

[ПО-01] КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В НАУКОЄМНОМУ МАШИНОБУДУВАННІ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	-
Спеціальність	
Освітня програма	131Мн ПМ - Прикладна механіка (ЄДЕБО id: 53249)G9Мн ПМ - Прикладна механіка (ЄДЕБО id: 83657)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кред. ()
Семестровий контроль/контрольні заходи	0
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Застосування сучасного інструментарію (створення, вибір і застосування відповідних інформаційних **CALS**-технологій, ресурсів і інженерних методик, включаючи прогнозування й моделювання) **для проведення комплексної інженерної діяльності за спеціальністю.** Практичне застосування математичних методів, алгоритмів та програмних засобів програмного коду **ANSYS APDL, ANSYS WorkBench, Spaceclaim WorkBench** та інших, які дозволяють розв'язувати задачі прикладної механіки науково-інженерного характеру на

основі сучасних інформаційних технологій інженерної підтримки виробів в середовищі програмного забезпечення для **3D**-проектування, інженерного аналізу та дизайну. Використання функціональних можливостей єдиного інформаційного середовища для автоматизованого проектування та інженерного аналізу технічних систем, які включають: - розробку **цифрових моделей** виробів машинобудування, - чисельні розрахунки цифрових моделей в інженерії виробів машинобудування (**Engineering analysis**); - аналіз їх несучої спроможності (**Safety analysis**).

Метою навчальної дисципліни є формування у магістрів компетенцій та професійної здатності майбутньої самостійності фахової діяльності по практичному застосуванню сучасних методів та комп'ютерних технологій в чисельних розрахунках машин і прототипів-аналогів імітаційних моделей конструкцій авіабудування, виготовлених з металевих та композитних матеріалів для різних видів термосилового навантаження. Використання інформаційних систем та технологій авіабудування для дослідження динаміки, міцності та надійності конструкцій різного функціонального призначення в процесах проектування, оцінки несучої спроможності та керування життєвим циклом їх виробництва на основі сучасних інформаційних **CALS**-технологій .

Дисципліна «Комп'ютерне моделювання в наукоємному виробництві» за спеціальністю 131 Прикладна механіка нормативної частини програми за вибором вищого навчального закладу.

Предмет дисципліни (Основні задачі викладання дисципліни).

Вивчення дисципліни передбачає оволодіння наступними питаннями:

1. Проведення систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду в галузі авіабудування і вирішення складних інженерних завдань з використанням даних чисельного експерименту на основі застосування інформаційних технологій.
2. Застосування спеціалізованих концептуальних знань з прикладної механіки та інформаційних технологій, набутих у процесі навчання та професійної діяльності, у тому числі знань і розуміння новітніх досягнень, які забезпечують здатність до інноваційної та дослідницької діяльності.
3. Математичні моделі, обчислювальні методи та імітаційне моделювання фізичних процесів в прикладній механіці.
4. Розробка алгоритмів розрахунків і проведення досліджень при проектуванні несучої спроможності конструкцій у галузі машинобудування з використанням сучасних CAD/CAM/CAE інформаційних систем та технологій.
5. Вивчення інтерфейсу систем **ANSYS APDL, ANSYS WorkBench, Spaceclaim WorkBench** та виконання індивідуальних завдань для створення цифрових моделей елементів конструкцій механічних систем та розрахункових схем прикладної механіки в машинобудуванні із застосуванням інформаційних технологій
6. Застосування інформаційних технологій та алгоритмів чисельних розрахунків на міцність, жорсткість, стійкість конструкцій та функціональну надійність конструкцій при термосилових навантаженнях різної фізичної природи в учбових версіях систем високого рівня **ANSYS APDL, ANSYS WorkBench, Spaceclaim WorkBench**.

Програмні результати навчання (Засвоєні компетенції).

Дисципліна дає студенту та майбутньому фахівцю засвоєння практичних навичок по застосуванню інформаційних технологій та систем в інженерії виробів авіабудування. Використання побудованих на їх основі алгоритмів, що реалізовані в універсальних автоматизованих системах для проектування, та інженерного аналізу та дизайну **ANSYS**

APDL, ANSYS Workbench, Spaceclaim Workbench та інших. Набутий досвід та отримані знання з інформаційних технологій та систем широко застосовуються в практичній діяльності фахівців в сучасних підприємствах різних галузей промисловості (мехатроніка, машинобудування та інших).

За результатами вивчення навчальної дисципліни студенти мають опанувати інформаційні технології проектування і розрахунку конструкцій, здобути практичні навички з використання імітаційного моделювання фізичних процесів в прикладній механіці, єдиного інформаційного середовища проектування та інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем з використанням CALS-технологій, функціонального забезпечення програмного коду ANSYS APDL, ANSYS Workbench, Spaceclaim Workbench та інших для проведення чисельних розв'язків задач конструкційної міцності та динаміки, проекційно-сіткових методів для розв'язання прикладних задач, застосування засобів CAD/CAE систем для автоматизації виконання інженерних робіт, галузевих стандартів при проектуванні та оцінці несучої спроможності конструкцій.

В результаті освоєння дисципліни студент повинен:

Знати: – інформаційні та інженерні технології, **CAD/CAM/CAE** системи відповідно до спеціальності «Прикладна механіка»; інтерпретувати і впроваджувати у практичну діяльність результати досліджень виробів авіа- та машинобудування; - основи прикладної механіки; - чисельні та аналітичні методи розрахунку міцності, жорсткості, стійкості та довговічності елементів конструкцій і машин; - основні види термосилових і кінематичних навантажень конструкцій і машин та їх просторово-часові особливості; – фізико-механічні властивості матеріалів та їх завдання в **CAE** системах; - види кінематичних та жорсткісних сполучень деталей та їх завдання в **CAE** системах; - вимоги галузевих стандартів, що пред'являються при розробці виробів.

Вміти: – поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань авіабудування; - аналізувати і розробляти структурні та кінематичні схеми роботи механізмів і машин; - розробляти розрахункові схеми авіаційних конструкцій та **3D** цифрові імітаційні моделі для оцінки несучої здатності типових виробів; - виконувати кінематичний аналіз роботи механізмів; – ідентифікувати фізико-механічні властивості матеріалів конструкцій для їх імітаційних моделей; - вибирати раціональний вид апроксимації жорсткісних та інерційно-масових характеристик в імітаційній моделі конструкції; - виконувати чисельні розрахунки на міцність, жорсткість, стійкість елементів конструкцій із застосуванням інформаційних **CALS** технологій системи **ANSYS APDL, ANSYS Workbench, Spaceclaim Workbench** ; - оформляти пояснювальну записку та робочі креслення типових конструкцій.

Володіти: – функціональними можливостями єдиного інформаційного середовища для автоматизованого проектування, конструювання та інженерного аналізу технічних систем з використанням засобів **ANSYS APDL, ANSYS Workbench, Spaceclaim Workbench**; - методами та інформаційними технологіями програмного коду **ANSYS** для виготовлення **3D** цифрових імітаційних моделей конструкцій та оцінки їх несучої спроможності; - методами проектування типових конструкцій і механізмів з урахуванням умов забезпечення безпечної їх експлуатації.

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

Пререквізити. Використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика, чисельні методи розв'язку початково-крайових задач механіки суцільного середовища та інформаційні технології **CAD/CAE** систем, за допомогою яких обчислюються деформаційні характеристики конструкцій, механічні напруження їх структурних компонентів, сили реакцій опорних елементів, функціональна

стабільність елементів конструкції для її життєвого циклу.

Постреквізити. Отримати досвід використання інформаційних систем та технологій програмного коду **ANSYS** в області комп'ютерного інжинірингу виробів авіабудування. Вивчити можливості єдиного інформаційного середовища проектування, інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем з використанням **CALS**-технологій. Застосувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення складних інженерних завдань, проектування авіаційних конструкцій, міцністний та ресурсний аналіз з використанням чисельних методів, комп'ютерних та . обчислювальних засобів. Набути практичні навички виконання автоматизації інженерних робіт в **CAD/CAE** системах високого рівня. Вивчення інтерфейсу систем **ANSYS APDL, ANSYS Workbench, Spaceclaim Workbench** при застосуванні інформаційних технологій комп'ютерного проектування виробів з використанням проекційно-сіткових методів і аналізу їх несучої спроможності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Програмні результати навчання, контрольні заходи та терміни виконання оголошуються магістрам на першому занятті.

Тема 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НАУКОВОЄМНИХ ВИРОБІВ В АВІАБУДУВАННІ (CALS ТЕХНОЛОГІЇ)

Концепція та основні задачі **CALS** технологій з використанням **CAD/CAE** програмного забезпечення. Історія виникнення та еволюція інформаційних технологій безперервної підтримки життєвого циклу виробів для авіаційно-технічних систем та машинобудування. Базові принципи. Характеристика життєвого циклу виробів. Стандарти для формалізованих інформаційних моделей і відповідних їм інформаційних об'єктів. Інтегроване інформаційне середовище, як сукупність розподілених баз даних, в якому діють єдині, стандартні правила зберігання, поновлення, пошуку та передачі інформації, через яке здійснюється безперервна інформаційна взаємодія між усіма учасниками життєвого циклу виробу. Питання для самоперевірки.

Тема 2. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РОЗРОБКИ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЇХ ВИПРОБОВУВАННЯ У ВІРТУАЛЬНОМУ СЕРЕДОВИЩІ ПРОГРАМНОГО КОДУ CAD/CAM/CAE/PDM ПРИКЛАДНИХ СИСТЕМ МЕХАНІКИ КОНСТРУКЦІЙ

Функціональні можливості прикладних систем **CAD/CAM/CAE/PDM** для математичного моделювання фізичних процесів механіки конструкцій з розподіленими та зосередженими параметрами. Статичний, кінематичний і динамічний аналіз механічних систем в середовищі програмних кодів **ADAMS, Autodesk Inventor, CATIA, NASTRAN, ANSYS, NX, NFX, T-Flex** та інші. Аналіз складних механічних систем з великими відносними переміщеннями (кінематичний аналіз) та деформаціями сполучених тіл (аналіз напружено-деформованого стану). Питання для самоперевірки.

Тема 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ МОДУЛІВ СИСТЕМИ ANSYS APDL та ANSYS Workbench.

Статичний, кінематичний і динамічний аналіз механічних систем. Аналіз складних механічних систем з великими відносними переміщеннями. Побудова трьохвимірних сіток скінченних елементів. Калькулятори розрахунку задач міцності та динаміки механічних систем. Інженерний аналіз власних частот і форм коливань трьохвимірних конструктивних елементів довільного виду. протокол даних чисельного експерименту для розрахунку задач статички та динаміки. Приклади чисельних розв'язків задач прикладної механіки.

Тема 4. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПРИКЛАДНИХ АСПЕКТІВ ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ. БАЗОВА КОНЦЕПЦІЯ ПРИКЛАДНИХ ПОЧАТКОВО-КРАЙОВИХ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ СУЦІЛЬНИХ СЕРЕДОВИЩ.

Чисельні розв'язки початково-крайових задач механіки конструкцій. Методи зважених нев'язок (скінченних різниць, скінченних елементів, граничних елементів, колокацій, контрольних об'ємів та інші). Види скінченних елементів для **1D, 2D, 3D** геометричних апроксимацій жорсткісних характеристик елементів конструкцій в системах інженерного аналізу конструкцій.

Тема 5. ІНТЕРПОЛЯЦІЙНІ ПОЛІНОМИ ДЛЯ ВУЗЛОВИХ ФУНКЦІЙ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ.

Скалярні та векторні функції вузлових невідомих скінченних елементів (СЕ) в чисельних розв'язках крайових задач механіки конструкцій. [Інтерполяція та апроксимація функцій.](#) Вузлові степені свободи СЕ. Огляд бібліотеки СЕ програмного коду ANSYS. Ідентифікація СЕ та його характеристики. Вибір типу СЕ для прикладного аналізу. Формування матриць та векторів в системах алгебраїчних рівнянь методу скінченних елементів. Питання для самоперевірки і практичні завдання.

Тема 6. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ІНЖЕНЕРНОГО АНАЛІЗУ КОНСТРУКЦІЙ ANSYS.

Інтерфейс команд: - **ANSYS Mechanical APDL**, - **ANSYS Workbench**, - **ANSYS AIM**. Дерево проекту. Основні етапи розв'язку початково-крайових задач прикладної механіки проекційно-сітковими методами скінченних елементів та скінченних різниць. Функціональне призначення багатодисциплінарних модулів програмного коду ANSYS. Застосування модулів препроцесора для створення імітаційних моделей. Прямі та ітераційні методи розв'язку систем алгебраїчних рівнянь. Постпроцесорна обробка та представлення результатів чисельних розрахунків. Питання для самоперевірки і практичні завдання.

Тема 7. ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ КОМАНД ANSYS APDL ТА ANSYS WORKBENCH

Власне геометричне ядро **ANSYS ADPL**. Інтерфейс модулів **Design Modeler** та **SpaceClaim** в **ANSYS Workbench**. Імпорт даних геометрії зі сторонніх CAD-систем. Формати даних CAD моделей. Вікно налаштувань імпорту моделей. Вибір координатної системи. Робоча площина. Локальні та глобальні системи координат. Побудова ключових точок. Алгоритми побудови ліній з кривизною другого порядку. Команди для побудови поверхонь та об'ємів. Побудова об'ємних примітивів. Команди для побудови 3D об'єктів (**Extrude, Lofting, Revolve, Swift** та інші). Питання для самоперевірки і практичні завдання.

Тема 8. БІБЛІОТЕКА СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПРОГРАМНОГО КОДУ ANSYS ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО ТА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ. ФОРМУЛЮВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ СХЕМ В ЗАДАЧАХ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ.

Фізична постановка задачі. Математична постановка задачі. Розрахункова схема. Формування дискретної моделі. Бібліотека скінченних елементів системи ANSYS для розв'язку задач прикладної механіки в 1D, 2D, 3D просторових координатах. Стержневі та балкові (beam) скінченні елементи. Пружинно (spring) -демпферні (damper) скінченні елементи. Елементи маси та зв'язків (joint, connection) сполучених тіл. Двовимірні скінченні елементи плоского деформівного, плоского напруженого стану, вісьосимметричного напруженого стану. Скінченні елементи оболонок та масивних тіл. Контактні скінченні елементи. Приклади практичного застосування в системі **ANSYS**. Питання для самоперевірки і практичні завдання.

Тема 9. СКІНЧЕННО-ЕЛЕМЕНТНА ДИСКРЕТИЗАЦІЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ГЕОМЕТРИЧНОЇ МОДЕЛІ В ПРОГРАМНОМУ КОДІ ANSYS.

Каркасна, поверхнева, об'ємна геометрична модель. Вибір типів скінченних елементів (інтерполяційних поліномів, базисних функцій) для 1D, 2D, 3D геометричних моделей і задання його опцій. Методи та алгоритми генерації сітки скінченних елементів. Вихідні дані

для атрибутів алгоритму генерації сітки скінченних елементів. Візуалізація вузлів, скінченних елементів, об'ємів, поверхонь, ліній, ключових точок (Hard Point), жорстких точок (Load Point). Визначення характеристик поперечного перетину балкових та стержневих елементів. Алгоритми дискредитації ліній, поверхонь, об'ємів. Встановлення засобів керування якістю сітки. Перевірка якості сітки скінченних елементів, критерії. Питання для самоаналізу та практичні завдання.

Тема 10. БАЗА ДАНИХ МАТЕРІАЛІВ В ПРОГРАМНОМУ КОДІ ANSYS. КЕРУВАННЯ ТИПАМИ МОДЕЛЕЙ МАТЕРІАЛІВ ТА ДАНИМИ ПРО ЇХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ.

Графічний інтерфейс модуля керування даних про фізико-механічні характеристики матеріалів. Робота з джерелами даних. Числові характеристики фізико-механічних властивостей матеріалів. Завдання теплофізичних та термомеханічних характеристик. Визначення даних для завдання моделей пружних, пластичних та гіперпружних матеріалів. Питання для самоперевірки і практичні завдання. Питання для самоперевірки і практичні завдання

Тема 11. НАВАНТАЖЕННЯ МОДЕЛІ ТА ГРАНИЧНІ (ГОЛОВНІ ТА НАТУРАЛЬНІ) УМОВИ. НАЛАШТУВАННЯ ПРОЦЕСОРА ПРОГРАМНОГО КОДУ ANSYS.

Види силових, інерційних, гравітаційних та термічних навантажень дискретної моделі та силового контакту її сполучених тіл. Зосереджені, розподілені та об'ємні типи завдань навантажень в конструкційному аналізі. Головні та натуральні умови в задачах теплопередачі: - Дірихле, -Неймана, -Коші-Ньютона, -термічного контакту сполучених тіл, фазових перетворень матеріалу. Параметри та опції процесора для відображення амплітуд навантажень (просторово-часова інтерполяція силових повторно-змінних, ударних). Вибір методу розв'язку систем алгебраїчних рівнянь високого порядку (лінійних та нелінійних). Керування параметрами поточного аналізу. Питання для самоперевірки і практичні завдання.

Тема 12. ОСНОВНІ ФУНКЦІЇ ПРОЦЕСОРА РОЗВ'ЯЗКУ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ МЕХАНІКИ КОНСТРУЦІЙ (SOLUTION)

Вибір типу аналізу (статичний, модальний, гармонічний, перехідний, спектральний, перевірка на стійкість). Стаціонарний / нестаціонарний процес. Розрахунки на інтервалах часу, явна та неявна схема інтегрування за часовим аргументом. Тип кроку по часу для розв'язку нестаціонарних задач (фіксований, змінний, адаптивний), критерій Фрідріхсона-Куранта. Кінематика механізмів (з'єднання структурних елементів моделі, joints). Фізична, геометрична, конструкційна нелінійність. Матричне формулювання рівнянь статичної та динамічної рівноваги (опції процесора). Налаштування процесора розв'язку прикладних задач і критеріїв збіжності нелінійних задач. Direct / iterative solver для розв'язку систем алгебраїчних рівнянь.

Тема 13. ПОСТПРОЦЕСІНГ РЕЗУЛЬТАТІВ ЧИСЕЛЬНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ В ANSYS

Набір команд и можливості інтерфейса **ANSYS APDL** та **ANSYS Workbench**. Графічне та табличне представлення результатів обчислень температур та зусиль, переміщень, деформацій і напружень та їх інваріантів. Перетворення в файли з форматами з різноманітними розширеннями (BMP, JPEG та іншими). Постпроцес загального призначення (POST1) та постпроцесор історії навантаження (POST26). Арифметичні операції за результатами обчислень. Графіки функцій на перетинах моделі. Векторні та скалярні поля. Візуалізація нев'язок чисельного розв'язку нелінійних задач та чисельних характеристик нестаціонарних задач. Візуалізація деформованого та вихідного стану скінченно-елементної моделі. Меню утіліт для структурних одиниць та признаков (вузли або елементи на лінії, поверхнях, об'ємах та іншим параметрам) моделі.

Тема 14. ФУНКЦІЇ МОДУЛІВ РОЗВ'ЯЗКУ ПРИКЛАДНИХ ЗАДАЧ ПРОГРАМНОГО КОДУ ANSYS

Розв'язки прикладних задач механіки в програмному коді **ANSYS APDL**, **ANSYS Workbench**, **AIM**. Вид чисельного експерименту в ANSYS (тип аналізу моделі). Розрахунки конструкцій

(розрахункові моделі балок, брусів, стержнів, оболонок, об'ємних жорстко з'єднаних тіл або контактуючих структурних елементів з неоднорідними фізико-механічними характеристиками матеріалів) під дією статичних, квазістатичних, динамічних навантажень. Приклади розрахунків конструкцій на стійкість. Модальний аналіз. Власні та вимушені коливання. Відгук на гармонічне навантаження. Випадкові вібрації. Ударні навантаження. Теплопередача. Термомеханіка.

Тема 15. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ В СЕРЕДОВИЩІ ПРОГРАМНОГО КОДУ ANSYS APDL

Приклади розв'язків прикладних задач механіки. Покрокова інструкція чисельного моделювання в **Mechanical APDL**. Довідкова документація і розділи довідки **HELP Mechanical APDL** (структуровані відомості та приклади розв'язання задач механіки конструкцій для інженерів-дослідників).

Тема 16. КОМП'ЮТЕРНИЙ ПРАКТИКУМ В СЕРЕДОВИЩІ ПРОГРАМНОГО КОДУ ANSYS WORKBENCH

Комп'ютерний практикум - інформаційні технології математичного моделювання несучої спроможності конструкцій в середовищі програмного коду **ANSYS WORKBENCH**. Приклади розв'язків прикладних задач механіки. Покрокова інструкція чисельного моделювання в **MECHANICAL ANSYS WORKBENCH**. Довідкова документація і розділи довідки **HELP MECHANICAL ANSYS WORKBENCH** (структуровані відомості та приклади розв'язання задач механіки конструкцій для інженерів-розраховувачів).

Тема 17. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ ЗА КУРСОМ

Власні приклади розв'язання задач прикладної механіки в машинобудуванні та авіабудуванні. Контрольні заходи за тематикою навчального плану курсу. Комп'ютерне тестування знань та навичок.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Цибенко, О. С. Імітаційне моделювання електротермомеханічних процесів в деформівних середовищах. Частина 1. Початково-крайові задачі електротермомеханіки. Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступенів магістра та доктора філософії за спеціальністю 131 Прикладна механіка галузі знань «Механічна інженерія» / О. С. Цибенко, М. Г. Кришук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 81 с.. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/42279>
2. Кришук М.Г., Єщенко В.О., Абрамов В.І. Комп'ютерний практикум з дисципліни «Інформаційні системи і технології машинобудування». Комп'ютерний практикум для самостійної підготовки студентів спеціальності «Прикладна механіка» за спеціалізацією «Інформаційні системи і технології машинобудування» - НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017.-251с
3. CAD/CAM/CAE/PDM системи та інформаційні CALS-технології для автоматизованих інженерних розрахунків у машинобудуванні / О.С.Цибенко, М.Г.Кришук. Методичні вказівки до вивчення дисциплін «Сучасні технології проектування» та «Системи автоматизованих інженерних розрахунків», НТУУ «КПІ», 2008.-90с
4. Проектування моделей деталей засобами програмного продукту CATIA. Методичні вказівки до виконання комп'ютерного практикуму з дисципліни «Інформаційні технології та системи авіабудування» та «Сучасні системи проектування» / М. Г. Кришук, А. В. Трубін, Н. Ф. Тертишна, В. О. Єщенко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського, ДП "КБ "Південне" ім. М. К. Янгеля". – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – Частина 3. – 112 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20083>

5. Дашченко А.Ф., Д.В.Лазарева, Н.Г. Сурьянинов ANSYS в задачах инженерной механики // Под общей редакцией Н.Г. Сурьянинова – Одесса: Астропринт, 2007 – 484с
6. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.:Мир, 1986.– 318с
7. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник.– К.: НТУУ "КПІ".– 2007.– 379с
8. Оптимізація вузлів і деталей верстатів та машин за допомогою модуля "Анализ напряжений" Autodesk Inventor: навч. Посібник / В.М. Гейчук, К.М. Рудаков. – К.: НТУУ "КПІ", 2016. – 176 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15414>
9. Теорія коливань і стійкості руху. Підручник / Василенко М.В., Алексейчук О.М..- К.: Вища школа, 1993 – 655с
10. Опір матеріалів. Підручник / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. - К.: Вища школа, 2008.- 655с
11. Теорія пружності . Частина 1. Підручник / Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О.- Основа, 2009.- 244с

Додаткова література :

1. [http:// www.ansys.com](http://www.ansys.com)
- 2.ANSYS User's Manual for revision 5.6-21.0. Volume I. Procedure.
- 3.ANSYS User's Manual for revision 5.6-21.0. Volume II. Command.
- 4.ANSYS User's Manual for revision 5.6-21.0. Volume III. Elements.
- 5.ANSYS User's Manual for revision 5.6-21.0. Volume VI. Theory.
6. Зенкевич О., Метод конечных элементов в технике: Пер. с англ. – М.:Мир, 1975.– 541с

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента). надається інформація (за темами) на всі навчальні заняття (лабораторні заняття комп'ютерного практикуму) та рекомендації щодо їх засвоєння (деталізованих сценаріїв тестових та прикладних задач кожного заняття та запланованої роботи). Зазначаються види розділів навчальних посібників з теоретичним матеріалом для проведення імітаційного моделювання та розрахунків авіаційних та машинобудівних конструкцій за первинними даними, отриманими на лабораторних заняттях, наводяться приклади розв'язків типових задач геометричного моделювання та інженерного аналізу конструкцій та машин, що наведені на порталі YouTube та опубліковані в наукових статтях, презентаціях розв'язків прикладних задач та завдань для самостійної роботи по визначенню жорсткісних та інерційно-масових характеристик імітаційних моделей елементів авіаційних та машинобудівельних конструкцій, визначення їх напружено-деформованого стану та динамічних характеристик.

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота магістра передбачає підготовку до лабораторних занять - попереднє ознайомлення із матеріалами за темою лабораторного заняття, викладеними у джерелах [2-6] базової літератури, та закріплення результатів лабораторного заняття шляхом проведення числових розрахунків розглянутих на лабораторному занятті постановок задач

при варіюванні вихідних параметрів (розмірів конструкції, її жорсткісних параметрів, величин і характеру прикладених навантажень) згідно із наданими викладачем рекомендацій. Для розглянутих прикладів розв'язання задач передбачається підготовка звітів у вигляді пояснювальних записок (в електронному вигляді) щодо основних результатів та пояснення механічних ефектів, які спостерігаються при зміні вихідних даних.

Для більш ефективної комунікації з метою розуміння структури навчальної дисципліни «Організація науково-інноваційної діяльності» і засвоєння матеріалу використовується електронна пошта, електронний кампус КПІ, платформа дистанційного навчання «Сікорський» на основі системи Moodle КПІ-Телеком та сервіс для проведення онлайн-нарад Zoom, за допомогою яких:

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

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лабораторних занять є необхідною передумовою набуття практичних навичок розв'язання задач комп'ютерного моделювання. Аспірантам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них демонструються основні підходи та практичні прийоми роботи із програмним забезпеченням, 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.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

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

Пропущені лабораторні заняття

Лабораторне заняття, яке пропущено (не відвідано) 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 зміні 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 «Комп'ютерне моделювання в наукоємному виробництві» не передбачає її вивчення англійською мовою. У процесі викладання навчальної дисципліни використовуються матеріали та джерела англійською мовою. Враховуючи студентоцентризований підхід, за бажанням україномовних магістрів, допускається вивчення матеріалу за допомогою англійськомовних онлайн-курсів за тематикою, яка відповідає тематиці конкретних занять.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Комп'ютерне моделювання в наукоємному виробництві» може викладатися для більшості аспірантів 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.

1. 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.	Лабораторна робота	60	6	10	60
4.	Залік	40	40	1	40
Всього					100

Результати оголошуються кожному магістру 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)	100	30	3	100
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
5.	Відповідь відсутня або не правильна	0	0	3	0
Максимальна кількість балів					100

1. 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, аспірант до захисту не допускається.

Календарний рубіжний контроль

Метою проведення атестації є підвищення якості навчання магістрів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу 3.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація
Термін атестації 4		8-ий тиждень	14-ий тиждень
Поточний рейтинг 5		≥ 15 балів	≥ 30 балів
Умови отримання атестації	Виконання практичних робіт	Лабораторна робота № 1-10 +	+
		Практична робота №11-20 -	+
	Виконання модульної контрольної роботи	Модульна контрольна робота -	-

3 Рейтингові системи оцінювання результатів навчання: Рекомендації до розроблення і застосування. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 20 с.

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.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Магістри 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: аспіранти 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 заліку магістрантам дозволяється користуватись учбово-методичним забезпеченням з лабораторних 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**Проходження онлайн-курсів у системі Moodle**

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

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

1. Для навчального процесу використовується учбова версія програмних продуктів ANSYS WB компанії ANSYS Inc., "ANSYS Student," version 2024 R2, Canonsburg, PA, USA, 2024.
2. Приклади розв'язків типових задач геометричного моделювання (CAD технологій), інженерного аналізу конструкцій та машин (CAE технологій), застосуванню CAM технологій виготовлення деталей та застосування технологій прототипування цифрових двійників, що

наведені на порталі YouTube, представлені презентаціями та опубліковані в наукових статтях, презентаціях розв'язків прикладних задач та завдань для самостійної роботи

3. Інформційне забезпечення дисципліни також виконується прикладами розв'язаних задач по геометричному проєктуванню та числових розрахунків деталей машинобудівних конструкцій студентами в інженерних компаніях України та інших кафедрах НН ММІ.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Ухвалено кафедрою ДММОМ (протокол № __15__ від __26.06.2025р)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 11 від 27.06.2025 р.)

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено

Ухвалено кафедрою ДММОМ (протокол № _____ від _____)

Погоджено методичною комісією факультету/ННІ (протокол № _____ від _____)