

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Технологій виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Олександр Білогуб

«22» серпня 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Major. Дисципліна 1.4 «Чисельні методи в інженерних розрахунках»
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(код і найменування спеціальності)

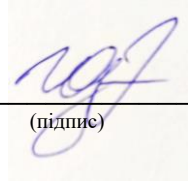
Освітня програма: Авіаційні двигуни та енергетичні установки
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістрський)

Харків 2024 рік

Розробник: Горбачов О.О., доцент каф. №204, к.т.н., доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №204
«Технологій виробництва авіаційних двигунів»
(назва кафедри)

Протокол № 4 від « 21 » серпня 2024 р.

В.о. Завідувача кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

С.М.Нижник
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <u>13 Механічна інженерія</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</u> (код і найменування) Освітня програма <u>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>другий (магістрський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48/120		1-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 6 самостійної роботи студента – 9		24 годин
		Практичні, семінарські*
		24 годин
		Лабораторні*
	0 годин	
	Самостійна робота	
	72 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: *кількість годин аудиторних занять/ кількість годин самостійної роботи.*

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: дати знання за основними методами математичних обчислень та програмного моделювання складних систем для авіаційної та ракетно-космічної техніки в області технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Завдання: вивчити методи та алгоритми моделювання чисельних розрахунків для динамічних об'єктів, систем автоматизованого управління; надати навички чисельного та математичного моделювання з використанням сучасних програм інженерних розрахунків.

Компетентності, які набуваються:

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- ЗК2. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.
- ЗК3. Здатність проводити дослідження на відповідному рівні.
- ЗК4. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК5. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- ЗК6. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК7. Визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків.
- ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК9. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ФК1 – усвідомлення історії, сучасного стану, проблем та перспектив розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК2 – Здатність критично осмислювати проблеми авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.
- ФК3 – Здатність обґрунтовувати вибір клас матеріалів для елементів конструкцій авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК4 – Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок.
- ФК5 – Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК6 – Здатність поставити та вирішити професійні задачі на основі концептуальних спеціалізованих знань, що включають останні наукові здобутки, у галузі гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем

ФК7 – Здатність виконувати інженерні та управлінські роботи з підготовки виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Знати і розуміти засади фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі авіаційної та/або ракетно-космічної техніки.

ПРН2. Знати і розуміти робочі процеси у системах та елементах авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, необхідні для розуміння, опису, вдосконалення та оптимізації їх параметрів.

ПРН3. Розуміти та застосовувати при розв'язанні складних професійних (науково-технічних) задач принципи та методи системного аналізу.

ПРН4. Використовувати сучасні методи розв'язання винахідницьких задач, захищати інтелектуальну власність на технічні рішення та інші результати професійної (науково-технічної) діяльності.

ПРН5. Використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми.

ПРН6. Приймати ефективні рішення при виникненні нестандартних складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності в умовах невизначеності вимог, наявності спектра думок та обмеженості часу.

ПРН7. Виявляти навички самостійної та колективної роботи, лідерські якості, організовувати роботу за умов обмеженого часу з наголосом на професійну сумлінність.

ПРН8. Складати звітну документацію за результатами розв'язання складних професійних (науково-технічних) задач, презентувати виконані дослідження у вигляді наукових звітів публікацій, доповідей на конференціях тощо.

ПРН9. Обґрунтовано призначати клас матеріалів для елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки, обирати і застосовувати ефективні методи модифікації їх властивостей.

ПРН10. Розраховувати економічну ефективність виробництва елементів та систем авіаційної ракетно-космічної техніки.

ПРН11. Обґрунтовано призначати показники якості об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН12. Застосовувати вимоги галузевих та міжнародних нормативних документів при формулюванні та розв'язанні науково-технічних задач проектування, виробництва, ремонту, складання, випробування та (або)

сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу.

ПРН13. Оцінювати стійкість та керованість літального апарата, визначати вихідні параметри для формування зовнішнього вигляду авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН14. Організовувати виконання складних завдань у професійній діяльності колективом.

ПРН15. Застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі комп'ютеризованого гнучкого виробництва, складання і випробування елементів та систем сучасної авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН16. Розраховувати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням спеціалізованого програмного забезпечення, яке використовується в галузі.

ПРН17. Використовувати на практиці сучасні методи та засоби проектування, виробництва, випробування, ремонту та (або) сертифікації систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

ПРН18. Визначати та оптимізувати параметри технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування виробництва вузлів, агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Пререквізити –

- Проектування, випробування та сертифікація об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ)
- Технологія виробництва та ремонту авіаційних двигунів та енергетичних установок
- Моделювання та розрахунок процесів в авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ)
- Системи технічної підготовки виробництва авіаційної та ракетно-космічної техніки (АРКТ)

Кореквізити –

- Прогресивні технології виробництва та складання елементів авіаційних двигунів та енергетичних установок
- Планування, організація і звітність науково-дослідної діяльності

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Основи роботи в системі Matlab.

Тема 1. Програмні засоби математичних обчислень

Обчислювальні та логічні операції. Спеціальні символи. Робота зі спеціальними даними. Вбудовані елементарні функції. Числові функції. Спеціальні математичні функції.

Тема 2. Операції з векторами та матрицями.

Створення матриці з заданими властивостями. Операції з матрицями. Створення та обчислення спеціальних матриць. Матричні операції лінійної алгебри. Швидкість виконання матричних операцій.

Тема 3. Типи даних – масиви спеціальних типів.

Розріджені матриці. Використання розріджених матриць. Функції розріджених матриць. Багатомірні масиви. Робота з розмірністю масивів. Типи даних – структури. Масиви осередків.

Тема 4. Програмні засоби звичайної графіки

Графіки функцій та даних. Візуалізація в полярній системі координат. Візуалізація векторів. Основи тримірної графіки.

Тема 5. Програмні засоби спеціальної графіки

Анімація графіки. Основи дискретної графіки. Графічна підтримка кольору.

Тема 6 Числове диференціювання

Числове диференціювання для нерівновіддалених вузлів. Формули числового диференціювання для рівновіддалених вузлів. Формули числового диференціювання методом невизначених коефіцієнтів

Тема 7 Інтерполювання функцій багатьох змінних

Труднощі інтерполювання функцій багатьох змінних. Побудова інтерполяційних формул за поділеними різницями.

Тема 8 Основи теорії інтерполювання та числового диференціювання

Загальна постановка задачі інтерполювання. Загальна задача лінійного інтерполювання. Постановка задачі інтерполяції функції однієї дійсної змінної. Поліноміальна інтерполяція. Існування та єдиність інтерполяційного полінома. Типи інтерполювання.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Основи роботи в системі Matlab.

Тема 9. Розв'язування рівнянь

Вектори, функції та графіки в Matlab. Метод Ньютона і петлі. Помилка управління та умовні відомості. Метод бісекції та розташування коренів. Секансні методи. Символьні обчислення.

Тема 10. Лінійна алгебра.

Створення матриці з заданими властивостями. Операції з матрицями. Створення та обчислення спеціальних матриць. Матричні операції лінійної алгебри. Швидкість виконання матричних операцій.

Тема 11. Функції та дані.

Поліноміальна та сплайнова інтерполяція. Інтерполяція найменших квадратів: зашумлені дані. Інтеграція: ліворуч, праворуч і правила трапеції. Інтеграція: Midpoint і правила Сімпсона. Побудова графіків функцій двох змінних. Подвійні інтеграли для прямокутників. Подвійні інтеграли для непрямокутників. Квадратура Гауса. Числове диференціювання. Основні джерела помилки.

Тема 12. Диференціальні рівняння

Зведення рівнянь вищого порядку до систем. Методи Ейлера

Методи вищого порядку

Багатоетапні методи

Крайові задачі ODE та скінченні різниці

Метод скінченних різниць – нелінійна ODE

Параболічні ODE - явний метод

Нестабільність рішення для явного методу

Неявні методи

Метод скінченних різниць для еліптичних ODE

Скінченні елементи

Тема 13. Інтерполяційний поліном Ньютона

Аналіз загальної постановки задачі

Інтерполяційний многочлен Ньютона

Поділені різниці та їх властивості

Інтерполяційна формула Ньютона за поділеними різницями та нерівновіддаленими вузлами

Скінченні різниці та їх властивості

Формула Ньютона вперед і назад за скінченними різницями.

Тема 14. Програмні засоби чисельних методів

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1.					
Тема 1. Програмні засоби математичних обчислень.	3	1	1	-	1
Тема 2. Операції з векторами та матрицями	6	1	1	-	4
Тема 3. Типи даних – масиви спеціальних типів .	6	1	1	-	4
Тема 4. Програмні засоби звичайної графіки.	9	1	1	-	7
Тема 5. Програмні засоби спеціальної графіки	9	1	1	-	7
Тема 6. Числове диференціювання	9	1	1	-	7
Тема 7. Інтерполювання функцій багатьох змінних	11	2	2	-	7
Тема 8. Основи теорії інтерполювання та числового диференціювання	9	2	2	-	3
Модульний контроль				-	
Разом за змістовим модулем 1	60	10	10	-	40
Змістовний модуль 2.					
Тема 9. Розв'язування рівнянь	13	2	2	-	5
Тема 10. Лінійна алгебра	8	2	2	-	5
Тема 11. Функції та дані.	11	2	2	-	5
Тема 12. Диференціальні рівняння	13	2	2	-	5
Тема 13. Інтерполяційний поліном Ньютона	8	3	3	-	5
Тема 14. Програмні засоби чисельних методів	8	3	3	-	5
Модульний контроль				-	
Разом за змістовим модулем 2	60	14	14	-	32
Усього годин	120	24	24	-	72
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	-	-	16	-	-
Контрольний захід				-	
Усього годин	120	24	24	-	72

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 4. Програмні засоби звичайної графіки.	5
2	Тема 5. Програмні засоби спеціальної графіки	4
4	Тема 6. Числове диференціювання	5
5	Тема 7. Інтерполювання функцій багатьох змінних	5
6	Тема 8. Основи теорії інтерполювання та числового диференціювання	5
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Програмні засоби математичних обчислень.	1
2	Тема 2. Операції з векторами та матрицями	5
3	Тема 3. Типи даних – масиви спеціальних типів .	5
4	Тема 4. Програмні засоби звичайної графіки.	7
5	Тема 5. Програмні засоби спеціальної графіки	7
6	Тема 6. Числове диференціювання	7
7	Тема 7. Інтерполювання функцій багатьох змінних	7
8	Тема 8. Основи теорії інтерполювання та числового диференціювання	4
9	Тема 9. Розв'язування рівнянь	4
10	Тема 10. Лінійна алгебра	4
11	Тема 11. Функції та дані.	5
12	Тема 12. Диференціальні рівняння	5

13	Тема 13. Інтерполяційний поліном Ньютона	5
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

Зробити розрахунки та порівняти результати різних методів математичних розрахунків у системах Mathcad, Matlab

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій із застосуванням наглядних матеріалів, деталей авіаційних двигунів, пристроїв та обладнання; складання графічних схем; робота в Інтернет.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, поточне тестування.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	10...15	1	10...15
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	3...5	4	12...20
Модульний контроль	10...15	1	10...15
Виконання і захист РГР (РР, РК)	16...20	1	16...20
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту/заліку складається з 4 (чотирьох) питань по 25 балів за кожне питання

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- Розрахунки в Mathcad, Matlab.
- Вставка графіків та інших об'єктів
- 2D-графіки
- 3D-графіки
- Програмні засоби математичних обчислень
- Операції з векторами та матрицями
- Типи даних – масиви спеціальних типів.
- Програмні засоби звичайної графіки
- Програмні засоби спеціальної графіки
- Програмні засоби чисельних методів

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- Створювати 2D та 3D графіки у Matlab;
- Розв'язувати рівняння та робити прості розрахунки у системах та Matlab;
- орієнтуватися у теоретичному матеріалі та у вбудованих в системи підручниках;
- знаходити потрібну інформацію у інтернеті.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та здати тестування. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, захистити всі індивідуальні завдання, виконати всі КР, здати тестування та поза аудиторну самостійну роботу.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Безпомилково

виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до ____	до ____	до ____	100

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Вказати електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
 - конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
 - методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
 - тематики індивідуальних завдань;
 - приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
 - питання, тести для контрольних заходів;
 - каталоги інформаційних ресурсів;
- Додаткові складові НМКД (за необхідністю):
- збірники ситуативних завдань (кейсів);
 - комп'ютерні презентації;
 - ілюстративні матеріали (плакати, таблиці тощо).

http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/_0A_Metodi.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Achimugu, P., Selamat, A., Ibrahim, R., & Mahrin, M. (2014). A systematic literature review of software requirements prioritization research. *Information and Software Technology*, 56(6), 568-585. <http://dx.doi.org/10.1016/j.infsof.2014.02.001>.
2. Bagozzi, R., Yi, Y., & Phillips, L. (1991). Assessing construct validity in organizational research. *Administrative Science Quarterly*, 36(3), 421-458. <http://dx.doi.org/10.2307/2393203>.
3. Baykasoğlu, A., & Ozsoydan, F. (2017). Minimizing tool switching and indexing times with tool duplications in automatic machines. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 89(5-8), 1775-1789. <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-016-9194-z>.
4. Beach, R., Muhlemann, A., Price, D., Paterson, A., & Sharp, J. (2000). A review of manufacturing flexibility. *European Journal of Operational Research*, 122(1), 41-57. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(99\)00062-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(99)00062-4).
5. Bi, Z., & Kang, B. (2014). Sensing and responding to the changes of geometric surfaces in flexible manufacturing and assembly. *Enterprise Information Systems*, 8(2), 225-245. <http://dx.doi.org/10.1080/17517575.2012.654826>.
6. Boyer, K. (1998). Longitudinal linkages between intended and realized operations strategies. *International Journal of Operations & Production Management*, 18(4), 356-373. <http://dx.doi.org/10.1108/01443579810199739>.
7. Browne, J., Dubois, D., Rathmill, K., Sethi, S., & Stecke, K. (1984). Classification of flexible manufacturing systems. *The FMS Magazine*, 2(1), 114-116.
8. Bulut, E., Duru, O., & Koçak, G. (2015). Rotational priority investigation in fuzzy analytic hierarchy process design: An empirical study on the marine engine selection problem. *Applied Mathematical Modelling*, 39(2), 913-923. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2014.07.018>.
9. Deif, A., & ElMaraghy, H. (2017). Variety and volume dynamic management for value creation in changeable manufacturing systems. *International Journal of Production Research*, 55(5), 1516-1529. <http://dx.doi.org/10.1080/00207543.2016.1222088>.

Допоміжна

1. Ayyup and McCuen, 1996.
2. E. Johnston, J. Mathews, *Calculus*, Addison-Wesley, 2001

15. Інформаційні ресурси

1. www.youtube.com
2. <https://www.mathcad.com/en>
3. <https://www.mathworks.com/>