв'язування МГК. Вимушуюча сила довільна, гармонічна.
18. Вимушені поздовжні коливання під дією розподіленої гармонічної сили при наявності в'язкого тертя. Частотна передаточна функція.
19. Кінематичне збудження поздовжніх коливань стержня.
20. Метод початкових параметрів для поздовжніх коливань у глобальній системі координат.
21. Метод початкових параметрів для поздовжніх коливань у формі Коші.
22. Метод початкових параметрів у матричному вигляді при поздовжніх коливаннях стержня.
23. Крутильні коливання круглого стержня.
24. Виведення диференційного рівняння поперечних коливань струни.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Проф. кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, д.т.н., проф. Боронко О.О.

Доц. кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів, к.т.н., доц. Трубачев С.І.

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 11 від 01.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 11 від 29.08.2022 р.)