

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
«СПЕЦІАЛЬНІ СИСТЕМИ РОЗРАХУНКІВ»

(назва навчальної дисципліни)

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

Київ 2021 рік

Дисципліна **«Спеціальні системи розрахунків»** 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 Сучасних систем проектування 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 / WB / Space Claim, які дозволяють розв'язувати задачі прикладної механіки науково-інженерного характеру на основі сучасних інформаційних CALS-технологій 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 засобами ANSYS APDL / WB / Space Claim, які включають: - розробку цифрових моделей виробів машинобудування, - чисельні розрахунки цифрових моделей в інженерії виробів машинобудування (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. Вдосконалення професійних навичок в застосуванні сучасних систем проектування для розв'язку прикладних задач машинобудування.
2. Ознайомлення та вивчення можливостей єдиного інформаційного середовища проектування, інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем з використанням CALS-технологій.

3. Математичні моделі, обчислювальні методи та імітаційне моделювання фізичних процесів в прикладній механіці.
4. Розрахункові схеми сполучених елементів конструкцій. Основні етапи чисельного експерименту. Гіпотези та спрощення фізичної моделі механічної системи, включаючи геометрію, властивості матеріалів та силового навантаження. Бази даних фізико-механічних властивостей матеріалів.
5. Вивчення алгоритмів розв'язку прикладних задач, інтерфейсу систем інженерного аналізу та інформаційних технологій комп'ютерного проектування виробів з використанням проекційно-сіткових методів. Презентації виконання індивідуальних завдань для побудови імітаційних моделей деталей механічних систем, оцінки міцності та ресурсу працездатності машинобудівних елементів конструкцій.
6. Набуття практичних навичок виконання автоматизації інженерних робіт в CAD/ CAE системах високого рівня на прикладі застосування програмних модулів ANSYS APDL / WB / Space Claim та AUTODESK INVENTOR.
7. Проведення автоматизованих скінченно-елементних розрахунків задач теорії пружності, теплопровідності, термopружності, пружнопластичності та повзучості і динаміки сполучених елементів конструкцій в системах інженерного аналізу ANSYS за тематикою лабораторних робіт і самостійної роботи студентів.
8. Контроль знань та навичок проводиться за результатами виконанням комп'ютерних тестів та індивідуальних завдань при виконанні самостійної роботи, відповідей на практичних заняттях.

Результати вивчення дисципліни (засвоєні компетенції).

Дисципліна дає студенту та майбутньому фахівцю засвоєння практичних навичок по застосуванню сучасних систем проектування 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 / WB / Space Claim. Набутий досвід та отримані знання з інформаційних технологій імітаційного моделювання та сучасних систем проектування широко застосовуються в практичній діяльності фахівців на підприємствах машинобудування та інших галузях промисловості.

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 програмних кодів ANSYS APDL / WB / Space Claim для проведення чисельних розв'язків задач конструкційної міцності та динаміки, проєкційно-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 систем ANSYS APDL / WB / Space Claim; – 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 / WB / Space Claim; – методами та інформаційними технологіями програмного коду ANSYS APDL / WB / Space Claim 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 програмних кодів ANSYS APDL / WB / Space Claim 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 / WB / Space Claim та AUTODESK INVENTOR 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 I. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРУЖНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ БАГАТОШАРОВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ. Опис багатошарової композитної конструкції. Завдання механічних та міцністних характеристик моделей матеріалів композита. Методи і алгоритми чисельних розрахунків. Типи і опції скінченних елементів в CAE системах інженерного аналізу. Сіткова модель. Критерії міцності для композиційних матеріалів при різних видах термосилового навантаження.

Тема II. МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ДЕФОРМУВАННЯ І РУЙНУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ANSYS. База даних моделей матеріалів. Імітаційне моделювання матеріалів і конструкцій з пошаруватими структурами. Застосування в програмі ANSYS спеціальних скінченних елементів, що моделюють шаруваті структури, як оболонкові, так і об'ємні. Методи і алгоритми усереднення пружних властивостей шарів для отримання матриці ефективних пружних характеристик пакета шарів.

Тема III. МЕХАНІКА РУЙНУВАННЯ та ПАРАМЕТРИ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ. Алгоритми моделювання двовимірних і тривимірних моделей тріщин в системі ANSYS. Опис моделі навколо країв тріщини. Коефіцієнти інтенсивності напружень. J-інтеграл. Приклади створення імітаційних моделей і чисельних розрахунків пружно-деформованого стану тіл з тріщинами.

Тема IV. СТРУКТУРНЕ ПРОГРАМУВАННЯ В СИСТЕМІ ANSYS. Мова програмування APDL. Змінні. Оператори циклу. Оператори розгалуження алгоритму. Оператори вводу та виведення структур даних. Лістинг вихідних даних. Приклади генерації і застосування мови програмування APDL в задачах прикладної механіки.

Тема V. СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА (САМ-системи). Опис функціонального інтегрованого середовища, що підтримує алгоритми операцій технологічних процесів багатокоординатного фрезерування, свердління і токарної обробки. Приклади застосування САМ-системи для моделювання багатокоординатного фрезерування і свердління деталей в машинобудуванні.

Тема VI. 3D- і 2D-СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВИПУСКУ КОНСТРУКТОРСЬКОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ. *Autodesk Inventor* - система для вирішення складних завдань прикладної механіки при роботі з великими проектами. База даних геометричних прототипів деталей механічних конструкцій. Приклади використання графічної системи *Autodesk Inventor* з підтримкою *OpenGL*, яка дозволяє працювати з тривимірними збірками, що містять більше 10 000 компонентів.

Тема VII. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ СТАТИЧНИХ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ З ПРУЖНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ. Розрахунок пружно-деформованого стану та міцності фермових конструкцій в ANSYS APDL / ANSYS WB / CATIA.

Тема VIII. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ ДЛЯ КОНСТРУКЦІЙ З ПРУЖНОПЛАСТИЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ МАТЕРІАЛІВ. Моделювання пружнопластичного деформування зразків матеріалу з маловуглецевої сталі при розтягу. Створення моделей геометрії конструкції зразків в системі *Ansys Space Claim* та моделей матеріалу зразка в ANSYS APDL / ANSYS WB. Візуалізація результатів розрахунку. Протокол розрахунку.

Тема IX. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ КОНТАКТНИХ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ. Методи і алгоритми розв'язання контактних

задач в системах скінченно- елементного моделювання. Динамічний контакт двох порожнистих сфер. Аналіз пружно-деформованого стану системи «вал-втулка» при посадці з натягом в ANSYS WB.

Тема X. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ В ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІЦІ. Модальний і гармонійний аналіз оболонкової конструкції. Постановка задач. Чисельні розв'язки тестових завдань. Препроцесінг і постпроцесінг розв'язання прикладних задач в ANSYS WB.

Тема XI. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ МІЦНОСТІ В ЗАДАЧАХ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ. Аналіз міцності композитних пластин при силовому навантаженні і композитної циліндричної оболонки під внутрішнім тиском в ANSYS WB. Критерії міцності для композиційних матеріалів при різних видах термосилового навантаження і їх застосування в алгоритмах чисельних розрахунків.

Тема XII. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ. Моделювання великих пластичних деформацій алюмінієвих сплавів. Алгоритми адаптивного перебудови дискретної моделі. Використання методів деактивації жорсткості скінченних елементів в процесах моделювання руйнування труби з початковим дефектом.

Тема XIII. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАДАЧ ТЕРМОМЕХАНІКИ. Нестационарні нелінійні задачі теплопровідності з фазовими перетвореннями матеріалів. Теплофізичні і термомеханічні характеристики матеріалів. Чисельні розв'язки задач термопружності при квазістатичних навантаженнях. Моделювання затвердіння злитка із застосуванням програмного коду ANSYS.

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>
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 сценаріїв 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

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

« ____ » _____ 2021 р.

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