



ТЕРМОВІБРАЦІЙНА НАДІЙНІСТЬ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПРИСТРОЇВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</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)/очна(вечірня)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, 2 семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів (150 годин) 36 год. – лекцій, 36 год.– лабораторних, 78 год. – самостійна робота</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/?groupId=643f5371-98b5-4620-95aa-b0cb0062550e</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лекції, практичні, заліки, екзамени : <i>проф, д.т.н., Цибенко Олександр Сергійович, as-ts@ukr.net</i>
Профіль викладача	http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/24-tsybenko-oleksandr-serhiiovych.html http://intellect.mmi-dmm.kpi.ua/profile/cos1

Програма навчальної дисципліни

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

Мета дисципліни.

Метою навчальної дисципліни «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» є формування у студентів загальних понять сучасної термодинаміки та професійної здатності майбутньої самостійності фахової діяльності по практичному застосуванню сучасних методів визначення характеристик надійності і довговічності. Також з використанням методів статистичної механіки обґрунтовується широкий клас феноменологічних теорій незворотніх термодинамічних процесів. Охоплює розділи класичної термодинаміки, феноменологічних рівнянь, кінетичної теорії, застосувань методів нерівноважної термодинаміки до моделювання фізико-хімічних явищ в складних системах.

Дана дисципліна тісно пов'язана з такими дисциплінами як «Математика», «Математична фізика», «Системи автоматизації інженерних розрахунків».

Впродовж курсу розглядаються наступні питання: кінематику деформування суцільних середовищ, рівняння балансу класичної механіки суцільних середовищ в формі законів

збереження, визначальні співвідношення електротермомеханіки для пружних і непружних середовищ, умови спряження функцій на поверхнях розривів електротермомеханічних полів. Приведено узагальнену методику побудови початково-крайових задач механіки. Наведено основні співвідношення, які визначають математичну модель технологічних процесів в формі крайової задачі механіки деформівних електропровідних тіл з урахуванням електротермомеханічної зв'язаності, фізичної нелінійності, скінченності деформацій та контактної взаємодії.

Предмет дисципліни.

Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями (темами):

1. Елементи теорії електротермомеханіки та термодинаміки.
2. Завдання і методи статичної динаміки механічних систем.
3. Поняття надійності і довговічності технічних об'єктів.
4. Загальна теорія надійності механічних систем.
5. Оцінка ресурсу машин і конструкцій при проектуванні і під час експлуатації.

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

Наявність освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 131 Прикладна механіка або суміжними спеціальностями, який включає дисципліни Вища математика, Механіка матеріалів і конструкцій, Математична фізика, Теорія пружності/механіка деформівного твердого тіла. Ймовірнісні методи в механіці

Дисципліна «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» має завершальний дисциплінарний характер. При її вивченні використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика в тому числі теорія ймовірності, випадкових процесів і полів за допомогою яких обчислюються числові та ймовірні характеристики деформацій конструкції, напруження структурних компонентів, сил реакцій опорних елементів, функціональна стабільність елементів конструкції для її життєвого циклу. Дисципліна є логічним продовженням дисципліни «Ймовірнісні методи в механіці», отримані практичні навички та засвоєні теоретичні знання під час вивчення навчальної дисципліни «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» можна використовувати у подальшому безпосередньо при виконанні досліджень, передбачених тематикою магістерської кваліфікаційної роботи (магістерської дисертації). Студент отримає необхідні теоретичні знання та практичні навички для знаходження характеристик надійності і довговічності виробів сучасної техніки на етапі проектування і життєвого циклу.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. КІНЕМАТИКА ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ.

Тема 1. Опис руху тіла, що деформується.

Тема 2. Тензори і міри деформацій.

Тема 3. Апроксимація тензорів деформацій.

Тема 4. Швидкості деформування і деформації.

Тема 5. Розкладання деформації при не пружному деформуванні.

Тема 6. Швидкості зміни геометричних характеристик тіла, що деформується.

Розділ 2. НАПРУЖЕНИЙ СТАН ТІЛА, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ.

Тема 1. Тензори напружень.

Тема 2. Апроксимація тензорів напружень.

Тема 3. Швидкість зміни напружень.

Розділ 3. РІВНЯННЯ БАЛАНСУ.

Тема 1. Загальні рівняння балансу.

Тема 2. Рівняння балансу класичної механіки суцільних середовищ в формі законів збереження.

Тема 2.1. Закон збереження маси.

Тема 2.2. Закон збереження кількості і момент кількості руху.

Тема 2.3. Рівняння балансу енергії.

Тема 2.4. Умови на поверхнях розриву.

Тема 2.5. Умови балансу в макроскопічній електродинаміці.

Тема 2.5.1. Фундаментальні закони електродинаміки.

Тема 2.5.2. Рівняння балансу енергії електромагнітного поля.

Тема 2.5.3. Рівняння балансу електромагнітного імпульсу.

Тема 2.6. Рівняння балансу матеріального континууму в електромагнітному полі.

Розділ 4. ВИЗНАЧАЛЬНІ РІВНЯННЯ.

Тема 1. Загальні принципи побудови визначальних співвідношень.

Тема 2. Застосування законів термодинаміки для виведення визначальних співвідношень.

Тема 3. Визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ.

Тема 4. Математична модель електротермомеханічних процесів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Цибенко О.С., Кришук М.Г. Імітаційне моделювання електротермомеханічних процесів в деформованих середовищах. Частина 1. Початково-крайові задачі електротермомеханіки. Навчальний посібник. – Київ: НТУУ «КПІ», 2021.- 81с.
2. Постольник Ю.С., Солод В.Ю.. Інженерна термомеханіка. Навчальний посібник. Дніпродзержинськ, видавництво ДДТУ, 2006. – 247 с.

Додаткова література :

1. Гачкевич О.Р., Мусій Р.С., Стасюк Г.Д. Зв'язані задачі термомеханіки електропровідних тіл з плоскопаралельними межами за імпульсних електромагнітних дій. Монографія. - Львів : Растр-7. – 2019. – 280 с.
2. Кушнір Р.М., Попович В.С., Ясінський А.В. Моделювання та оптимізація в термомеханіці електропровідних неоднорідних тіл : у 5-ти т. – Т. 5 : Оптимізація та ідентифікація в термомеханіці неоднорідних тіл. - Львів : СПОЛОМ. – 2011. – 256 с.
3. Карнаухов В.Г. Термомеханіка зв'язаних полів в непружних матеріалах та елементах конструкцій при гармонічному навантаженні // Вісник Київ. ун-ту. Серія фізико-математичні науки. – 2013. – № 3. – С.142 – 145.
5. Булат А.Ф., Дырда В.И., Карнаухов В.Г., Звягильский Е.Л., Кобец А.С. Термомеханическая теория вязкоупругих тел. – К: Наук. думка, 2013. – 428 с. – (Прикл. механика упруго-наследственных сред: В 3-х томах. – Т. 3).
6. Цыбенко А.С., Кришук Н.Г., Конюхов А.С. Математическое моделирование электротермомеханических процессов при индукционном нагреве проводящих тел. Политехника», НТУУ «КПИ», Киев, 2007. – 196 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	Разом	Лекції	Практичні	Лаборатор	Інд. заняття	СРС
Розділ 1. КІНЕМАТИКА ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ. Тема 1. Опис руху тіла, що деформується.	8	2	2			4
Тема 2. Тензори і міри деформацій.	8	2	2			4
Тема 3. Апроксимація тензорів деформацій.	8	2	2			4
Тема 4. Швидкості деформування і деформації.	8	2	2			4
Тема 5. Розкладання деформації при не пружному деформуванню.	8	2	2			4
Тема 6. Швидкості зміни геометричних характеристик тіла, що деформується.	8	2	2			4
Розділ 2. НАПРУЖЕНИЙ СТАН ТІЛА, ЩО ДЕФОРМУЄТЬСЯ. Тема 1. Тензори напружень.	8	2	2			4
Тема 2. Апроксимація тензорів напружень. Тема 3. Швидкість зміни напружень.	9	2	2			5
Розділ 3. РІВНЯННЯ БАЛАНСУ. Тема 1. Загальні рівняння балансу. Тема 2. Рівняння балансу класичної механіки суцільних середовищ в формі законів збереження.	9	2	2			5
Тема 2.1. Закон збереження маси. Тема 2.2. Закон збереження кількості і момент кількості руху.	9	2	2			5
Тема 2.3. Рівняння балансу енергії. Тема 2.4. Умови на поверхнях розриву.	9	2	2			5
Тема 2.5. Умови балансу в макроскопічній електродинаміці. Тема 2.5.1. Фундаментальні закони електродинаміки.	9	2	2			5
Тема 2.5.2. Рівняння балансу енергії електромагнітного поля. Тема 2.5.3. Рівняння балансу електромагнітного імпульсу.	9	2	2			5
Тема 2.6. Рівняння балансу матеріального континууму в електромагнітному полі.	8	2	2			4
Розділ 4. ВИЗНАЧАЛЬНІ РІВНЯННЯ. Тема 1. Загальні принципи побудови визначальних співвідношень.	8	2	2			4
Тема 2. Застосування законів термодинаміки для виведення визначальних співвідношень.	8	2	2			4
Тема 3. Визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ.	8	2	2			4

Тема	4.	Математична	модель	8	2	2			4
електротермомеханічних процесів.									

Інформація (за розділами, темами) про всі навчальні заняття (лекції, практичні, семінарські, лабораторні):

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Лекція 1. Кінематика процесів деформування. Опис руху тіла, що деформується.	2
2	Лекція 2. Тензори і міри деформацій.	2
3	Лекція 3. Апроксимація тензорів деформацій.	2
4	Лекція 4. Швидкості деформування і деформації.	2
5	Лекція 5. Розкладання деформації при не пружному деформуванню.	2
6	Лекція 6. Швидкості зміни геометричних характеристик тіла, що деформується.	2
7	Лекція 7. Напружений стан тіла, що деформується. Тензори напружень.	2
8	Лекція 8. Апроксимація тензорів напружень. Швидкість зміни напружень.	2
9	Лекція 9. Рівняння балансу. Загальні рівняння балансу. Рівняння балансу класичної механіки суцільних середовищ в формі законів збереження.	2
10	Лекція 10. Закон збереження маси. Закон збереження кількості і моменту кількості руху.	2
11	Лекція 11. Рівняння балансу енергії. Умови на поверхнях розриву.	2
12	Лекція 12. Умови балансу в макроскопічній електродинаміці. Фундаментальні закони електродинаміки.	2
13	Лекція 13. Рівняння балансу енергії електромагнітного поля. Рівняння балансу електромагнітного імпульсу.	2
14	Лекція 14. Рівняння балансу матеріального континууму в електромагнітному полі.	2
15	Лекція 15. Застосування законів термодинаміки для виведення визначальних співвідношень.	2
16	Лекція 16. Визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ.	2
17	Лекція 17. Визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ.	2
18	Лекція 18. Математична модель електротермомеханічних процесів.	2

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Опис руху тіла, що деформується.	2
2	Тензори. Апроксимація тензорів деформацій.	2
3	Розкладання деформації при не пружному деформуванню.	2
4	Напружений стан тіла, що деформується. Тензори напружень. Апроксимація тензорів напружень.	2
5	Термопружні напруження в необмеженій пластині.	2

6	Термопружні напруження в необмеженому циліндрі.	2
7	Загальні рівняння балансу класичної механіки суцільних середовищ в формі законів збереження.	2
8	Закон збереження маси, кількості і моменту кількості руху.	2
9	Фундаментальні закони електродинаміки. Умови балансу в макроскопічній електродинаміці.	2
10	Рівняння балансу енергії електромагнітного поля та імпульсу.	2
11	Застосування законів термодинаміки для виведення визначальних співвідношень.	2
12	Визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ.	2
13	Наближені розв'язки нестационарних задач теплопровідності. Теплопровідність плити при несиметричному нагріві	2
14	Термонапружений стан необмеженої пластини при стаціонарній температурі	2
15	Термонапружений стан необмеженого циліндра при стаціонарній температурі	2
16	Температурні напруження при нестационарних лінійних умовах теплообміну.	2
17	Аналіз особливостей термонапруженого стану елементів конструкцій	2
18	Модульна контрольна робота	2

Платформа дистанційного навчання:

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, сервіс для проведення онлайн-нарад Zoom, за допомогою яких:

- спрощується розміщення та обмін навчальним матеріалом;
- здійснюється надання зворотного зв'язку з студентами стосовно навчальних завдань та змісту навчальної дисципліни;
- оцінюються навчальні завдання студентів;
- ведеться облік виконання студентів плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та їх оцінювання.

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи (підготовка до аудиторних занять, проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, розв'язок задач, написання реферату, виконання розрахункової роботи, виконання домашньої контрольної роботи тощо):

Дисципліна «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» передбачає такі види самостійної роботи: підготовка до практичних, підготовка до МКР та підготовка до екзамену. Час, відведений на кожен з цих видів самостійної роботи, вказаний у п. 5.

Індивідуальна робота студента передбачає самостійне освоєння особливостей застосування методів статистичної динаміки до вирішення типових задач механіки твердого тіла, а також, вміння проводити статистичний аналіз випадкових величин та знаходити характеристики

параметрів розподілу для основних неперервних та дискретних розподілів випадкових величин, застосувати критерії перевірки статичних гіпотез.

Рекомендована додаткова література приведена в списку навчально-методичних матеріалів (п.4). Поглиблене вивчення пов'язаних теоретичних питань виконується в межах індивідуальної роботи.

Під час виконання самостійної роботи студенти заохочуються до використання обчислювальної техніки.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекційних та практичних занять є необхідною передумовою набуття навичок розв'язання проблем. Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них демонструються основні підходи та практичні прийоми оцінки характеристик надійності та довговічності механічних систем, надаються пояснення щодо зв'язку отриманих результатів із відомими теоретичними положеннями механіки деформівного твердого тіла і чисельних методів та розвиваються навички, необхідні для виконання прикладних розрахунків, які є складовою частиною кваліфікаційної роботи.

Отримання студентами знання тем аналізуються виконанням контрольних робіт.

Модульна контрольна робота.

Контроль знань та навиків по темам: тензори і міри деформацій, швидкості деформування і деформації загальні рівняння балансу, закон збереження маси, рівняння балансу енергії, визначальні співвідношення для термопружнопластичних електропровідних середовищ, наближені розв'язки нестационарних задач теплопровідності.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання контрольних робіт (за кожну таку роботу)	+ 4 бали	Порушення термінів виконання контрольної роботи (за кожну таку роботу)	- 1 бал

Пропущені заняття

Заняття, яке пропущено (не відвідане) здобувачем з будь-якої причини має бути відпрацьовано із використанням наявних методичних матеріалів, при необхідності – з консультацією у викладача. Звітністю з відпрацювання заняття вважається звіт, підготовлений у вигляді пояснювальної записки (надається у електронному вигляді) щодо основних результатів та пояснення механічних ефектів, які спостерігаються при змінненні вихідних даних постановки відповідної задачі.

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 «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Термовібраційна надійність машин і конструкцій» 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.

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

Види контролю та бали за кожен елемент контролю:

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1	Модульна контрольна робота	20	20	1	20
2	РГР	40	40	1	40
3	Екзамен	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	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	100	20	1	20
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	15	1	15
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	12	1	12

4.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	1	0
Максимальна кількість балів					20

2. Розрахунково-графічна робота

№ з/п	Контрольна робота	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Відповідь правильна (не менше 90% потрібної інформації)	100	20	2	40
2.	Несуттєві помилки у відповіді (не менше 75% потрібної інформації)	75	15	2	30
3.	Є недоліки у відповіді та певні помилки (не менше 60% потрібної інформації)	60	12	2	24
4.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	2	0
Максимальна кількість балів					40

Календарний контроль

Календарний контроль (атестація) проводиться два рази на семестр. Метою проведення календарного контролю є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу.

Критерій			Перша атестація	Друга атестація
Термін календарного контролю			8-ий тиждень	14-ий
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг		≥ 15 балів	≥ 30 балів
	Виконання модульних контрольних робіт	Модульні контрольні роботи по темам	+	+

Семестровий контроль: залік

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD ≥ 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 шкалою²:

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою	Можливість отримання оцінки
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно	є
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре	є
$75 \leq RD \leq 84$	Добре	є
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно	немає
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо	немає
$RD < 60$	Незадовільно	-
Невиконання умов допуску	Не допущено	-

Процедура оскарження результатів контрольних заходів

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто викладачем згідно із наперед визначеними процедурами.

Додаткова інформація стосовно процедури оскарження результатів: студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Додаткова інформація стосовно іспиту/заліку/співбесіди:

На екзамені студентам дозволяється користуватись учбово-методичним забезпеченням (п.4).

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних курсів

Дистанційне навчання через проходження онлайн-курсів у системі Moodle за певною тематикою допускається за умови погодження з студентами. У разі, якщо невелика кількість студентів має бажання пройти онлайн-курс за певною тематикою, вивчення матеріалу за допомогою таких курсів допускається, але студенти повинні виконати всі завдання, які передбачені у навчальній дисципліні.

10. Додатки

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Склав: проф., д.т.н. Цибенко Олександр Сергійович;

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)

