

[ПМФЗО-01] МЕТОДИ ПРОЄКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКУ МАШИН І КОНСТРУКЦІЙ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Галузь знань	-
Спеціальність	
Освітня програма	131ф ПМ - Прикладна механіка (ЄДЕБО id: 46350)G9Ф ПМ - Прикладна механіка (ЄДЕБО id: 83658)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма здобуття вищої освіти	Очна
Рік підготовки, семестр	2 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 вивчання та результати навчання

...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 проекційно-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 проектування і розрахунку машин та конструкцій, 3D аддитивних технологій, здобути практичні навички з використання єдиного інформаційного середовища проектування та інженерного аналізу і виготовлення елементів конструкцій складних технічних систем та їх експлуатації з використанням CALS-технологій, проекційно-сіткових методів для розв'язання прикладних задач, застосування CAD/CAE систем високого рівня для автоматизації виконання інженерних робіт, державних та галузевих стандартів при проектуванні та оцінці несучої спроможності конструкцій.

В результаті вивчення предмета аспірант повинен бути здатний до цілеспрямованого застосування 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, проектування маловідходних конструкцій та машинобудівних технологій, що забезпечують безпеку життєдіяльності людей і їх захист від можливих наслідків аварій, вміти 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.

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 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.

3. Зміст навчальної дисципліни

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 САТІА.

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 САТІА. 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 САТІА. 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 СТИНОК 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. САЕ 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. САЕ 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. САЕ 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.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Навчальні матеріали та ресурси.

1. Маланчук В.О., Крищук 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. Крищук. 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. Крищук, 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. Крищук, 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. 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 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. 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>

8. Скінченно-елементна дискретизація моделей деталей засобами програмного продукту CATIA / 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 4. – 93 с. [Електронний ресурс]: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/20084>

9. 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>

10. Теорія коливань і стійкості руху. Підручник / Василенко М.В., Алексейчук О.М..- К.: Вища школа, 1993 – 655с

11. Опір матеріалів Підручник / Писаренко Г.С., Квітка О.Л., Уманський Е.С. - К.: Вища школа, 2008.- 655с

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

ЛІТЕРАТУРА ДОДАТКОВА.

1. Струтинский В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: Підручник.- Житомир: ЖІТІ, 2001.- 612с

2. Метод скінченних елементів в механіці твердих тіл // Под заг.. ред. О.С.Сахарова и І.Альтенбаха.- К.: Вища школа, Головное вид-во, 1982.-480с...

Навчальний контент

5. 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).

6. Самостійна робота студента

...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.

Політика та контроль

7. Політика 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).

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування за темою заняття.

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

Семестровий контроль: екзамен / 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

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

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: здобувачі мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються відповідно до оціночного листа та/або зауважень.

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

1. Ліцензійні програмні модулі системи CATIA V5/V6 надаються кожного навчального року компанією Dassaults Systems та розміщуються в навчальному комп'ютерному класі кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів НН ММІ КПІ ім. Ігоря Сікорського. Для навчального процесу також 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 виконується 4 базовими навчальними посібниками по застосуванню модулів системи CATIA V5 авторів КПІ ім. Ігоря Сікорського та ДКБ "Південне", навчальними поїбниками спіробітників кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів та навчально-наукового (НН) механіко-машинобудівного інституту (ММІ) та прикладами розв'язаних задач по геометричному проектуванню та числових розрахунків деталей машинобудівних та авіаційних конструкцій магістрів компанії ПРОГРЕСТЕХ Україна та інших кафедр НН ММІ.

Ухвалено кафедрою динаміки і міцності машин та опору матеріалів (Протокол № 6 від 18.12.2024 р.)

Погоджено Методичною комісією Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту (протокол № 5 від 20.12.2024 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 _____)