

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ММІ

_____ І.А.Гришко

« ____ » _____ 2021р.

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
«ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ В
АВІАБУДУВАННІ»

(назва навчальної дисципліни)

підготовки	<i>PhD</i>
з галузі знань	(назва освітнього рівня) <i>13 Механічна інженерія</i>
спеціальності	(шифр і назва) <i><u>131 Прикладна механіка</u></i> (шифр і назва)
форми навчання	(назва) <i>Денна</i> (денна/заочна)
	(Шифр за ОПІ ЗВ 3)

Київ 2021 рік

Дисципліна **«Інформаційні системи та технології в авіабудуванні»** за спеціальністю 131 Прикладна механіка нормативної частини програми за вибором вищого навчального закладу. 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 .

Мета викладання.

Практичне застосування математичних методів, алгоритмів та програмних засобів програмного коду ANSYS APDL, ANSYS WorkBench, Spaceclaim WorkBench, які дозволяють розв'язувати задачі прикладної механіки науково-інженерного характеру на основі сучасних інформаційних CALS-технологій в середовищі програмного забезпечення для 3D-проективання, інженерного аналізу та дизайну. Використання функціональних можливостей єдиного інформаційного середовища для автоматизованого проектування та інженерного аналізу технічних систем засобами ANSYS APDL, ANSYS WorkBench, Spaceclaim WorkBench, які включають: - розробку цифрових моделей виробів авіабудування, - чисельні розрахунки цифрових моделей в інженерії виробів авіабудування (Engineering analysis); - аналіз їх несучої спроможності (Safety analysis). Застосування сучасного інструментарію (створення, вибір і застосування відповідних інформаційних технологій, ресурсів і інженерних методик, включаючи прогнозування й моделювання) для проведення комплексної інженерної діяльності за спеціальністю.

Основні задачі викладання дисципліни (предмет вивчення).

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 авіа- та 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 авіабудуванні 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.

Результати вивчення дисципліни (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. Набутий досвід та отримані знання з інформаційних технологій та систем широко застосовуються в практичній діяльності фахівців в сучасних підприємствах авіабудування та інших галузях 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 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.

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, міцнісний 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.

Структура курсу (комп'ютерний практикум за темами)

Тема 1. ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ НАУКОВОЌМНИХ 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, коллокацій, контрольних об'ємів та інші). Види скінченних елементів для 1D, 2D, 3D геометричних апроксимацій жорсткістних 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 проєкційно-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 нестационарних задач. Візуалізація деформованого та вихідного стану скінченно-елементної моделі. Меню угіліт для структурних одиниць та признаков (вузли або елементи на лінії, поверхнях, об'ємах та іншим праметрам) 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

Тема 17. КОНТРОЛЬНІ ЗАХОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФАХОВОЇ ПІДГОТОВКИ ЗА КУРСОМ

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

Навчальні матеріали та ресурси.

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. Крищук; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 81 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/42279>
2. Крищук 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 Крищук. 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. Крищук, 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. Басов К.А. Совместная работа в системах CAD и ANSYS / Под общ ред. Д.Г.Красковского.– М.: Компьютер Пресс, 2002 – 350с.
6. ANSYS в руках инженера: Практическое руководство // Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А.– М.: УРСС, 2004.– 272с
7. Дашенко А.Ф., Д.В.Лазарева, Н.Г. Сурьянинов ANSYS в задачах инженерной механики // Под общей редакцией Н.Г. Сурьянинова – Одесса: Астропринт, 2007 – 484с
8. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М.:Мир, 1986.– 318с
9. Рудаков К.М. Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій: Навч. посібник.– К.: НТУУ ”КПІ”.– 2007.– 379с
10. 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>
11. Solid Works 2007/2008. “Компьютерное моделирование в инженерной практике” // Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В. и др. – БХВ-Петербург. 2007
12. Теорія коливань і стійкості руху. Підручник / Василенко М.В., Алексейчук О.М..- К.: Вища школа, 1993 – 655с
13. Опір матеріалів. Підручник / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. - К.: Вища школа, 2008.- 655с

14. Теорія пружності . Частина 1. Підручник / Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О.- Основа, 2009.- 244с

ЛІТЕРАТУРА ДОДАТКОВА.

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.

Навчальний контент.

Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента).

Надається інформація (за темами) на всі навчальні заняття (лабораторні заняття комп’ютерного практикуму) та рекомендації щодо їх засвоєння (деталізованих сценарієв тестових та прикладних задач кожного заняття та запланованої роботи).

Самостійна робота студента.

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.

Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання.

Поточний контроль: експрес-опитування за темою заняття.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен.

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

Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (додаток до
силабусу).

Можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн
курсів за відповідною тематикою.

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ:

Професор, д.т.н., професор Крищук М.Г.

(посада, наукова ступінь, вчене звання, ПІБ)

(підпис)

Програму затверджено на засіданні кафедри динаміки і міцності машин та
опору матеріалів

Протокол № ____ від «__» _____ 2021 року

Завідувача кафедри

_____ С.О. Пискунов
(підпис) (ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Погоджено методичною комісією факультету (протокол № __ від _____).