



Коливання континуальних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова дисципліна</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 120 годин, (36 год. – лекції, 36 год. – практичні заняття)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік Модульні контрольні роботи</i>
Розклад занять	rozklad.kpi.ua
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Боронко О.О. Практичні: проф., Боронко О.О. http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/14-boronko-oleg-oleksandrovich.html
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle , Google classroom, тощо)

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія коливань – наука про основні закони 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.

Розповсюдження коливань у фізичному просторі називається хвилею. Механічні системи, які можуть коливатися, називаються коливними системами. Усі коливні системи є нелінійними та континуальними. Але для полегшення їх аналізу застосовують моделі – насамперед це системи з одним ступенем вільності, які дозволяють здійснювати первісну оцінку цих процесів – а також системи з декількома ступенями вільності. Серед останніх розрізняють одновимірні моделі (стержень, балка, струна, вал та інші), двовимірні (пластина, оболонка), трьохвимірні (тверді пружні тіла, рідини, гази). Але коливні явища в техніці, природі і в людей реально існують тільки за умов їх стійкості. Тому теорію коливань потрібно вивчати разом з теорією стійкості руху.

Для кожної моделі розглядаються вільні, вимушені, параметричні коливання, а також автоколивання.

Нелінійні коливання, стійкість руху розглядаються в основному для систем з одним ступенем вільності. Подальший розвиток науки та техніки, всезростаюча необхідність розв'язання нових задач машинобудування з урахуванням динамічних та випадкових навантажень не дає змоги обійтись тільки статичними детермінованими розрахунками з метою підвищення міцності та надійності машин при одночасному зменшенні їх ваги.

Настав час, коли для цього потрібно використовувати й чисельні динамічні ефекти (резонансні, антирезонансні, нелінійні), які широко висвітлюються в теорії коливань.

Дисципліна "Коливання континуальних систем" входить до дисциплін циклу професійної підготовки бакалавра освітньої програми „Динаміка і міцність машин”. Вона формує теоретичні та практичні знання студентів для раціонального проектування елементів машин, оцінки напружено-деформованого стану та правильної оцінки ресурсу.

Метою дисципліни є надбання студентами **ЗНАНЬ** про основні закони коливань і хвиль, які пояснюють різні динамічні ефекти - резонансні, антирезонансні, нелінійні та інші. В результаті вивчення дисципліни студенти набувають **УМІНЬ** застосовувати отримані знання і вивчені методики до наукової творчості та вирішення технічних задач на основі вже пізнаних динамічних ефектів у кожному розділі курсу на кожній моделі коливної системи.

В результаті вивчення дисципліни студенти набувають стійких **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.

Перекревізити та посткревізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Дисципліна "Коливання континуальних систем" базується на наступних дисциплінах: «Вища математика», «Лінійна алгебра та аналітична геометрія», «Теоретична механіка», «Механіка матеріалів і конструкцій», «Теорія пружності». В свою чергу набуті знання є передумовою вивчення дисципліни як «Теорія коливань стрижневих і континуальних систем систем», Лекційний матеріал містить теоретичні положення, на яких базується курс, постановку задач, методи розв’язку задач теорії коливань і стійкості руху по визначенню динамічного стану та його аналізу. Практичні заняття сприяють оволодінню студентами вмінням і навичками розв’язку задач пов’язаних з теоретичними розрахунками при визначенні власних частот та власних форм коливань.

2. Зміст навчальної дисципліни

1. АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ РУХЛИВОЇ МАСИ РІДИНИ

- 1.1 Методи опису рухливої маси рідини в замкнутій ємності
- 1.2 Методика визначення поверхневих коливань рідини
- 1.3 Метод формалізації коливань рідини з вільною поверхнею
- 1.4 Масово-інерційні показники руху рідини, що коливається

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВІЛЬНИХ КОЛИВАНЬ РІДИНИ

- 2.1 Мета експериментальних досліджень, прилади і обладнання
- 2.2 Теоретичні результати досліджень з визначення частоти вільних коливань рідини
- 2.3 Результати експериментальних досліджень з визначення основної частоти вільних коливань рідин
- 2.4 Теоретичне дослідження з визначення декременту загасання вільних коливань рідини в прямокутній ємності
- 2.5 Експериментальне дослідження з визначення декременту загасання рідин різної в’язкості
- 2.6 Визначення формули для опису залежності декременту від амплітуди коливань рідини
- 2.7 Вплив декременту загасання на коливання рідини в ємності

РОЗДІЛ 3. ПАСИВНИЙ ПРИНЦИП ЗАХИСТУ ВІД НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ МАС З РІДИНОЮ

- 3.1 Складання математичної моделі для дослідження вільних коливань системи
- 3.2 Аналіз вільних коливань системи в поздовжньо-вертикальній площині руху
- 3.3 Спектральні явища та теореми про властивості пучка симетричних матриць
- 3.4 Дослідження енергетичних властивостей на основі динамічного аналізу в поздовжньо-вертикальній площині руху
- 3.5 Аналіз вільних коливань системи в поперечно-вертикальній площині

РОЗДІЛ 4. АКТИВНИЙ ПРИНЦИП ЗАХИСТУ ВІД НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ МАС З РІДИНОЮ

- 4.1 Формування нелінійної математичної моделі коливань мас системи в поздовжньо-вертикальній площині
- 4.2 Параметричні коливання в системи в поздовжньо-вертикальній площині
- 4.3 Формування нелінійної математичної моделі коливань мас системи в поперечно-вертикальній площині
- 4.4 Параметричні коливання в системи в поперечно-вертикальній площині

3. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Василенко М. В., Алексейчук О. М. Теорія коливань і стійкості руху : Підручник.- К.: Вища шк., 2004.- 525 с.: іл.
2. Жериков А. В. Застосування квазігідродинамічних рівнянь: математичне моделювання течії вязкої нестисненої рідини / А. В. Жериков. — Saarbrücken : Lambert Academic Publishing, 2010. — 124 с.
3. Александров Д. В. Прикладна гідродинаміка : навч. посібник для вузів / Д. В. Александров, А. Ю. Зубарєв, Л. Ю. Іскакова. — М.: Вид-во Юрайт, 2018. — 109 с.
4. Методи досліджень механічних властивостей матеріалів та виробів динамічними методами. Практичний посібник. Для студентів напрямку підготовки 6.050501 "Прикладна механіка" // Шидловський М.С., Боронко О.О., Шпак Д.Ю. — К.: НТУУ "КПІ", 2014.
5. Воробйов В. В., Воробйова Л. Д., Киба С. П. Основи прикладної теорії коливань: Підручник для студентів машинобудівних та електромеханічних спеціальностей. Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2020. - 156 с.
6. Технічна механіка рідини і газу: підручник / С.О. Вамболь, І.В. Міщенко, О.М. Кондратенко. — Х. : НУЦЗУ, 2016. — 300 с.
7. Альтман, Е. І. Гідрогазодинаміка : навч. посіб. / Альтман Елла Іллівна, Бошкова Ірина Леонідівна ; Одес. нац. акад. харчових технологій. — Одеса: Бондаренко М. О., 2019. — 188 с.

Допоміжна література

8. А.Є.Бабенко, О.О.Боронко, Я.І.Лавренко, С.І.Трубачев. Коливання неконсервативних механічних систем: Монографія. — Нац.техн.ун-т України «КПІ імені Ігоря Сікорського». —Київ: 2020. — 153 с. Гриф надано Вченою радою Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (протокол № 8 від 14 . 12. 2020 р.) <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38187>
9. Слезкін Н. А. Динаміка вязкої нестисненої рідини. — М.: Держ. вид-во фіз.- тех. літ-ри, 1955. — 521 с.
10. Основи теорії коливань механічних систем: Навчальний посібник для студентів дисципліни "Теорія коливань" / Швайко Микола Юрійович - Дніпропетровський державний університет. - Дніпропетровськ : РВВ ДДУ, 2000. - 268 с.
11. Теорія коливань : Навч. посіб. для вищ. навч. закл. / Ю.С. Рудь, І.С. Радченко, С.М. Кузьміч, В.Ю. Білоножко. - Кривий ріг : Мінерал, 2002. - 391 с.

4. Навчальний контент

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції

- Лекція 1. методи опису рухливої маси рідини в замкнутій ємності
- Лекція 2. Аналіз коливальних процесів. Проблема моделювання руху
- Лекція 3. Концепція зниження низькочастотних коливань з рідиною
- Лекція 4. Методика визначення поверхневих коливань рідини
- Лекція 5. Метод формалізації коливань рідини з вільною поверхнею. Масово-інерційні показники руху рідини, що коливається
- Лекція 6. Мета експериментальних досліджень, прилади і обладнання
- Лекція 7. Теоретичні результати досліджень з визначення частоти вільних коливань рідини
- Лекція 8. Результати експериментальних досліджень з визначення основної частоти вільних коливань рідин
- Лекція 9. Теоретичне дослідження з визначення декременту загасання вільних коливань рідини в прямокутній ємності
- Лекція 10. Експериментальне дослідження з визначення декременту загасання рідин різної в'язкості
- Лекція 11. Визначення формули для опису залежності декременту від амплітуди коливань рідини
- Лекція 12. Вплив декременту загасання на коливання рідини в ємності
- Лекція 13. Складання математичного апарату для дослідження вільних коливань системи
- Лекція 14. Аналіз вільних коливань системи в поздовжньо-вертикальній площині руху
- Лекція 15. Спектральні явища та теореми про властивості пучка симетричних матриць
- Лекція 16. Дослідження енергетичних властивостей на основі динамічного аналізу в поздовжньо-вертикальній площині руху. Аналіз вільних коливань системи в поперечно-вертикальній площині

Лекція 17. Формування нелінійної математичної моделі коливань мас системи в поздовжньо-вертикальній площині. Параметричні коливання в системі в поздовжньо-вертикальній площині
 Лекція 18. Формування нелінійної математичної моделі коливань мас системи в поперечно-вертикальній площині. Параметричні коливання в системі в поперечно-вертикальній площині

Практичні заняття

- ПЗ 1. Аналіз методів опису рухливої маси рідини в замкнутій ємності
- ПЗ 2. Аналіз коливальних процесів
- ПЗ 3. Методика визначення поверхневих коливань рідини
- ПЗ 4. Метод формалізації коливань рідини з вільною поверхнею
- ПЗ 5. Масово-інерційні показники руху рідини, що коливається
- ПЗ 6. Мета експериментальних досліджень, прилади і обладнання
- ПЗ 7. Теоретичні результати досліджень з визначення частоти вільних коливань рідини
- ПЗ 8. Теоретичне дослідження з визначення декременту загасання вільних коливань рідини в прямокутній ємності
- ПЗ 9. Визначення декременту загасання рідин різної в'язкості. Визначення формули для опису залежності декременту від амплітуди коливань рідини
- ПЗ 10. Вплив декременту загасань на коливання рідини в ємності
- ПЗ 11. Запис математичного апарату для дослідження вільних коливань системи
- ПЗ 12. Аналіз вільних коливань системи в поздовжньо-вертикальній площині руху
- ПЗ 13. Спектральні явища та теореми про властивості пучка симетричних матриць
- ПЗ 14. Аналіз вільних коливань системи в поперечно-вертикальній площині
- ПЗ 15. Нелінійна математична модель коливань мас системи в поздовжньо-вертикальній площині.
- ПЗ 16. Параметричні коливання в системі в поздовжньо-вертикальній площині
- ПЗ 17. Нелінійна математична модель коливань мас системи в поперечно-вертикальній площині.
- ПЗ 18. Параметричні коливання в системі в поперечно-вертикальній площині

5. Самостійна робота студента

Після завершення вивчення розділів студенти виконують контрольні роботи, які включають задачі. Метою контрольних робіт є перевірка засвоєння навчального матеріалу, закріплення теоретичних знань і набуття навичок розв'язування практичних задач.

На практичних заняттях розв'язують задачі, що відповідають окремим темам курсу. Особлива увага приділяється типовим задачам, які є складовою частиною курсової роботи (КР). Під час самостійного розв'язання задач КР студенти можуть користуватися основною і додатковою літературою та методичними вказівками. Кожна задача КР повинна бути захищена. Під час захисту студент повинен знати теоретичний матеріал, який використовується для розв'язання задачі, а також розв'язати задачі. За результатами захисту окремих задач проставляється оцінка за КР та кількість набраних балів. Для підготовки до лекцій, практичних, а також виконання і захисту КР студенти користуються конспектом лекцій, підручниками і методичними вказівками, наведеними нижче.

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали (.....наприклад)

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал

Своєчасне виконання практичної роботи (за кожне завдання)	+ 4 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожне завдання)	0 балів
		Несвоєчасне написання модульної контрольної роботи (на запланованому занятті)	0 балів

Пропущені контрольні заходи

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання, але до терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), оцінюється зі штрафними балами.

Індивідуальне завдання, яке подається на перевірку з порушенням терміну виконання та після терміну виставлення поточної атестації (або заліку / іспиту), не оцінюється.

Академічна доброчесність

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

Норми етичної поведінки

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

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Коливання континуальних систем» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Коливання континуальних систем» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

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

Вказуються всі види контролю та бали за кожен елемент контролю, наприклад:

Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тест тощо

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог syllabus.

Семестровий контроль: екзамен / залік / захист курсового проекту (роботи)

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання / зарахування усіх лабораторних робіт / семестровий рейтинг більше XX балів.

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Практична робота	60	5	12	60
4.	Залік	40	40	1	40
Всього					100

Результати оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

Поточний контроль: модульна контрольна робота, оцінювання дистанційного навчання

1. Модульна контрольна робота

№ з/п	Модульна контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	90	30	3	90
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	25	3	75
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	20	3	60
4.	Відповідь на тестове запитання з варіантами відповідей	10	10	1	10
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100

2. Дистанційне навчання

Виставлення оцінки за дистанційне навчання шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів у системі Moodle передбачено лише для контрольних запитань і результатів тестування за виконання індивідуального завдання.

Виставлення оцінки за контрольні заходи (практичні роботи, модульна контрольна робота) шляхом перенесення результатів проходження онлайн-курсів не передбачено.

№ з/п	Дистанційне навчання	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь на контрольні запитання в онлайн-системі Webex або Zoom	40	10	4	40
2.	Відповідь на тести у системі Moodle	50	10	5	50
3.	Вчасність проходження дистанційного навчання	10	10	1	10
Всього					100

У разі виявлення академічної не доброчесності під час дистанційного навчання – контрольний захід не враховується, студент до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Проміжна атестація студентів (далі–атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання та моніторинг виконання графіка освітнього процесу.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації ⁴			8-ий тиждень	14-ий тиждень
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг ⁵		≥ 15 балів	≥ 30 балів
	Виконання практичних робіт	Практична робота	+	+
		Практична робота	—	+

	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота	—	—
--	--	----------------------------	---	---

Семестровий контроль: залік

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD $\geq$ 30

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання практичних робіт;
2. Позитивний результат першої атестації та другої атестації;
3. Відвідування 60% лекційних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

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. Лавренко Я.І.

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р..)

Погоджено Методичною комісією Механіко-машинобудівного інституту (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)