

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ММІ

_____ М.І. Бобир

« ____ » _____ 2021р.

СИЛАБУС
навчальної дисципліни
«МЕТОДИ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКУ МАШИН
І КОНСТРУКЦІЙ»

(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

Опис навчальної дисципліни.

Дисципліна «**Методи проектування і розрахунку машин і конструкцій**» (PhD) за спеціальністю 131 Прикладна механіка нормативної частини програми за вибором вищого навчального закладу. Метою навчальної дисципліни є формування у аспірантів компетенцій та професійної здатності майбутньої самостійності фахової діяльності по практичному застосуванню сучасних методів та комп'ютерних технологій в чисельних розрахунках машин і конструкцій, з урахуванням нелінійного характеру деформування, накопичення пошкоджень матеріалів та деградації жорсткості, інформаційних систем та технологій для дослідження динаміки, міцності та надійності машин і конструкцій різного функціонального призначення в процесах керування життєвим циклом їх виробництва в машинобудуванні.

Мета викладання.

Практичне застосування математичних методів та автоматизованих програмних засобів для розв'язання задач науково-інженерного характеру на основі сучасних інформаційних CALS-технологій з використанням персональних комп'ютерів та програмного забезпечення задач прикладної механіки в універсальних CAD/CAM/CAE/PDM системах для геометричного моделювання та інженерного аналізу машинобудівних конструкцій і машин та їх структурних елементів.

Основні задачі викладання дисципліни (предмет вивчення).

1. Функціональні можливості єдиного інформаційного середовища для автоматизованого проектування, конструювання та інженерного аналізу технічних систем з використанням CALS-технологій.
2. Застосування державних та галузевих стандартів при проектуванні конструкцій.
3. Вивчення міжнародних форматів обміну технічною інформацією (STEP) та форматів обміну даних для геометричних моделей об'єктів дослідження (Parasolid, JGES).
4. Математичні моделі, обчислювальні методи та імітаційне моделювання фізичних процесів в прикладній механіці.
5. Проекційно-сіткові методи скінченних різниць та скінченних елементів та їх застосування в розв'язках задач прикладної механіки
6. Формулювання крайових та початково-крайових задач механіки суцільного середовища
7. Головні, натуральні та початкові граничні умови.
8. Розробка імітаційних моделей структурних елементів конструкцій прикладної механіки. Вивчення інтерфейсу систем CATIA V5/V6 та виконання

індивідуальних завдань для створення креслень, ескізів та збірок деталей механічних систем.

9. Чисельний експеримент. Вхідні та вихідні дані для розв'язків задач прикладної механіки із застосуванням проєкційно-сіткових методів.

10. Функціональне забезпечення комерційного програмного коду для проведення чисельних розв'язків задач конструкційної міцності та динаміки.

11. Застосування інформаційних технологій та алгоритмів чисельних розрахунків на міцність, жорсткість, стійкість конструкцій та функціональну надійність машин при термосилових навантаженнях різної фізичної природи в учбових версіях систем високого рівня CATIA V5/V6 та ANSYS WB (ANSYS APDL).

12. Валідація та верифікація даних імітаційного моделювання фізичних процесів в розв'язках задач прикладної механіки

Результати вивчення дисципліни (засвоєні компетенції).

За результатами вивчення навчальної дисципліни аспіранти мають опанувати визначення, основні принципи і методи проєктування і розрахунку машин та конструкцій, 3D аддитивних технологій, здобути практичні навички з використання єдиного інформаційного середовища проєктування та інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем та їх експлуатації з використанням CALS-технологій, проєкційно-сіткових методів для розв'язання прикладних задач, застосування CAD/CAE систем високого рівня для автоматизації виконання інженерних робіт, державних та галузевих стандартів при проєктуванні та оцінці несучої спроможності конструкцій.

В результаті вивчення предмета аспірант повинен бути здатний до цілеспрямованого застосуванню базових знань в області прикладної механіки, математичних і природничих наук в професійній діяльності; вміти застосовувати сучасні інформаційні системи та методи розрахунку для розробки енергозберігаючих машин, проєктування маловідходних конструкцій та машинобудівних технологій, що забезпечують безпеку життєдіяльності людей і їх захист від можливих наслідків аварій, вміння застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних і інших видів ресурсів в машинобудуванні.

Перелік знань, вмінь і навичок.

В результаті освоєння дисципліни аспірант повинен:

Знати: – 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; – види кінематичних та жорсткісних сполучень деталей; – вимоги галузевих стандартів, що пред'являються при розробці виробів.

Вміти: – аналізувати і розробляти структурні та кінематичні схеми роботи механізмів і машин; – розробляти розрахункові схеми конструкцій 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 і CAD / CAE систем; – оформляти пояснювальну записку та робочі креслення типових конструкцій.

Володіти: – методами та засобами інформаційних технологій та систем для оцінки несучої спроможності конструкцій і машин; – методами проектування типових конструкцій механізмів і машин з урахуванням умов експлуатації.

Пререквізити.

Використовуються теоретичні концепції таких областей знань, як прикладна механіка та матеріалознавство, прикладна математика та інформаційні технології CAD/CAE систем, за допомогою яких обчислюються деформації конструкції, механічні напруження структурних компонентів, сили реакцій опорних елементів, функціональна стабільність елементів конструкції для її життєвого циклу.

Постреквізити.

Аспірант отримає необхідні теоретичні знання та практичні навички для практичного застосування: – основних положень і висновків теорії прикладної механіки та математичного моделювання; – сучасних методів проектування та чисельних розрахунків машин і конструкцій; – використання інформаційних технологій і CAD/CAE систем у вирішенні конкретних технічних завдань.

Структура курсу (комп'ютерний практикум за темами)

Тема 1. ЗВ'ЯЗОК CAD/CAM/CAE/PLM СИСТЕМ. МАТЕМАТИЧНІ КАЛЬКУЛЯТОРИ В СИСТЕМІ ГЕОМЕТРИЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ. ПОБУДОВА ПАРАМЕТРИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТРЬОХВИМІРНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДОВІЛЬНОГО ВИДУ В СИСТЕМІ САТІА. Параметричне дерево побудови, функції роботи з твердим тілом і поверхнею. Історія побудови моделі, покроковий перегляд, копіювання, вставка. Зміни геометрії, як в параметризованих, так і непараметризованих

моделях, перетворювання поверхні і твердих тіл в типові елементи, занесення елементів в конструкторську базу даних.

Тема 2. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ МОДУЛЯ CAE (Computer Aided Engineering) системи CATIA.

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.

Тема 3. ГЕОМЕТРИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ CATIA. УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТОМ. Загальні прийоми роботи над проектом. Загальні параметри. Параметри і одиниці проекту. Використання завантажень прототипів деталей.

Тема 4. СТВОРЕННЯ ЕСКІЗУ-SKETCHER І ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ В СИСТЕМІ CATIA. РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ. Лінія. Дуга. Паз. Комплексний профіль. Розміри елементів ескізу. Створення з отриманого контуру ескізу тривимірної моделі.

Тема 5. СТВОРЕННЯ ДЕТАЛІ - PART DESIGN. ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ. ВХІД В СЕРЕДОВИЩЕ ПРОЕКТУВАННЯ ДЕТАЛІ - PART DESIGN. Додавання матеріалу. Нахил поверхонь. Закруглення граней. Редагування деталі. Дзеркальне відображення деталі. Створення ескізу кола на поверхні. Створення вирізу. Отримання тонкостінної деталі зі створеної заготовки.

Тема 6. ЗБІРКА ДЕТАЛЕЙ - ASSEMBLY DESIGN І ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ. ВХІД В РОБОЧЕ СЕРЕДОВИЩЕ. Фіксація компонента. Введення наявного компонента. Налаштування обмежень. Переміщення. Додавання та перейменування нового компонента. Проектування деталі. Заміна компонента. Аналіз обмежень. Заміна обмежень. Виявлення конфліктів. Редагування компонента. Специфікація. Рознесена збірка деталей. Редагування параметрів.

Тема 7. СТВОРЕННЯ СТІНОК НА ТВЕРДОТІЛЬНОЇ МОДЕЛІ - SHEET METAL PRODUCTION. Головні завдання. Вхід в робоче середовище. Розпізнання стінок. Використання програми для створення вигинів. Розгортка деталі. Перевірка на нахлест. Збереження у форматі DXF.

Тема 8. СТВОРЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ КАРКАСНОЇ КОНСТРУКЦІЇ - WIREFRAME AND SURFACE І ГОЛОВНІ ЗАВДАННЯ. Вхід в робоче середовище. Створення каркасною геометрії. Створення першого контуру. Побудова поверхні по перетинах. Створення другого контуру. Об'єднання поверхонь.

Тема 9. CAE СИСТЕМА. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS. Приклад аналізу напруженого стану сполучених елементів композитних конструкцій в полі гравітаційних та інерційних сил.

Тема 10. ПОБУДОВА ІНТЕРФЕЙСУ СИСТЕМИ ANSYS WB. Основні функції системи, - побудова ескізу та моделі, - імпорт моделей конструкцій, - завдання механічних властивостей матеріалів, - завдання силових навантажень і кінематичних обмежень, чисельні розрахунки задач механіки, - графічне

зображення полів напружень та деформацій для моделі конструкції у деформованому стані.

Тема 11. ANSYS WB / ANSYS APDL. ІНСТРУМЕНТАЛЬНА ПІДТРИМКА ФУНКЦІЙ ГЕНЕРАТОРА СІТКИ СКІНЧЕННИХ ЕЛЕМЕНТІВ. Перевірка якості сітки скінченних елементів. критерії збіжності чисельних розрахунків.

Тема 12. CAE СИСТЕМИ. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS APDL. Приклад застосування Р-методу для уточнення розрахунків плоского пружно-деформованого стану пластини з отвором. Метод підконструкцій в інженерному аналізі.

Тема 13. CAE СИСТЕМИ. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад застосування h-методу для уточнення розрахунків об'ємного пружно-деформованого стану пластини з отвором.

Тема 14. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ІМІТАЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Постпроцесорна обробка даних результатів розрахунків (графіки, перетини тіл, векторні та скалярні поля переміщень, деформацій та напружень, калькулятор функцій, розрахунки зусиль).

Тема 15. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад розрахунку динамічних характеристик збірки конструктивних елементів. визначення власних частот та форм коливань. Результати частотного аналізу та графічна інтерпретація результатів розрахунків.

Тема 16. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад аналізу напружень та деформацій елементів конструкцій механічної системи при нестационарному циклічному силовому навантаженні.

Тема 17. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК ДОВГОВІЧНОСТІ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ В ПРОГРАМІ ANSYS WB. Розрахунок числа циклів силового навантаження за критеріями довготривалої міцності.

Тема 18. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В ПРОГРАМАХ ANSYS WB. Приклад розв'язку нестационарних зв'язаних задач термопружності з аналізом температурних полів та термічних напружень.

Тема 19. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ ПРУЖНО-ПЛАСТИЧНОГО СТАНУ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS APDL. Приклад аналізу пружно-пластичного стану моделі балки при нестационарному силовому навантаженні.

Тема 20. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад розрахунку гармонічних коливань сполучених елементів механічної системи.

Тема 21. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад динамічного аналізу початкової стадії навантаження механічної конструкції.

Тема 22. ТВЕРДОТІЛЬНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ РУХУ КОНТАКТУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОНСТРУКЦІЙ В ПІДСИСТЕМІ RIGID DYNAMICS СИСТЕМИ ANSYS WB. Чисельні розрахунки напружень та деформацій.

Тема 23. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ДИНАМІЧНИХ НАВАНТАЖЕННЯХ В СИСТЕМІ ANSYS AUTODYN. Чисельні розрахунки нелінійних полів деформацій та напружень для елементів технічних конструкцій.

Тема 24. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад визначення напружено-деформованого стану конструкцій в умовах сейсмічної деформації.

Тема 25. ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ В СИСТЕМІ ANSYS WB. Приклад розрахунку параметризованих об'єктів фермових конструкцій під дією динамічних навантажень.

Навчальні матеріали та ресурси.

1. Маланчук В.О., Кришук М.Г., Копчак А.В. Імітаційне комп'ютерне моделювання в щелепно-лицевій хірургії. – К.: Видавничий дім «Асканія», 2013.- 231с
2. 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
3. Цибенко О.С. Ймовірнісні методи в механіці: навч. посіб. / О.С. Цибенко, Ю.Я. Тарасевич. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 240 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15329>
4. Цибенко О.С. Збірник задач з теорії ймовірностей: навчальний посібник / О.С. Цибенко, М.Г. Кришук, Ю.Я. Тарасевич. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 210 с. – [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/15328>
5. Робота в програмному продукті CATIA. Загальні відомості. 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 – К.: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017. – Частина 1. - 78 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20081>
6. Проектування виробів в системі CATIA. Створення ескізів в модулі "Sketcher": 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 2. – 102 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20082>
7. 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>
8. Скінченно-елементна дискретизація моделей деталей засобами програмного продукту CATIA / 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 4. – 93 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20084>
9. Басов К.А. CATIA V5. Геометрическое моделирование. – М.: ДМК Пресс: СПб: Питер, 2008. - 269с.
10. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC.visualNastran for Windows.–М.: ДМК Пресс, 2005.–704с
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. **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>
13. Дашенко А.Ф., Д.В.Лазарева, Н.Г. Сурьянинов **ANSYS в задачах инженерной механики** // Под общей редакцией Н.Г. Сурьянинова – Одесса: Астропринт, 2007 – 484с
14. Басов К.А. **Совместная работа в системах CAD и ANSYS** / Под общ ред. Д.Г.Красковского.– М.: Компьютер Пресс, 2002 – 350с.
15. **ANSYS в руках инженера: Практическое руководство** // Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А.– М.: УРСС, 2004.– 272с
16. Рудаков К.М. **Чисельні методи аналізу в динаміці та міцності конструкцій:** Навч. посібник.– К.: НТУУ "КПІ".– 2007.– 379с
17. **Теорія коливань і стійкості руху.** Підручник / Василенко М.В., Алексейчук О.М..- К.: Вища школа, 1993 – 655с
18. **Опір матеріалів** Підручник / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. - К.: Вища школа, 2008.- 655с
19. **Теорія пружності .** Частина 1. Підручник / Бабенко А.Є., Бобир М.І., Бойко С.Л., Боронко О.О.- Основа, 2009.- 244с

ЛІТЕРАТУРА ДОДАТКОВА.

- 1.Басов К.А. **Совместная работа в системах CAD и ANSYS** / Под общ ред. Д.Г.Красковского.– М.: Компьютер Пресс, 2002 – 350с.
2. Дашенко А.Ф., Д.В.Лазарева, Н.Г. Сурьянинов **ANSYS в задачах инженерной механики** // Под общей редакцией Н.Г. Сурьянинова – Одесса: Астропринт, 2007 – 484с
3. **Введение в компьютерный конструкционный анализ. Методические указания по курсу компьютерная диагностика** / О.М.Огородникова. Екатеринбург. УГТУ-УПИ. 2001.–47с
4. **Автоматизированное проектирование сельскохозяйственной техники в среде AUDESK Inventor** / Тимчук С.А., Науменко А.А., Тихонов А.В., Мартыненко А.Д.– Харьков. – ХНТУ сельского хозяйства, 2005.–368с
5. Струтинский В.Б. **Математичне моделювання процесів та систем механіки:** Підрчник.– Житомир: ЖІТІ, 2001.– 612с
- 6.Алямовский А.А. **Solid Works / Cosmos Works. Инженерный анализ методом конечных элементов.** – М.: ДМК, 2004 – 432с
- 7.Басов К.А. **ANSYS в примерах и задачах** / Под общ ред. Д.Г.Красковского .– М.: Компьютер Прес, 2002. – 224с
- 8.Басов К.А. **Совместная работа в системах CAD и ANSYS** / Под общ ред. Д.Г.Красковского.– М.: Компьютер Пресс, 2002 – 350с.
- 9.Басов К.А. **ANSYS Справочник пользователя.**– М.: ДМК Пресс, 2005.–640с
10. Зенкевич О., Морган К. **Конечные элементы и аппроксимация:** Пер. с англ. – М.:Мир, 1986.– 318с
11. Литвинов В.Н. **Заметающие поверхности (Swept Surfaces) в CATIA.** OZON.RU. 2013. - 176с
12. Демидович Б.П., Марон И.А. **Основы вычислительной математики.** М.: Наука, 1970. – 664 с
13. Хемминг Р.В. **Численные методы (для научных работников и инженеров).** М.: Наука, 1972. – 400 с.
14. Корн Г., Корн Т. **Справочник по математике. Для научных работников и инженеров.** – М.: Наука, 1974 – 831с.
15. Шуп Т. **Решение инженерных задач на ЭВМ: Практическое руководство.** Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – 238с.
16. Самарский В.Б. **Математическое моделирование – интеллектуальное ядро математики.** – М.: Наука, 1988.–612с
- 17.**Метод конечных элементов в механике твердых тел** // Под общ. ред. А.С.Сахарова и И.Альтенбаха.– К.: Вища школа, Головное узд-во, 1982.–480с

18.Расчеты машиностроительных конструкций методом конечных элементов: Справочник / В.И.Мяченков, В.П.Мальцев, В.П.Майборода и др. Под общ ред. В.И.Мяченкова – М.: Машиностроение, 1989. – 520с

19.Руководство по оформлению текстовых документов в соответствии с ГОСТ 2.105-79.

20.Федоренков А.П., Басов К.А. AutoCAD 2000. Практический курс – М.: ДЕССКОМ, 2000, – 432с

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 розв'язків тестових та прикладних задач кожного заняття та запланованої роботи).

Самостійна робота аспіранта.

Зазначаються види розділів навчальних посібників з теоретичним матеріалом для проведення імітаційного моделювання та розрахунків машин та 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 та залік.

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 _____).