Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни

Динаміка механічних систем

Шифр та назва спеціальності
G9 – Прикладна механіка

Інститут
ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

Кафедра
Теорія і системи автоматизованого проектування механізмів і машин

Освітня програма
Моделювання технічних систем

Тип дисципліни
Обов'язкова

Рівень освіти
Другий (магістерський)

Форма навчання
Денна

Семестр
2

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники

Грабовський Андрій Володимирович
andrey.grabovskiy@khpi.edu.ua
докт. техн. наук, професор

Доктор технічних наук, провідний науковий співробітник кафедри теорії і системи автоматизованого проектування механізмів і машин НТУ «ХПІ». Досвід роботи – 16 років. Автор понад 200 наукових та навчально-методичних праць. Провідний лектор з дисциплін: «Комп'ютерне проектування складних механічних систем», «Динаміка механічних систем».
Детальніше про викладача на сайті кафедри

Загальна інформація

Анотація

Дисципліна «Динаміка механічних систем» присвячена узагальненню знань, здобутих в процесі вивчення курсів напряму комп’ютерного проектування та скінченно-елементного моделювання. Він покликаний залучити студентів до новітніх засобів і підходів до розробки складних машинобудівних конструкцій.

Мета та цілі дисципліни

Надання студентам знань з основ комп'ютерного моделювання динамічних систем, сучасного програмного забезпечення, а саме: методів дослідження динамічних характеристик. Дисципліна «Динаміка механічних систем» присвячена вивченню сучасних методів, які застосовуються для розробки сучасних динамічних машинобудівних конструкцій.

Формат занять

Лекції, практичні заняття, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – іспит.

Компетентності

Інтегральна компетентність:
Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у прикладній механіці або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності ЗК:
ЗК1. Здатність виявляти, ставити та вирішувати інженерно-технічні та науково-прикладні проблеми.
ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ЗК4. Здатність розробляти проєкти та управляти ними.
ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

Фахові компетентності спеціальності (ФК):
ФК1. Здатність застосовувати відповідні методи і ресурси сучасної інженерії для знаходження оптимальних рішень широкого кола інженерних задач із застосуванням сучасних підходів, методів прогнозування, інформаційних технологій та з урахуванням наявних обмежень за умов неповної інформації та суперечливих вимог.
ФК2. Здатність описати, класифікувати та змоделювати широке коло технічних об'єктів та процесів, що ґрунтується на глибокому знанні та розумінні теорій та практик механічної інженерії, а також знаннях суміжних наук.
ФК5. Застосування відповідних методів і ресурсів сучасної інженерії на основі інформаційних технологій для вирішення широкого кола інженерних задач із застосуванням новітніх підходів, методів прогнозування з усвідомленням інваріантності розв'язків.

Результати навчання

РН3. Застосовувати системи автоматизації для виконання досліджень, проектно-конструкторських робіт, технологічної підготовки та інженерного аналізу в машинобудуванні.
РН4. Використовувати сучасні методи оптимізації параметрів технічних систем засобами системного аналізу, математичного та комп'ютерного моделювання, зокрема за умов неповної та суперечливої інформації.
РН11. Розробляти управлінські та/або технологічні рішення за невизначених умов та вимог, оцінювати і порівнювати альтернативи, аналізувати ризики, прогнозувати можливі наслідки.
РН12. Вміти виконувати моделювання, статичний та динамічний аналізи конструкцій, механізмів, матеріалів та процесів на стадії проектування з використанням сучасних комп'ютерних систем.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Комп'ютерне проектування складних механічних систем», «Проектування мехатронних модулів технологічних систем», «Сучасні технології і процеси в механіці», «Програмування автоматизованих технічних комплексів».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовуються покрокові матеріали для виконання розрахунку. Навчальні матеріали доступні студентам через Google Drive.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Вступ у багатотільний аналіз ANSYS Mechanical. Вступ. Вирішувач для абсолютно жорстких тіл. Відносні ступені вільності. Вирішувач для пружніх тіл. Представлення тіл. Зв'язки. Початкові умови. Joint Conditions. Результати розрахунку. Висновки.	4
Тема 2. Процедура дослідження абсолютно жорстких тіл. Додавання Rigid Body Analysis у Project Page. Визначення геометрії. Визначення матеріалу. Connections–Joints. Connections–Contacts. Сітка. Налаштування рішення. Початкові умови та навантаження. Рівняння зв'язку. Рішення. Подальша обробка результатів. Експорт рухомого навантаження.	2
Тема 3. Створення зв'язків в аналізі абсолютно жорстких тіл. Огляд. Типи зв'язків. Особливості зв'язків. Пружини. Жорсткість зв'язків. Узагальнений контакт. Командні об'єкти.	4
Тема 4. Перехідний динамічний аналіз пружних та абсолютно жорстких тіл. Вступ у перехідний динамічний аналіз. Налаштування кроків. Включення нелінійностей. Специфікація деталей і сітка. Контакт, зв'язки та пружини. Початкові умови. Навантаження, обмеження та умови зв'язків. Демпфуваня. Налаштування перехідного динамічного аналізу. Перегляд результатів.	4
Тема 5. Вступ у ANSYS Mechanical лінійний та нелінійний динамічний аналіз. Визначення та мета. Типи динамічних аналізів: модальний аналіз; гармонічний аналіз; аналіз спектру відгуку; аналіз випадкової вібрації; аналіз перехідних процесів. Загальне рівняння руху. Основні поняття та термінологія.	2
Тема 6. Модальний аналіз Визначення та призначення. Теорія та термінологія. Власні частоти та форми коливань. Фактори участі та ефективна маса. Методи вилучення форм - незатухаючі. Контакт у аналізі власних коливань. Настройка налаштувань аналізу. Демпфування в аналізі власних коливань. Методи вилучення форм - затухаючі.	2
Тема 7. Гармонічний аналіз Що таке гармонічний аналіз? Теорія і термінологія. Контакт в гармонічному аналізі. Повний гармонічний аналіз. Демпфування в повному гармонічному аналізі. Навантаження та граничні умови. Налаштуваня аналізу для повного гармонічного аналізу. Метод суперпозиції форм у гармонічному аналізі. Демпфування в методі суперпозиції форм у гармонічному аналізі. Налаштуваня аналізу для методу суперпозиції форм у гармонічному аналізі. Метод суперпозиції форм у гармонічному аналізі при лінійному збуренні. Повний гармонічний аналіз при лінійному збуренні.	2
Тема 8. Аналіз відгуку спектру Що таке аналіз відгуку спектру? Створення відгуку спектру. Види аналізів. Одноточковий аналіз відгуку спектру. Методи комбінації форм. Жорсткий відгук. Відсутня масова реакція. Багатоточковий аналіз відгуку спектру. Рекомендації.	4

Тема 9. Аналіз випадкової вібрації Що таке аналіз випадкової вібрації? Power Spectral Density. Огляд теорії. PSD підгонка кривої. Налаштування аналізу випадкової вібрації. Навантаження та закріплення. Результати.	4
Тема 10. Аналіз перехідних процесів Визначення та призначення. Методи вирішення. Нелінійності. Метод Ньютона-Рафсона. Налаштування аналізу для повного методу: Time Step Size; Solver Controls; Nonlinear Controls; Damping Controls; Output Controls. Options. Початкові умови. Навантаження та закріплення. Налаштуваня аналізу для методу суперпозиції форм. Врахування попереднього напруженого стану для методу суперпозиції форм.	4
Загальна кількість годин	**32**

Практичні заняття

Теми практичних/семінарських занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти a
Тема 1. Дослідження механізмів з використанням рівнянь зв'язку	2	0,5
Тема 2. Дослідження люфту шестерні	2	0,5
Тема 3. Дослідження крила літака	2	0,5
Тема 4. Дослідження корпусу клапана	2	0,5
Тема 5. Дослідження гармонічних коливань у закріпленій з двох боків пластині	2	1
Тема 6. Дослідження відгуку спектру у підвісному мості	2	1
Тема 7. Дослідження випадкової вібрації у мості зібраному з балок	2	1
Тема 8. Дослідження перехідних динамічних процесів у колесі при наїзді на перешкоду	2	1
Загальна кількість годин	**16**	$\sum_{i=1}^{n} a_i$=6

Лабораторні заняття

Не передбачені в цьому курсі

Контрольні роботи

Теми контрольних робіт	Вагові коефіцієнти b
Тема 1. Дослідження багатотільних деталей.	1
Тема 2. Лінійний та нелінійний динамічний аналіз у ANSYS Mechanical	1
Загалом	$\sum_{i=1}^{m} b_i$=2

Самостійна робота

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Дослідження багатотільних деталей та механізмів Виконати практичне завдання: Основи аналізу абсолютно жорстких тіл. Виконати практичне завдання: Прикладання рухомого навантаження в статичному структурному аналізі Виконати практичне завдання: Дослідження пристрію для підіймання вантажів Виконати практичне завдання: Використання функцій збірки та зупинки Виконати практичне завдання: Рівняння зв'язку	24
Тема 2. Демпфування у ANSYS Mechanical Визначення демпфування. Види демпфування. Загальне рівняння руху. В'язке демпфування при вібрації з однією DOF. Матриці демпфування. Повний аналіз перехідних і демпфованих модальних процесів. Повний гармонічний аналіз. Mode-Superposition аналіз. Чисельне демпфування. Резюме по демпфуванню.	12
Тема 3. Аналіз лінійних збурень Що таке аналіз лінійних збурень? Модальний аналіз на основі лінійного збурення. Матриця дотичної жорсткості. Основні рівняння. Налаштування аналізу лінійних збурень. Контакт у аналізі лінійних збурень.	12
Тема 4. Лінійний та нелінійний динамічний аналіз у ANSYS Mechanical Виконати практичне завдання: Дослідження маховика Виконати практичне завдання: Дослідження системи з 1м ступенем вільності Виконати практичне завдання: Дослідження пластини з отвором Виконати практичне завдання: Дослідження гармонічних коливань у коробці передач Виконати практичне завдання: Дослідження випадкової вібрації у зразку на розтяг Виконати практичне завдання: Дослідження перехідних процесів у колесі при ударі о бордюр Виконати практичне завдання: Дослідження перехідних процесів у бондарі для дроту	24
Загальна кількість годин	**72**

Тематика індивідуальних завдань

Розрахунково-графічна робота виконується впродовж семестру і здається до залікового тижня. Тема вибирається студентом із наведених нижче.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Дослідження динаміки механізму для підйому вантажів
Тема 2. Моделювання перехідних динамічних процесів в конструкціях при імпульсному навантаженні
Тема 3. Дослідження критичних швидкостей крильчатки компресора

Загальна кількість годин	**16**

Неформальна освіта

Здобувач має можливість перезарахувати окремі теми або курс шляхом: проходження професійних курсів чи тренінгів, онлайн-освіти, професійних стажувань, у сфері, що відповідає навчальним цілям дисципліни.
Для зарахування необхідно надати: сертифікат (електронний або друкований) про проходження курсу/стажування, опис програми тренінгу із зазначенням змісту тем, обсягу та тривалості

Рекомендовані курси, тренінги, стажування

1. Офіційні курси від компанії ANSYS
https://www.ansys.com/services/ansys-learning-hub

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Розв'язок задач проєктування приладів та систем з використанням ANSYS і MATHCAD : підручник / І. А. Гришанова, Л. П. Згуровська, Ю. В. Киричук. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2022. – 180 с
2. 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.
3. Xiaolin Chen, Yijun Liu. Finite Element Modeling and Simulation with ANSYS Workbench, Second Edition. CRC Press., – 2018., – 471 p.
4. Sham Tickoo. ANSYS Workbench 2019 R2: A Tutorial Approach, 3rd Edition., CADCIM Technologies, – 2019, – 416 p.

Додаткова література

1. Бабаков І.М. Теорія коливань. Навч. посібн. – Дрофа, 2004. – 591 с.
2. Туренко А.Н., Богомолов В.А., Степченко А.С., Кедровська О.В. та ін. Комп'ютерне моделювання і розрахунок на міцність автомобіля (навчальний посібник). – Харьков: ХНАДУ. – 2003. – 336 с.
3. Бруяка В.А. та ін. Інженерний аналіз в ANSYS Workbench частина 1. САМГТУ. – 2010. – 271 с.
4. Бруяка В.А., Фокин В.Г., Кураева Я.В. Інженерний аналіз в ANSYS Workbench частина 2. – САМГТУ. – 2013. – 146 с..

Інформаційні ресурси

1. Довідка з програми ANSYS
2. Курс лекцій та практикумів компанії ANSYS.

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх вид навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k:

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,4	0,3	0,2	0,1

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.
Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = П \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Пк \cdot k_4$$

де: *П* – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
І – оцінка за виконання індивідуального завдання
К – середньозважена оцінка за контрольні роботи
Пк – оцінка за підсумковий контроль

$$П = \frac{П_1 \cdot a_1 + П_2 \cdot a_2 + \ldots + П_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

$$K = \frac{K_1 \cdot b_1 + K_2 \cdot b_2 + \ldots + K_m \cdot b_m}{\sum_{i=1}^{m} b_i}$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

Поточні оцінки за кожну складову (П, *К*, *І*,...) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої *О* з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.
Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/

Погодження

Силабус погоджено

30.08.2025
протокол
№1

Завідувач кафедри
Олександр УСТИНЕНКО

30.08.2025

Гарант ОП
Мар'яна СТРИЖАК