



ДИНАМІКА МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛІТАКІВ, ВЕРТОЛЬОТІВ, СУПУТНИКІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
Освітня програма	“Авіацій на та ракетно-космічна техніка”
Статус дисципліни	Дослідницький (науковий) компонент (за вибором студента)
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	150 годин, 5.0 кредитів, лекцій-36год., лабораторних-18год., СРС-96год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська/англійська
Інформація про керівника курсу викладачів	Лектор: доцент Лук'янов П.В., lvptvl@ukr.net Лабораторні: доцент Лук'янов П.В., lvptvl@ukr.net
Розміщення курсу	https://campus.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Дана дисципліна призначена для надання магістрам теоретичних і практичних знань та вмінь, необхідних для самостійного розрахунку і проектування літальних апаратів (ЛА) та їхніх складових та побудову їхніх математичних моделей. Зокрема, студенти навчаються самостійно розробляти алгоритми формування математичних моделей динаміки механічних об'єктів та систем.

Знання і вміння, які студенти отримують в процесі вивчення кредитного модулю “Динаміка механічних конструкцій” дозволяють їм, в процесі створення магістерської дисертації, самостійно аналізувати і робити розрахунки динаміки механічних об'єктів та систем.

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів **компетентностей**:

ФК 5. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ФК 8. Здатність визначати оптимальні конструкції зразків авіаційної та ракетно-космічної техніки, та оптимізувати параметри елементів конструкцій та систем.

- розробляти фізичні та математичні моделі динамічних систем;

- розробляти методи і алгоритми оптимізації механічних структур і параметрів їх елементів;
- реалізовувати фізичні та математичні моделі динамічних систем за допомогою методів і засобів сучасних інформаційних технологій;
- розробляти математичні моделі пружних механічних структур і використовувати їх для визначення частот і форм коливань конструкцій літальних апаратів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання:

- теоретичних методів дослідження складних механічних конструкцій;
- методів аналітичної механіки, їх взаємозв'язок;
- основних параметрів механічних конструкцій і методів параметричного моделювання механічних систем та дослідження їхньої динамічної поведінки;

Програмні результати навчання:

ПР 2. Знати і розуміти робочі процеси у системах та елементах авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення та оптимізації їх параметрів.

ПР 9. Обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, обирати і застосовувати ефективні методи модифікації їх властивостей.

ПР 16. Розраховувати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, яке використовується в галузі.

ПР 17. Використовувати на практиці сучасні методи та засоби проектування, виробництва, випробування, ремонту та (або) сертифікації систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПР 21. Вміння оцінювати динаміку об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

А також

- складати та аналізувати математичну модель механічної конструкції;
- аналізувати її поведінку та динамічні характеристики;
- застосовувати чисельні методи аналізу для дослідження механічних систем із використанням засобів сучасних інформаційних технологій;

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

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів навичок основ теоретичної механіки, знання теорії та методів розв'язання диференціальних рівнянь, систем диференціальних рівнянь, вміння розв'язувати задачу Коші для диференціальних рівнянь та систем диференціальних рівнянь. Для цього мають користуватись персональними комп'ютерами на рівні досвідченого користувача, а також мати рівень знань і вмінь, які вони отримують під час вивчення дисциплін першого (бакалаврського) рівня підготовки за спеціальністю "134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка".

3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин	
	Всього	у тому числі

		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Тема 1.1. Основні поняття аналітичної механіки.	70	18	-	8	44
Модульна контрольна робота	10	-	-	-	8
Тема 2.1. Вільні (власні) коливання механічної системи з одним ступенем вільності.	70	18	-	10	44
Всього годин:	150	36	-	18	96

4. *Навчальні матеріали та ресурси*

Базова.

- 1.1. Павловський М.А. Теоретична механіка. – Київ, Техніка, 2002. – с.510.
- 1.2. Павловський М.А., Заплатний В.І. Аналітична механіка. - К.: НМК ВО, 1990. - 144 с
- 1.3. Багнюк Г.А., Галанзовська М.Р., Наконечний В.В., Серілко Л.С. Практикум з теоретичної механіки. – Рівне: НУВГП, 2014. – 162 с.
- 1.4. Кільчевський М.О. Курс теоретичної механіки: У двох томах. : підручник : у двох томах / М.О. Кільчевський. – Київ : Київський університет. Т.1 : Кінематика, статика, динаміка точки. – 2009.,- 499с.
- 1.5. Кільчевський М.О. Курс теоретичної механіки: У двох томах. : підручник : у двох томах / М.О. Кільчевський – Київ : Київський університет Т.2 : Динаміка систем. – 2009.,-462с.

Допоміжна.

- 2.1 Nivaldo A. Lemos. Analytical mechanics.- Cambridge University Press.-2018.,470p.
- 2.2 Valter Moretti. Analytical Mechanics.-Springer,2023.,-540p.
- 2.3.О.М.Черниш,М.Г.Березовий М.Г.,В.В.Яременко, І.В.Головач. Теоретична механіка.- ЦУЛ,2020.-760с.
- 2.4 П.К.Штанько,В.Г.Шевченко,О.С.Омельченко,Л.Ф.Дзюба,В.Р.Пасіка,О.М.Поляков.Теоретична механіка.-СТАТУС,2021.- 464с.

Інформаційне забезпечення.

Сайт каф. АРБ <https://arb.kpi.ua/uk/education/tutorials-and-tutorials>

Навчальний контент

5. *Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)*

Лекційні заняття.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
Тема 1.1. Основи механіки матеріальних систем	
1	<p>Лекція 1. Основні поняття аналітичної механіки. Визначення термінів "механіка" і "теоретична механіка". Основні поняття теоретичної механіки. Основні закони класичної механіки. Диференціальні рівняння руху вільної матеріальної точки. Дві основні задачі динаміки вільної матеріальної точки.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження використання у техніці основних законів класичної механіки та двох основних задач динаміки вільної матеріальної точки.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 5-8, 172-175.</p>
2	<p>Лекція 2. Рух невільної матеріальної точки. Рівняння руху невільної матеріальної точки. Рух точки за гладкою нерухомою поверхнею. Рух точки за гладкою нерухомою кривою.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження руху невільної матеріальної точки.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 182-188.</p>
3	<p>Лекція 3. Динаміка відносного руху матеріальної точки. Основне рівняння динаміки відносного руху матеріальної точки. Окремі випадки відносного руху точки. Умови відносного спокою. Принцип відносної класичної динаміки. Теорема про зміну кінетичної енергії у відносному русі точки.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження застосування у техніці рівняння динаміки відносного руху матеріальної точки.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 271-276.</p>
4	<p>Лекція 4. Основні поняття аналітичної механіки. Короткі історичні відомості. Предмет аналітичної механіки. Зв'язки та їхні реакції. Аксиоми про зв'язки. Види зв'язків та їхні реакції. Натуральні осі та натуральний тригранник. Дійсні та можливі переміщення.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження видів зв'язків, що зустрічаються у техніці.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 333-339.</p>
Основи аналітичної механіки Тема 2.1. Вільні й вимушені коливання	
5	<p>Лекція 5. Вільні (власні) коливання механічної системи з одним ступенем вільності. Визначення вільних коливань механічної системи. Рівняння власних коливань системи з одним ступенем вільності. Диференціальні рівняння руху математичного, фізичного, гіроскопічного маятників, тіла на пружині жорсткості і тіла, яке підвішене на струні або торсіоні. Вплив сили опору, що лінійно залежить від швидкості, на коливання механічної системи з одним ступенем вільності.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження руху математичного маятника, фізичного маятника, гіроскопічного маятника, тіла на пружині, тіла на струні або торсіоні.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 416-420.</p>
6	<p>Лекція 6. Вимушені коливання системи без врахування сил опору. Закон зміни збудовуючої сили. Диференціальне рівняння руху системи, що має один степінь вільності. Загальне розв'язання неоднорідного диференціального рівняння. Частинне розв'язання у разі резонансу. Вимушені коливання механічної системи з одним ступенем вільності з урахуванням сил опору середовища, що пропорційна першому ступеню швидкості. Амплітудо-частотна і фазово-частотна характеристики.</p> <p><u>Завдання на СРС:</u> дослідження чинників, які впливають на вимушені коливання механічної системи з одним ступенем вільності.</p> <p><u>Література:</u> [1.1] с. 420-427.</p>

7	<p>Лекція 7. Основи віброзахисту та віброізоляції. Задача віброзахисту та віброізоляції найпростіших прикладних систем. Складання рівнянь руху тіла методом кінетостатики. Розв'язання задач віброзахисту і віброізоляції. Вільні (власні) коливання механічної системи з двома степенями вільності. Теорема Релея. Форми коливань. Завдання на СРС: дослідження чинників, що впливають на віброзахист та віброізоляцію. Література: [1.1] с. 427-429.</p>
8	<p>Лекція 8. Принцип Д'аламбера - Лагранжа (загальне рівняння динаміки). Принцип Д'аламбера для матеріальної точки. Принцип Д'аламбера для системи матеріальних точок. Принцип можливих переміщень. Принцип Д'Аламбера-Лагранжа. Завдання на СРС: дослідження застосування у техніці принципів Д'аламбера і Д'Аламбера-Лагранжа. Література: [1.1] с. 340-342.</p>
9	<p>Лекція 9. Узагальнені координати, швидкості, прискорення та узагальнені сили. Умови рівноваги системи в узагальнених координатах. Узагальнені координати, швидкості та прискорення. Узагальнені сили і способи їхнього обчислення. Умови рівноваги системи в узагальнених координатах. Завдання на СРС: дослідження умов рівноваги технічних систем. Література: [1.1] с. 343-350.</p>

Лабораторні заняття.

Головна мета лабораторних занять – це дослідження особливостей застосування методів аналітичної механіки для вирішення задач аналізу динаміки механічних об'єктів та систем.

№ з/п	Назва практичного заняття	Кількість ауд. годин
1	Задачі про зрівноважування тіл, що обертаються навколо нерухомої осі (Тема 1.1).	4
2	Визначення кутових швидкостей обертання механізмів доцентрових регуляторів (Тема 1.1).	4
3	Складання диференціального рівняння вимушених коливань механічної системи (Тема 1.1).	4
4	Визначення амплітудно- та фазово- частотних характеристик системи (Тема 1.1)	2
5	Вільні коливання системи з двома степенями вільності (Тема 2.1)	2
6	Вимушені коливання системи з двома степенями вільності (Тема 2.1)	2

Практичні заняття.

Кредитний модуль «Динаміка механічних конструкцій літаків, вертольотів, супутників» не містить практичних робіт.

Самостійна робота студента

Самостійна робота студента полягає в підготовці до аудиторних занять, ознайомлення з тематичною літературою. Об'єм та тематика самостійної роботи студентів викладена в Таблиці 2.

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Політика виставлення оцінок (пропущені заняття, відпрацювання пропусків): кожна оцінка виставляється відповідно до розроблених викладачем та заздалегідь оголошених студентам критеріїв, а також мотивується в індивідуальному порядку на вимогу студента; у випадку не відпрацювання студентом усіх передбачених занять до іспиту він не допускається; пропущені заняття обов'язково мають бути відпрацьовані. Форму і час відпрацювання студент та викладач взаємно погоджують.

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>

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

На першому занятті студенти ознайомлюються із рейтинговою системою оцінювання (PCO) дисципліни, яка побудована на основі Положення про систему оцінювання результатів навчання https://document.kpi.ua/files/2020_1-273.pdf

Поточний контроль здійснюється на кожному практичному занятті відповідно до конкретних цілей теми з метою перевірки ступеню та якості засвоєння матеріалу. На всіх заняттях застосовується об'єктивний контроль теоретичної підготовки та засвоєння практичних навичок для перевірки підготовленості здобувача вищої освіти до заняття. В процесі поточного контролю оцінюється самостійна робота студента щодо повноти виконання завдань, рівня засвоєння навчальних матеріалів, оволодіння практичними навичками аналітичної, дослідницької роботи тощо. Результати поточного контролю заносяться в Систему Кампус КПІ імені Ігоря Сікорського.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш, ніж 15 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 24 балів). Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш, ніж 28 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має отримати 42 бали).

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за таке:

1. лабораторні заняття;
2. залік.

1. Лабораторні заняття

2. Ваговий бал – 6.

Максимальна кількість балів дорівнює 6 балів x 8 = 48 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 6;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 4...5;
- не підготовлений – 0.

3. Іспит

Ваговий бал – 52.

Максимальна кількість балів дорівнює 52 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання - 52;
- неповне виконання завдання - 3...45;
- роботу виконано незадовільно - 0.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 48 + 52 = 100 \text{ балів.}$$

Рейтингові бали, RОцінка	за університетською шкалою
95–100	Відмінно
85–94	Дуже добре
75–84	Добре
65–74	Задовільно
60–64	Достатньо
< 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

При переведенні студента з іншого вузу оцінки з дисципліни можуть Perezархуватись за умов відповідності даній програмі.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри АРБ, к.ф-м.н., П.В. Лук'янов

Ухвалено кафедрою АРБ (протокол № 10 від 16.06.2023)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол №6 від 22.06.2023)