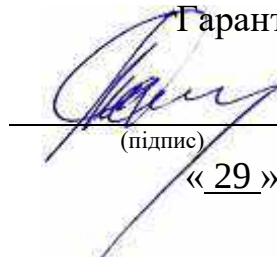


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



О. В. Білогуб

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 29 » серпня 2025 р

**СИЛАБУС ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ
В АВІАЦІЙНІЙ ТА РАКЕТНО-КОСМІЧНІЙ ТЕХНІЦІ**
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма «Авіаційні двигуни та енергетичні установки» (ОПП, ОНП)
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Рівень вищої освіти:

Силабус введено в дію з 01.09.2025 року

Харків 2025 рік

Розробник

С. В. Єніфанов,
завідувач кафедри 203, д.т.н., проф.

(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)

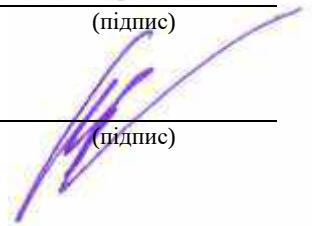


(підпис)

Розробник

В. В. Третьак,
професор, канд техн. наук, доцент

(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри

д.т.н, професор

(науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

С. В. Єніфанов

(ім'я та прізвище)

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
Технологій виробництва авіаційних двигунів (№204)

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

(науковий ступінь, вчене звання)



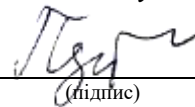
(підпис)

С. М. Нижник

(ім'я та прізвище)

Погоджено

Представник здобувачів освіти «Авіаційні двигуни та енергетичні установки»



(підпис)

Роман Петров

(ім'я та прізвище)

1 Загальна інформація про викладачів



Єпіфанов Сергій Валерійович

Завідувач кафедри конструкції авіаційних двигунів

Науковий ступінь: доктор технічних наук

Вчене звання: професор

Перелік дисциплін, які викладає:

Міцність авіаційних двигунів

Динаміка авіаційних двигунів

Системи охолодження авіаційних двигунів і енергетичних установок

Ресурсне проектування авіаційних двигунів і енергетичних установок

Напрями наукових досліджень:

Моніторинг ресурсу двигунів

Моделювання робочого процесу та автоматичне керування газотурбінними двигунами

Діагностика технічного стану двигунів та їх систем

Контактна інформація:

s.yepifanov@khai.edu; @SergiyYepifanov

2 Опис навчальної дисципліни

Форми здобуття освіти	<i>Денна</i>
Семестр	<i>2</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Тип дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Обсяг дисципліни	<i>3 кредити ЄКТС / 90 годин (32 аудиторних, з яких : лекції – 16, практичні – 16, СРЗ – 58)</i>
Види навчальної діяльності	<i>Лекції, лабораторні та практичні роботи, самостійна робота здобувача</i>
Види контролю	<i>Поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит)</i>
Пререквізити	<i>Конструкція авіаційних двигунів, технології виробництва авіаційних двигунів, теорія ВРД, лопаткові машини, деталі машин, теоретична механіка, термодинаміка, газодинаміка, теплопередача, інформатика, прикладна математика</i>
Постреквізити	<i>Композитні конструкції в АРКТ, системи технічної підготовки виробництва, автоматизовані системи діагностики АД і ЕУ, системи автоматичного керування, дипломне проектування</i>

3 Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: *придбання знань та умінь, необхідних для кваліфікованого аналізу моделювання та розрахунків процесів в АРТК та уявлень про проектування систем управління двигунів та інших об'єктів АРТК.*

Завдання: *основними завданнями вивчення дисципліни «Моделювання та розрахунок процесів в АРТК» є вивчення принципів роботи і математичного моделювання авіаційних газотурбінних двигунів (ГТД) та інших систем АРТК, та виконання аналізу якості моделювання.*

Після опанування дисципліни здобувач набуде наступні **компетентності:**

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері авіаційного транспорту або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних та соціально-економічних наук, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

ЗК1. *Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.*

ЗК2. *Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.*

ЗК3. *Здатність дослідження на відповідному рівні.*

ЗК5. *Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.*

ЗК8. *Здатність вчитися та оволодівати сучасними знаннями.*

Спеціальні (фахові) компетентності:

СК2. *Здатність критично осмислювати перспективи авіаційної та/або ракетно-космічної техніки, у тому числі на межі із суміжними галузями, інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.*

СК4. *Здатність оцінювати техніко-економічну ефективність проектування, досліджень, технологічних процесів та інноваційних розробок.*

СК5. *Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати математичні та числові методи моделювання властивостей, явищ та процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.*

СК7. *Здатність виконувати інженерні та управлінські роботи з підготовки виробництва об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки з використанням новітніх технологій.*

Програмні результати навчання:

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 спектру думок та обмеженості часу.

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

ПРН14. Застосовувати сучасні методи та засоби конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, в тому числі комп'ютеризованого гнучкого виробництва, складання та випробування елементів і систем сучасної авіаційної та ракетно-космічної техніки.

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

ПРН18. Визначати та оптимізувати параметри технологічних процесів, в тому числі з застосуванням автоматизованого комп'ютерного проектування 9 виробництва вузлів, агрегатів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки

Результати навчання:

Після вивчення дисципліни,

студент має знати:

- методи створення математичних моделей авіаційних двигунів та систем АРТК;
- умови функціонування деталей та вузлів АД;
- особливості реалізації математичних моделей різних типів ГТД;
- методи аналізу якості та моделювання АД та систем АРТК;
- методи оптимізації процесів в ГТД;

студент має знати як:

- створювати математичні моделі ГТД, знаходити, обґрунтовувати та обстоювати технічні рішення запроектованих об'єктів;
- проводити математичне та комп'ютерне моделювання процесів в ГТД;
- виконувати аналіз властивостей САУ аналітичними і частотними методами.

4 Зміст навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

Змістовий модуль 1

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ В ГТД ТА В СИСТЕМАХ АРКТ

ТЕМА 1. Предмет вивчення та задачі моделювання та розрахунків процесів в АРТК. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Використання моделювання в науці та техніці. Методи наукового пізнання. Визначення моделі, види моделювання: матеріальне, ідеальне (натурне та аналогове). Класифікація моделей: когнитивна, знакова, концептуальна, логіко-семантична, структурно-функціональна, причинно-наслідкова та формальна моделі.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 2. Математичні моделі. Математичний опис об'єкта моделювання. Класифікація математичних моделей: за складністю об'єкта моделювання (структурні та імітаційні), залежно від математичної форми оператора моделі, залежно від параметрів моделі. Якісні та кількісні характеристики і параметри моделей. Опис ступеня невизначеності параметрів (детермінований, стохастичний, випадковий, інтервальний, нечіткий опис). Розмірність простору параметрів. Стаціонарні та нестаціонарні об'єкти. Класифікація математичних моделей залежно від мети моделювання: дескриптивні, оптимізаційні та управлінські моделі. Класифікація математичних моделей залежно від методів їх реалізації: аналітичні та алгоритмічні.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 3. Етапи формування математичних моделей та вимоги до них. Дослідження об'єкта моделювання. Концептуальна постановка задачі моделювання. Математична постановка задачі моделювання: формування співвідношень, що визначають оператор моделі, контроль коректності сформованих співвідношень (контроль розмірностей, контроль порядків, контроль характеру залежностей, контроль екстремальних ситуацій, контроль граничних умов, контроль фізичного сенсу, контроль математичної замкненості, контроль коректності постановки задачі. Вибір методу розв'язання задачі: аналітичні, алгоритмічні (числові) методи. Програмна реалізація алгоритму розв'язання задачі моделювання. Перевірка адекватності моделі. Практичне використання моделі. Вимоги до математичних моделей: адекватність, простота, універсальність, економічність, достовірність.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 4. Основні положення теорії подібності та розмірності. Роль теорії подібності та розмірності. Одиниці вимірювання. Перехід від одної системи вимірювання до іншої. Кількість основних одиниць вимірювання. Поняття про критерії подібності. Кількість незалежних критеріїв подібності. Подібність явищ і об'єктів. П-теорема.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 5. Приклади математичних моделей. Статичні моделі. Приклади математичних моделей, основаних на фізичних законах: 1) модель прогину кінця консольної балки постійного перерізу, навантаженої зосередженою силою (аналітична лінійна SISO модель із зосередженими параметрами); 2) модель прогину та кутового повороту кінця тієї ж балки, навантаженої зосередженою силою та моментом (аналітична лінійна MIMO модель із зосередженими параметрами); 3) модель прогину та кутового повороту довільного перерізу тієї ж балки (аналітична лінійна MIMO модель із розподіленими параметрами); 4) модель прогину та кутового повороту кінця тієї ж балки, навантаженої зосередженою силою, прикладеною у проміжному перерізі (аналітична нелінійна SISO модель із зосередженими параметрами); 5) модель розподілу температури в охолоджуваній стінці (аналітична лінійна модель з розподіленими параметрами, отримана як рішення диференційного рівняння системи). Приклади аналітичних моделей, основаних на описі експериментальних даних: 6) модель теплообміну між потоком газу та твердим тілом; 7) модель тривалої міцності; 8) характеристика компресора. Приклади обчислювальних моделей, основаних на розв'язанні рівнянь робочого процесу: згин консольної балки змінного перерізу (лінійне неоднорідне диференціальне рівняння); модель розподілу температури в охолоджуваній стінці з урахуванням залежності коефіцієнта теплопровідності від температури (система нелінійних алгебраїчних рівнянь). Приклади алгоритмічних моделей: модель робочого процесу турбореактивного двигуна на ustalених режимах роботи (розв'язання системи нелінійних алгебраїчних рівнянь, основаних на умовах спільної роботи вузлів двигуна, із представленням характеристик вузлів у вигляді емпіричних моделей, заданих у графічній або табличній формах).

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практична робота: «Приклади математичних моделей».*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 6. Приклади математичних моделей. Динамічні моделі. Приклади аналітичних динамічних моделей, основаних на фізичних законах: 1) Модель власних згинальних коливань консольної балки із зосередженою масою; 2) Модель власних згинальних коливань консольної балки із зосередженою масою при дії періодичної сили. Динамічна модель, представлена системою диференціальних рівнянь; 3) Модель прогрівання теплоізолюваної стінки (рішення Фур'є у вигляді нескінченної суми та рішення методу скінченних елементів у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь). Динамічна модель у просторі станів. 4) Модель прогрівання

теплоізолюваної стінки з урахуванням залежності теплофізичних властивостей матеріалу стінки від температури. Алгоритмічні динамічні моделі: 5) Нелінійна динамічна модель ГТД (система, що складається з нелінійних диференціальних рівнянь та нелінійних алгебраїчних рівнянь).

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практична робота: «Приклади математичних моделей».*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 7. Основи аналізу лінійних систем. Лінеаризація як універсальний метод формування спрощених моделей. Лінеаризація статичних моделей. Лінеаризація динамічних моделей. Приклади формування лінійних динамічних моделей: лінійна динамічна модель ГТДТРД; перехідна характеристика ТРД по витраті палива; динамічна модель чутливого елемента частоти обертання відцентрового типу; рівняння динаміки гідравлічного сервомотора без зворотного зв'язку; рівняння динаміки гідравлічного сервомотору з золотниковим розподіленням і жорстким зворотним зв'язком; система автоматичного керування частотою обертання ТРД із гідравлічним сервомотором. Методи аналізу лінійних диференціальних рівнянь: властивості розв'язків лінійних диференціальних рівнянь; характеристичне рівняння та зв'язок його коренів із частинними розв'язками диференціального рівняння; характер перехідних процесів у лінійній динамічній системі; стійкість динамічних систем.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Приклади математичних моделей», «Формування математичних моделей динамічних систем у Matlab Simulink», «Формування динамічних моделей ГТД в Matlab Simulink»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 8. Числові методи розв'язання задач моделювання. Похибки обчислень. Інтерполяція таблично заданих функцій. Числове диференціювання: формула прямокутників, формула трапецій, формула Симпсона. Розв'язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь: загальна інформація про системи лінійних рівнянь, метод Крамера, метод виключення Гауса, зумовленість систем лінійних алгебраїчних рівнянь. Розв'язання нелінійних рівнянь: метод половинного ділення, метод хорд, метод Ньютона, метод січних, метод простої ітерації. Розв'язання систем нелінійних рівнянь: метод Ньютона. Розв'язання диференціальних рівнянь: метод Ейлера, модифікований метод Ейлера, метод Рунге-Кутти, багатокрокові методи.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практична робота: «Моделювання системи автоматичного управління частотою обертання ротора ГТД»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 9. Зворотні задачі моделювання. Оптимізація. Особливості математичної постановки задач проектування. Приклади постановки задач оптимізації: проектування консольної балки, проектування замкової частини диска компресора,

проектування профілю диска, керування запасами, вибір параметрів термодинамічного циклу газотурбінного двигуна, організація технічного контролю виробів підприємства, оптимізація багатоступеневого компресора, оптимізація відстані між компресорними станціями магістрального газопроводу.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практична робота: «Оптимізація профілю диска турбіни ГТД»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 10. Числові методи пошуку безумовного екстремуму. Методи одновимірного пошуку: методи звуження інтервалу (половинного ділення, золотого поділу), метод послідовної квадратичної апроксимації, методи, основані на використанні похідних (Ньютона-Рафсона, січних, кубічної апроксимації). Методи пошуку екстремуму функції декількох змінних: методи прямого пошуку (симплекс-метод), методи градієнтного пошуку (метод найшвидшого спуску, метод Ньютона, метод Марквардта, метод спряжених градієнтів).

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 11. Числові методи пошуку умовного екстремуму. Задача лінійного програмування. Задача нелінійного програмування. Метод штрафних функцій. Методи випадкового пошуку.

- *Форма занять: лекція, самостійна робота.*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

ТЕМА 12. Зворотні задачі моделювання. Ідентифікація. Опис випадкових величин. Властивості розподілів: розподіли дискретних та безперервних величин, параметри розподілів, типові розподіли, статистичні розподіли. Постановка та основні етапи розв'язання задачі ідентифікації: формулювання задачі та приклад її вирішення, аналіз похибок ідентифікації. Приклад розв'язання зворотної задачі для динамічної системи.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Ідентифікація статичної моделі», «Ідентифікація динамічної моделі термопари»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Модульний контроль

МОДУЛЬ 2

Змістовий модуль 2 МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИРОБНИЦТВА АРКТ

Тема 1. Принципи системного підходу в процесах моделювання процесів АРКТ. Структура і складові частини сучасної інтелектуальної системи.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач структурного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 2. Сучасні напрями досліджень в області штучного інтелекту. Уявлення знань і висновки на знаннях.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач структурного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 3. Типи математичних моделей, які використовуються в сучасних інтелектуальних системах. Класифікація. Можливості. Переваги і недоліки. Приклади.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач структурного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 4. Методи проектування в інтелектуальних системах. Пряма і зворотна задача в процесах проектування процесів АРКТ. Сутність і алгоритми методів синтезу і адресації.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 5. Складові частини процесів проектування. Методи проектування знизу вверх і зверху вниз.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

інструменти): відсутні.

Тема 6. Методика розроблення математичних моделей. Методи математичного аналізу.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 7. Типові проектні процедури.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 8. Вирішення задач адресації. Схема. Можливості. Переваги і недоліки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 9. Вирішення задач синтезу. Схема. Можливості. Переваги і недоліки.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для задач параметричного синтезу»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 10. Використання математичних моделей в прямій задачі. Метод скінченних різниць і метод кінцевих елементів. Приклади реалізації методів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків в сучасній інтелектуальній системі в прямій задачі»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

МОДУЛЬ 2.

Класифікаційний аналіз даних.

Тема 11. Класифікаційний аналіз з навчанням. Дискримінантний аналіз. Загальні моделі дискримінантного аналізу.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і*

розрахунків в сучасній базі знань»

- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 12. Класифікаційний аналіз без навчання. Кластерний аналіз. Дерева класифікації і їх властивості. Обчислювальні методи.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків в сучасній базі знань»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 13. Методи регуляції даних. Аналіз чинника. Метод аналізу головних компонент і їх класифікація.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків в сучасній базі знань»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 14. Методи аналізу і спрощення геометричної структури даних. Багатовимірне шкалування. Обчислювальні методи багатовимірного шкалування. Аналіз відповідностей.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків для імпульсних технологій»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 15. Причинне моделювання. Моделювання структурними рівняннями. Побудова діаграм шляхів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків для імпульсних технологій»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 16. Методи аналізу живучості. Основні поняття. Метод позитивних оцінок. Метод множинних оцінок. Регресійні моделі.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей і розрахунків для імпульсних технологій»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 17. Аналіз часових рядів і прогнозування. Модель ковзного інтегрованого середнього, що експоненціальне згладжування і прогнозування. сезонна декомпозиція. Спектральний аналіз. Аналіз розподілу лагів.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для інтелектуальних винахідницьких задач»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

Тема 18 Структурно-аналітичний метод розпізнавання подібностей. Алгоритми. Таблиці істинності предикатів. Реалізація методу в програмному забезпеченні.

- *Форма занять: лекція, практична робота, самостійна робота.*
- *Практичні роботи: «Методика розробки математичних моделей для інтелектуальних винахідницьких задач»*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*

5 Індивідуальні завдання

Немає

6 Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні заняття;
- самостійна робота студента;
- іспит.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до виконання практичних робіт, а також самостійної роботи.

Лекція, розв'язує тільки одну дидактичну задачу – дає первісне знайомство з темою, організовує первісне сприйняття матеріалу, формулює основні проблеми.

Практичні заняття базуються на словесному (аналітичному) описанні САУ, а також й на матеріальному відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати та ін.). Під час їх проведення використовується бригадний характер праці студентів.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенті поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення практичних робіт.

7 Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Математичні моделі робочих процесів в системах АРКТ.
2. Математичні моделі технологічних процесів виробництва АРКТ.

Складання модуля 1 – на 9-му тижні (один раз), складання модуля 2 – на 16-му тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення практичних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Семестр 2 – *іспит*.

8 Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

8.1 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...0,4	10	0...3
Виконання і захист практичних робіт	0.6...1	7	5...7
Модульний контроль	25...40	1	25...40
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист практичних робіт	0.6...1	7	5...7
Модульний контроль	25...40	1	25...40
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиту надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт, а також виконання та успішного захисту домашнього завдання.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних запитань та одного практичного завдання. Теоретичні запитання розподілено таким чином:

Перше запитання - змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Третє запитання – тематика практичного завдання.

Практичне завдання стосується розробки математичної моделі ГТД, визначення стійкості та властивості ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

8.2 Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- методи створення математичних моделей авіаційних двигунів та систем АРТК;
- умови функціонування деталей та вузлів АД;
- особливості реалізації математичних моделей різних типів ГТД;
- методи аналізу якості та моделювання АД та систем АРТК;
- методи оптимізації процесів в ГТД;

вміти:

- створювати математичні моделі ГТД, знаходити, обґрунтовувати та обстоювати технічні рішення запроектованих об'єктів;
- проводити математичне та комп'ютерне моделювання процесів в ГТД;
- виконувати аналіз властивостей САУ аналітичними і частотними методами.

8.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати математичні моделі різних типів ГТД. Уміти визначити стійкість ГТД за заданими передаточними функціями та структурною схемою. Пояснювати особливості моделі процесів та систем в просторі стану. Знати методи аналізу якості та моделювання АД та систем АРТК. Пояснювати основні особливості структурної та параметричної ідентифікації процесів та систем.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати тенденції розвитку ГТД та внесок у цей процес розвитку методів оптимізації. Знати особливості реалізації математичних моделей різних типів. Вміти визначити якість САУ ГТД за заданими математичними співвідношеннями. Знати основні етапи розрахунку систем оптимізації та ідентифікації процесів та систем. Вміти визначати стійкість САУ ГТД за допомогою різних критеріїв. Знати особливості П-, ПИ- та ПИД регуляторів. Знати принцип дії основних чуйників САУ ГТД. Визначати передаточні функції елементів та САУ за заданими математичними співвідношеннями. Виконувати математичне та комп'ютерне моделювання процесів в ГТД.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі практичні роботи. Виконати та добре або відмінно захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал. Пояснювати вплив автоматичного управління та методів оптимізації на ефективність праці двигуна. Знати особливості реалізації математичних моделей різних типів. Знати програми автоматичного управління різних типів ГТД. Виконувати математичне та комп'ютерне моделювання та аналіз процесів в ГТД. Виконувати розрахунки властивостей САУ аналітичними і частотними методами. Володіти основами аналізу та синтезу систем оптимізації та ідентифікації процесів і систем.

9 Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі освіти, які за певних обставин не можуть відвідувати практичні заняття регулярно, повинні протягом тижня узгодити з викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після їх пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно в формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання.

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhenlya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdt>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману. У разі виконання індивідуальної самостійної роботи до захисту допускаються реферати, які містять не менше 60 % оригінального тексту під час перевірки на плагіат, есе – 70 %.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/nonnativnaB-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10 Методичне забезпечення

1. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
4. Розрахункові та контрольні програми ПЕОМ
5. Методичні розробки каф. 203 з методиками розрахунків та варіантами завдань.
6. Програмне забезпечення, розроблене і запатентоване кафедрою 204.
7. Ліцензійне програмне забезпечення каф. 204
8. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
9. Методичні розробки каф. 204 з методиками розрахунків та варіантами завдань:

- 1 Проектування операцій на верстаті з ЧПК. Токарна обробка [Електронний ресурс] : навч. посіб. до практ. робіт / В. Ф. Сорокін, В. В. Третяк, К. А. Данько. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків, авіац. ін-т» 2018. - 50 с.
- 2 Проектування операцій для верстатів з ЧПК. Фрезерне оброблення [Текст]: навч. посіб. для практ. робіт / В. Ф. Сорокін, В. В. Третяк, А. В. Онопчєяко, К. А. Данько. - Х.: Нац. аерокосм, ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін- т», 2018.-46 с.
- 3 Автоматизовані системи управління життєвим циклом виробу [Текст] : учбовий, посібник: в 2 ч. / М. С. Романов, Н. В. Руденко, В. В. Третяк, Р. В. Воропай, А. А. Бреус. - Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харьк. авіац. ин-т», 2018. - Ч. 2. - 108 с.
- 4 Розрахунок параметрів технологічного процесу штампування об'ємних деталей на імпульсному пресі [Текст] : навч. посіб. до дипл. проектування / В. В. Третяк, В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, А. В. Онопченко. - Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків, авіац. ін-т», 2018. – 52 с.
- 5 Третяк, В.В. Розробка програмного забезпечення для технологічних розрахунків в об'єктно-орієнтованому середовищі. Навч. посіб. / В. В. Третяк. – Харків: Нац. аерокосм.ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т» 2020. – 76 стор. (Електр. ресурс).
- 6 Проектування технологічних процесів імпульсного оброблення методами синтезу і адресації [Текст]. Навч. посіб / В. В. Третяк, А. В. Онопченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 72 стор.
7. Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва листових деталей методами імпульсного штампування. Навч. посіб. / А. М. Гринченко, В. В. Третяк, Ю. В. Лемешко, А. В. Онопченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 80 стор.
8. Третяк В.В. Розрахунок параметрів технологічного процесу штампування об'ємних деталей на імпульсному пресі. Навч посібник. / В. В. Третяк, В. Д. Сотников, Ю. О. Невешкін, А. В. Онопченко. – Харків. Нац аерокосм ун-т ім М. Є. Жуковського «Харьк. авіац. ін-т». 2018. - 52 стор.

11 Рекомендована література

Базова

1. Єпіфанов, С. В. Конструкція авіаційних газотурбінних двигунів : підручник / С. В. Єпіфанов, В. С. Чигрин. – Х. : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2023. - 320 с.
2. Han, J. C. Gas turbine heat transfer and cooling technology. 2-nd edition [Text] / J. C. Han, S. Dutta, S. Ekkad. – CRC Press, Boca Raton, London. New York, 2013. – 843 p.
3. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів [Текст] / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Бойко, Л. Г. Волянська, С. О. Дмитрієв, В. В. Панін. К.: Книжкове вид-во НАУ, 2005. - 500с.

4. Моделювання САК ГТД і їх функціональних елементів : навч. посібник по лаб. практикуму [Текст] / С. В. Єпіфанов, Д. Ф. Симбірський, Р. Л. Зеленський. – Х. : Нац аерокосм. ун-т «ХАІ». 2006. – 65 с.
5. Оптимизация массы диска газовой турбины с использованием элементов систем автоматизированного проектирования [Текст]: учеб. пособие по лаб. практикуму / С. В. Епифанов, Ю. А. Гусев, С. А. Каплун и др. – Х. : Нац аэрокосмический ун-т «ХАИ». 1990. – 33 с.
6. Гільчук, А. В. Теорія теплопровідності. Частина I : навч. посібник [Текст] / А. В. Гільчук, А. А. Халатов. – К.: Нац. Техн. Ун-т «Київський політехн. ін-т». 2017. – 86 с.
7. Проектування технологічних процесів імпульсного оброблення методами синтезу і адресації. Навч. посіб / В. В. Третьак, А. В. Онопченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 72 с.
8. Проектування технологічних процесів у САПР ТП. Навч. посіб. В. В. Третьак, В. Д. Сотников, С. В. Худяков, І. В. Скорченко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 80 с.
9. Литвин, В.В. Інтелектуальні системи. Підручник / В.В. Литвин, В.В. Пасічник, Ю.В. Яци-шин. – Львів. «Новий світ».– , 2009– 406 с.
10. Пасічник В.В. Сховища даних.. Навчальний посібник / В.В. Пасічник, Н.Б. Шаховська.– Львів. «Магнолія».– , 2008– 496 с.
11. Берко, А. Ю. Системи Баз даних та знань. Книга 1. Організація баз даних і знань. Посібник./ А.Ю. Берко, О.М. Верес, В. В. Пасічник – Львів. «Магнолія».– , 2008– 456 с.

Допоміжна

1. Томашевський, В. М. Моделювання систем [Текст] / В. М. Томашевський. К.: Видавнича група ВНУ. 2005. – 325 с.
2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник [Текст] / Р. Н. Кветний, І. В. Богач, О. Р. Бойко, О. Ю. Софіна, О. М. Шушура; за заг. ред. Р.Н. Кветного. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 193 с.
3. Виклюк, Я. І. Моделювання складних систем: посібник [Текст] / Я. І. Виклюк, Р. М. Камінський, В. В. Пасічник – Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2020. – 404 с.
4. Кравченко, І. В. Комп'ютерне моделювання: Системи і процеси. Підручник [Текст] / І. В. Кравченко, В. І. Микитенко, Г. С. Тимчик – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 215 с.
5. Третьак, В. В. Можливості програмного комплексу для проектування імпульсних технологій методами «Найближчого сусіда». Матеріали XXIV міжнародного конгресу авадвигунобудівників. Тези доповіді. / В. В. Третьак, А.В. Онопченко. Матеріали XXIV міжнародного конгресу авадвигунобудівників. Тези доповіді. 2019 р. стор. 95.
6. Третьак, В. В. Особливості моделювання штампового оснащення для імпульсних технологій в базах знань з використанням алгоритмів структурного і параметричного синтезу / В. В. Третьак, В. Ф. Сорокін, К. В. Бондарєва.

Матеріали XXIII міжнародного конгресу авіадвигунобудівників. Тези доповіді. 2018 р. стор. 85.

7. Третьяк В. В. Реалізація проектування елементів оснащення для імпульсного штампування в системі Edit Object / Матеріали XXIV міжнародного конгресу авіадвигунобудівників. Тези доповіді. 2018 р. стор. 85.
8. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. 4.1, Основы технологии. - Запорожье, изд. ОАО «Мотор - Сич», 2007 г. - 518 с.
9. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Яценко В.К., Долматов А.И., Богуслаев А.В., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я., Титов В.А. Ч.3. Методы обработки деталей авиационных двигателей - Запорожье, изд. ОАО «Мотор - Сич», 2008 г. – 638 с
10. Богуслаев В.А., Качан А.Я., Долматов А.И., Мозговой В.Ф., Корневский Е.Я. Технология производства авиационных двигателей. 42. Основы проектирования технологических процессов изготовления деталей авиационных «двигателей и технологическая подготовка производства.- Запорожье. Изд. ОАО.« Мотор-Сич» 2007.- 557 с.

12 Інформаційні ресурси

Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:

- http://library.khai.edu/library/fulltexts/doc/ 01S_Modelyuvannya1.pdf
- <https://mentor2023.khai.edu/course/view.php?id=1177>