Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни

Комп'ютерне проєктування складних 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
1

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 **«Комп'ютерне проектування складних механічних систем»** спрямована на узагальнення та систематизацію знань, отриманих під час вивчення курсів із комп'ютерного проектування та скінченно-елементного моделювання. Її метою є формування у студентів навичок використання сучасних засобів і методів для розробки складних машинобудівних конструкцій.

Мета та цілі дисципліни

Мета дисципліни — надати студентам знання з основ комп'ютерного проектування складних механічних об'єктів і систем, а також ознайомити з сучасним програмним забезпеченням у галузі машинобудування. Дисципліна **«Комп'ютерне проектування складних механічних систем»** вивчає сучасні методи та підходи, що застосовуються при проектуванні й аналізі машинобудівних конструкцій. Студенти опановують принципи побудови тривимірних моделей і виконання інженерних розрахунків за допомогою САПР. У процесі навчання розглядаються методи

скінченно-елементного моделювання та оптимізації конструкцій. Курс спрямований на формування практичних навичок застосування цифрових технологій у сучасному машинобудівному проектуванні.

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.
ЗК2. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології
ЗК3. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ЗК5. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).
ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

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.
ФК4. Здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки, знання та пояснення до фахівців і нефахівців, зокрема і в процесі викладацької діяльності.
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

РН1. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання новітніх методів та методик проектування, аналізу і дослідження конструкцій, машин та/або процесів в галузі машинобудування та суміжних галузях знань.
РН2. Розробляти і ставити на виробництво нові види продукції, зокрема виконувати дослідно-конструкторські роботи та/або розробляти технологічне забезпечення процесу їх виготовлення.
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.
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 150 год. (5 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 32 год., самостійна робота – 86 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Лінійна алгебра», «Фізика», «Дискретна математика», «Моделювання складних систем», «Основи теоретичної та прикладної механіки», «Основи проектування машин», «Чисельні методи», «Прикладна теорія пружності», «Основи автоматизованого проектування», «Технологія комп'ютерного проектування», «Програмні комплекси аналізу та проектування», «Моделювання об'єктів і процесів в комп'ютерних системах».

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. Основи роботи з модулем DesignModeler Знайомство з ANSYS. Знайомство з ANSYS Workbench. Що таке ANSYS DesignModeler. Інтерфейс DesignModeler. Властивості геометрії. CAD Connections. Концепції DesignModeler. Керування деталями. Named Selection. Спільна топологія.	2
Тема 2. Параметризація у DesignModeler Методи імпорту для підключень CAD. Одно/двонаправлене підключення. Обробка параметрів.	2
Тема 3. Основні навички роботи в модулі SpaceClaim Робочий процес попередньої обробки за допомогою інструментів ANSYS WB. Що таке SpaceClaim Direct Modeler (SCDM)? Запуск SCDM. Інтерфейс. Операції з файлами. Робота зі збірками. Shared Topology. Робота з шарами. Відображення та керування переглядами. SpaceClaim Main Tools.	2
Тема 4. Створення геометрії Режими в SCDM. Інструменти Sketching. Інструменти 3D Modeling. Деталізація.	2
Тема 5. Відновлення геометрії Імпорт Geometry у SpaceClaim Direct Modeler (SCDM). Необхідність відновлення. Поширені проблеми з геометрією. Вирішення проблеми One-by-One Vs All-at-Once. Спеціальний інструмент для ремонту. Обробка геометрії STL.	2
Тема 6. FEA Modeling Spot weld. Weld. Imprint. Midsurfacing. Beam Extraction.	2
Тема 7. Передача геометрії зі SpaceClaim у Workbench Як задавати матеріал. Suppress/Activate for Physics. Named Selections та Parameters. Перенесення моделі SpaceClaim у Workbench.	2
Тема 8. Основні навички при створенні скінченно-елементної сітки Основи сітки. Інтерфейс ANSYS Meshing. Поняття геометрії. Методи створення сітки. Діагностика та зручність використання. Параметр відображення. Статистика сітки та показники сітки.	2
Тема 9. Методи створення сіток Методи створення сітки для сітки деталь/тіло. Сітка збірки, розглядається окремо. Методи та алгоритми для: тетраедральної сітки, шестигранної сітки, 2D сітки. Об'єднання кількох тіл у сітку. Вибіркова сітка. Запис порядку створення	2

сітки.

Тема 10. Інструменти глобального керування при створенні сіток Введення в глобальні засоби керування сіткою за замовчуванням. Загальні елементи керування розміром і розширені функції розміру. Глобальна інфляція.	2
Тема 11. Інструменти локального керування при створенні сіток Локальні елементи керування сіткою (розмір сітки, уточнення, контроль відповідності, інфляція тощо). Як застосувати локальне керування? Вплив локальних елементів керування на сітку.	2
Тема 12. Якість сітки та додаткові теми Вплив якості сітки на рішення. Критерії якості. Методи перевірки якості сітки. Інструменти для покращення якості сітки. Концепція сітки зборки. Методи та засоби керування сіткою в зборці. Вимоги до сітки для модулів явного моделювання. Налаштування на основі фізики.	2
Тема 13. Вступ у ANSYS Mechanical. Про ANSYS, Inc. ANSYS Customer Portal. ANSYS Workbench Огляд. Демонстрація. Огляд ANSYS Workbench. Огляд ANSYS Mechanical. Основна процедура аналізу. Інтерфейс ANSYS Mechanical. Панелі інструментів. Outline Tree та Details. Вікно графіки. Навантаження та опори. Демонстрація: User Interface ANSYS Mechanical. Engineering Data. Присвоєння властивостей матеріалу. Демонстрація: Engineering Data.	2
Тема 14. Попередня обробка в ANSYS Mechanical Геометрія. Контакт. Системи координат. Іменовані вибірки. Генератор об'єктів. Інформація про вибір.	2
Тема 15. Статичний структурний аналіз Основи лінійного статичного структурного аналізу. Геометрія. Властивості матеріалу. Контакт. Параметри аналізу. Навантаження. Опори. Відображення навантажень та закріплень. Контакт проти закріплення. Рішення. Результати. Лінійні розрахунки проти нелінійних.	2
Тема 16. Постобробка, перевірка, САПР та параметри Демонстрація: ANSYS Mechanical Postprocessing. Площини перерізу. Інструмент зонду. Діаграми. Результати дослідження. Системи координат. Лінеаризоване напруження. Оцінка похибок. Конвергенція. Особливості напружень. Конвергенція та Scoping. Імпорт CAD. Визначення параметрів у Workbench. Використання параметра Workspace. Оновлення параметрів CAD.	2
Загальна кількість годин	**32**

Практичні заняття

Теми практичних/семінарських занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти *a*
Тема 1. Ескізи	2	0,5
Тема 2. Моделювання	2	0,5
Тема 3. Параметричний змішувальний бак CFD	2	1
Тема 4. Моделювання балки та оболонки	2	0,5
Тема 5. Створення ескізів у SpaceClaim	2	0,5
Тема 6. Створення геометрії у SpaceClaim	2	0,5
Тема 7. Робота з параметрами у SpaceClaim	2	1
Тема 8. Основи створення сітки FEA	2	0,5

Тема 9. FEA методи створення сітки	2	1
Тема 10. Сітка зборки	2	1
Тема 11. Сітка моделі колектора	2	1
Тема 12. Основи механіки	2	1
Тема 13. Двовимірний аналіз шестерень і рейок	2	1
Тема 14. Насос в зборі з контактом	2	1,5
Тема 15. Балкові з'єднання	2	1,5
Тема 16. Управління параметрами	2	1,5
Загальна кількість годин	**32**	$\sum_{i=1}^{n} a_i$=14,5

Лабораторні заняття

Не передбачені в цьому курсі

Контрольні роботи

Теми контрольних робіт	Вагові коефіцієнти b
Тема 1. Створення геометрії	0,5
Тема 2. Побудова скінченно-елементної моделі	0,5
Тема 3. Розрахунок механічних систем	1
Загалом	$\sum_{i=1}^{m} b_i$=2

Самостійна робота

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Створення та моделювання геометрії Поняття про площини та ескізи. Інтерфейс створення ескізів. Панелі інструментів для ескізів. Як створити 3D геометрію. Як змінити/трансформувати геометрію. Керування деталями. Концепції в DM з точки зору сітки. Зовнішнє керування файлами. Виконати практичне завдання: FEA – Масив. Виконати практичне завдання: CFD – Корпус Виконати практичне завдання: Основи DesignModeler	10
Тема 2. Очищення геометрії, модифікація Типові проблеми з геометрією. Інструменти аналізу. Спеціальні інструменти для ремонту. Автоматизоване очищення. Приклади. Напівавтоматичні/ручні інструменти для ремонту та видалення елементів. Виконати практичне завдання: Очищення геометрії CFD Виконати практичне завдання: Очищення геометрії FEA Виконати практичне завдання: Автомобільний спойлер FEA	12
Тема 3. Моделювання балок і оболонок Лінійні тіла. Лінії з точок. Лінії з ескізів. Лінії з країв. Поверхневі тіла. Поверхні з лінійних тіл. Поверхні з ескізів. Поверхні з 3D ребер. Середня поверхня. Виконати практичне завдання: Кронштейн	10

Виконати практичне завдання: Моделювання балки Виконати практичне завдання: Моделювання оболонки Виконати практичне завдання: 2D камера згоряння	
Тема 4. Моделювання для CFD Екстракція рідинного тіла. Внутрішнє тіло. Зовнішнє тіло. Моделювання симетрії. Водонепроникна підготовка тіла та конформна сітка. Розширення поверхні. З'єднання. Використання ліній і ескізів для CFD моделювання. Моделювання поверхні нульової товщини. Виконати практичне завдання: Шків	10
Тема 5. CFD моделювання у SpaceClaim Volume Extraction. Enclosure. Midsurface. Extend. Виконати практичне завдання: Основи роботи у SpaceClaim Виконати практичне завдання: Відновлення геометрії для FEA Modeling Виконати практичне завдання: Відновлення геометрії для CFD Modeling Виконати практичне завдання: Відновлення геометрії у SpaceClaim	12
Тема 6. Інструменти та методи при створенні скінченно-елементної сітки. Виконати практичне завдання: Основи сітки CFD Виконати практичне завдання: CFD методи створення сітки Виконати практичне завдання: CFD Global Mesh Controls Виконати практичне завдання: FEA Global Mesh Controls Виконати практичне завдання: CFD Local Mesh Controls Виконати практичне завдання: FEA Local Mesh Controls Виконати практичне завдання: Змішувальний бак Виконати практичне завдання: Снаряд Виконати практичне завдання: 2D осесиметрична пластина Виконати практичне завдання: Автомобільна зовнішня аеродинаміка Виконати практичне завдання: Shell Pressure Vessel Виконати практичне завдання: 2D конічна камера згоряння	14
Тема 7. Робота з ANSYS Mechanical Розглянути додаткову тему: Quickstart ANSYS Workbench Розглянути додаткову тему: Quickstart ANSYS Mechanical Виконати практичне завдання: Іменовані вибірки Виконати практичне завдання: Генератор об'єктів 1 Виконати практичне завдання: Генератор об'єктів 2 Розглянути додаткову тему: Іменовані вибірки - Робочий аркуш Розглянути додаткову тему: Перезавантаження рішення Розглянути додаткову тему: Вузлові навантаження та опори Виконати практичне завдання: Обробка результатів Виконати практичне завдання: Управління параметрами Розглянути додаткову тему: Додаткова постобробка	18
Загальна кількість годин	**86**

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. Проектування та дослідження напружено-деформованого стану водонапірної башти

Тема 2. Дослідження напружено-деформованого стану підйомного пристрою для приватної

майстерні	
Тема 3. Проектування та дослідження напружено-деформованого стану автомобільного домкрату	
Тема 4. Проектування та дослідження міцності дизайнерської меблевої полки	
Тема 5. Проектування та дослідження міцності крану-перевантажувача	
Тема 6. Проектування та дослідження навісу для авто з сонячними панелями	
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. Карвацький, А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Лабораторний практикум з навчальної дисципліни. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2018. – 392 с.
2. 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
3. Трач В.М., Подворний А.В. Опір матеріалів (спеціальний курс), теорія пружності та пластичності. – Київ: Каравела. – 2016. – 434 с.
4. Robert L. Norton. Machine Design: An Integrated Approach 4th Edition. – Pearson. – 2010. – 1056 p.
5. Ioannis Koutromanos. Fundamentals of Finite Element Analysis: Linear Finite Element Analysis 1st Edition. – Wiley. – 2018. – 736 p.

Додаткова література

1. Деревенько І.А., Сивак Р.І. Короткий курс опору матеріалів. – Вінниця: ВНАУ. – 2020. – 308 с.
2. Дубенець В.Г., Хільчевський В.В., Савченко О.В. Основи методу скінченних елементів: навчальний посібник. – Чернігів: ЧДТУ. – 2007. – 287с.

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
I – оцінка за виконання індивідуального завдання
K – середньозважена оцінка за контрольні роботи
$Пк$ – оцінка за підсумковий контроль

$$\Pi = \frac{\Pi_1 \cdot a_1 + \Pi_2 \cdot a_2 + \ldots + \Pi_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^{n} a_i}$$

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, K, I,...) 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 O 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