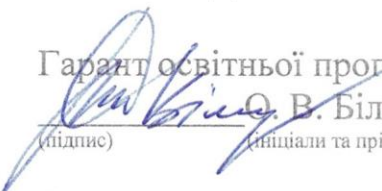


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра конструкції авіаційних двигунів (№ 203)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) О. В. Білогуб
(ініціали та прізвище)

«____» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Системи автоматичного керування АД і ЕУ

(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 (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробник: С. І. Суховій, канд. техн. наук, доцент
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
конструкції авіаційних двигунів (203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 203, д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

С. В. Єпіфанов
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	Галузь знань: 13 <u>«Механічна інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 134 <i>«Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</i> (шифр і назва) Освітня програма: <i>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</i> (назва)	Навчальний рік 2021 / 2022
Кількість змістових модулів – 2		Семестр
Індивідуальне завдання: Розрахункова робота на тему: <i>«Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim»</i> (назва)		
Загальна кількість годин – 40*/120		
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2,5 самостійної роботи студента – 5	Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	1-й
		Лекції *
		24 год.
		Практичні, семінарські *
		16 год.
		Лабораторні ¹⁾
		-
		Самостійна робота
		80 год.
		Вид контролю іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 40 / 80.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надати студентам означеної спеціальності знання та вміння в області аналізу та частково синтезу САУ авіаційними газотурбінними двигунами, визначивши при цьому вплив специфіки останніх на класичні методи ТАУ.

Завдання: структури та особливості реалізації гідромеханічних та цифрових САУ різних типів ГТД; будувати за допомогою ЕОМ математичні моделі САУ ГТД, виконувати аналіз їх властивостей аналітичними і частотними методами.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

Загальні компетентності: *Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу. Навички використання новітніх інформаційних технологій. Здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.*

Спеціальні (фахові) компетентності: *Орієнтування в історії, сучасному стані, проблемах та перспективах розвитку авіаційної та ракетно-космічної техніки. Усвідомлення робочих процесів у системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки, необхідних для розуміння, опису, вдосконалення об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки та оптимізації їх параметрів. Здатність ставити та вирішувати професійні задачі на основі знань та розуміння гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних систем.*

Програмні результати навчання: *Вміння розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми авіаційної та / або ракетно-космічної техніки, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог. Вміння використовувати новітнє спеціалізоване програмне забезпечення для розв'язання складних задач у професійній (науково-технічній) діяльності відповідно до освітньої програми. Готовність до подальшого навчання у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки, механічної інженерії і дотичних галузей знань, яке значною мірою є автономним та самостійним. Вміння формулювати та розв'язувати науково-технічні задачі з розроблення новітніх зразків систем та елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі знань та розуміння особливостей їх конструкції та робочих процесів.*

Пре-реквізити: Вища математика, Фізика, Теоретична механіка, Термодинаміка і теплообмін, Конструкція і динаміка АД і ЕУ.

Ко-реквізити: Системи охолодження елементів АД і ЕУ, Ресурсне проектування і виробування авіаційних двигунів і енергетичних установок.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

СТРУКТУРА, ПРОГРАМИ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ САУ ГТД

Лекційні заняття

ТЕМА 1. Предмет вивчення та задачі дисципліни. Місце дисципліни в учбовому плані. Рекомендована література. Основні поняття та визначення. АГТД як об'єкт управління. Контур управління САУ та САР. Структура та програми САР АД. Типовий склад САР. Зворотній зв'язок. Замкнені та розімкнені САР. Основні задачі та вимоги, класифікація САР.

ТЕМА 2. Структурна схема та програми регулювання: одновального ТРД з незмінною геометрією, ТРД зі змінюваним критичним перерізом сопла. Регулюючі фактори, регульовані параметри, програми регулювання. Варіанти структури. САУ. Особливості регулювання двоконтурних ТРД та ТРДФ. Структура та програми регулювання ТРД. Обмеження потужності. Особливості регулювання гелікоптерних ТРД.

ТЕМА 3. Фізичні та математичні моделі САУ. Математичні моделі: структурні, у вигляді єдиного рівня, в просторі станів. Математична модель однороторного ТРД з автономним поданням палива. Рівняння привідного паливного насосу. Рівняння динаміки ТРД з ПТН. Властивості однороторного ТРД. Рівняння динаміки двоконтурних та турбовальних АД. Рівняння динаміки ТРДФ, ТРДДФ. Крутильні коливання в ТВаД.

ТЕМА 4. Типи чуйників САУ АГТД. Математичні моделі чуйників САУ ГТД. Загальні вимоги до чуйників. Центробіжний чуйник обертання ротору, його рівняння та динамічні властивості. Індукційний безконтактний чуйник обертання ротору. Чуйники температури. Загальні вимоги. Термопара – рівняння та динамічні властивості.

ТЕМА 5. Сервомотори (підсилювачі), типи, загальні вимоги, математичні моделі. Гідравлічні сервомотори без зворотного зв'язку, з жорстким зворотнім зв'язком, та гнучким зворотнім зв'язком. Електромеханічний перетворювач. Рівняння динаміки. Властивості.

Модульний контроль

Змістовий модуль 2 АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ САУ ГТД

Лекційні заняття

ТЕМА 6. Задачі аналізу та синтезу САУ АД. Перетворення Лапласу, основні закономірності. Апарат передаточних функцій, його призначення. Передаточні функції сполучень та систем. Статичні та динамічні властивості САР та їх елементів

ТЕМА 7. Статичні характеристики, статичні та астатичні САУ. Елементи синтезу САР за допомогою передаточних функцій. САР частоти обертання, їх типи та принцип дії. Рівняння динаміки САР частоти обертання прямої та непрямої дії, зі зворотнім зв'язком та без нього.

ТЕМА 8. Динамічні властивості САР та їх елементів. Перехідні характеристики Частотні характеристики САР та їх елементів та методи їх побудови. АЧХ та ФЧХ однороторного ТРД.

ТЕМА 9. Стійкість лінійних САР АД та методи її дослідження. Метод характеристичного рівняння. Зв'язок його коренів із властивостями САР. Приклади його застосування до САР АД 1-го, 2-го та 3-го порядків.

ТЕМА 10. Основні положення щодо синтезу лінійних САР АД. Закони регулювання. П, І, Д та ПІД – регулятори, їх характерні властивості та призначення. Властивості САУ обертанням роторів ГТД: прямої дії, з сервомотором без та з жорстким зворотнім зв'язком. Плюси та недоліки.

ТЕМА 11. САР частоти обертання роторів ГТД з ізодромним (гнучким) зв'язком. Рівняння динаміки. Аналіз властивостей.

ТЕМА 12. Задачі управління ГТД на перехідних режимах. Динамічна характеристика ТРД. Програми управління розгоном (приємистостью) ГТД.

ТЕМА 13. Системи регулювання розгоном і запуском ГТД. Часові регулятори розгону – гідроуповільнювачі, обмежувачі подачі палива.

ТЕМА 14. Управління температурою газу. Рівняння динаміки ТРД по температурі газу. Вимоги до швидкості реагування регулятора температури газу. Компенсація динамічної похибки термпар. Регулювання температури газу шляхом впливу на $F_{кр}$. Регулятор температури в якості корегуючого пристрою. Особливості регулювання високотемпературних ГТД.

ТЕМА 15. Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора. Системи перепуску повітря. Системи повороту лопаток направляючих апаратів (НА). Структура і програми регулювання кутів повороту лопаток НА.

ТЕМА 16. Загальна характеристика цифрових САУ АД. Задачі які вирішуються цифровими САУ, головні особливості цифрових САУ. Приклади побудови цифрових САУ ГТД. Перспективи їх розвитку.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
1	2	л	п	лаб	с.р.
		4	5	6	7
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
СТРУКТУРА, ПРОГРАМИ ТА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ САУ ГТД					
ТЕМА 1. Вступ до дисципліни. Структура та програми САР АД. Типовий склад САР.	4	1	-	-	3
ТЕМА 2. Структура та програми регулювання ТРД. Особливості регулювання гелікоптерних ТРД.	10	2	-	4	4
ТЕМА 3. Математичні моделі об'єктів управління САУ ГТД.	10	2	-	2	6
ТЕМА 4. Чуйники САУ ГТД. Математичні моделі чуйників.	6	2	-	1	3
ТЕМА 5. Сервомотори (підсилювачі). Математичні моделі сервомоторів САУ ГТД	6	1	-	1	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	37	9	-	8	20
Змістовий модуль 2					
АНАЛІЗ ТА СИНТЕЗ САУ ГТД					
ТЕМА 6. Передаточні функції сполучень та систем.	3	1	-	0	2
ТЕМА 7. Синтез САР за допомогою передаточних функцій.	3	1	-	-	2
ТЕМА 8. Динамічні властивості САР та їх елементів.	4	1	-	1	2
ТЕМА 9. Стійкість лінійних САР АД та методи її дослідження.	7	2	-	1	4
ТЕМА 10. Основні положення щодо синтезу лінійних САР АД.	6	2	-	-	4
ТЕМА 11. САР частоти обертання роторів ГТД з ізодромним (гнучким) зв'язком.	6	1	-	2	3
ТЕМА 12. Задачі управління ГТД на перехідних режимах.	6	1	-	1	4
ТЕМА 13. Системи регулювання розгоном і запуском ГТД.	5	1	-	1	3
ТЕМА 14. Управління температурою газу.	5	1	-	1	3
ТЕМА 15. Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора.	6	1	-	1	4
ТЕМА 16. Задачі які вирішуються цифровими САУ, головні особливості цифрових САУ.	8	4	-	-	4
Модульний контроль	1	1	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	60	17	-	8	35
Модуль 2					
Індивідуальне завдання Розрахункова робота на тему: «Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim» Контрольний захід	25	-	-	-	25
Усього годин	122	26	-	16	80

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Система паливосточання і автоматичного регулювання двоконтурного двигуна транспортної авіації.	6
2	Система паливосточання і автоматичного регулювання гелікоптерного газотурбінного двигуна.	6
3	Дослідження стійкості та моделювання САУ авіаційних ГТД та їх динамічних елементів у VisSim .	4
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Структура та програми САР АД. Типовий склад САР.	3
2	Структура та програми регулювання ТРД. Особливості регулювання гелікоптерних ТРД	4
3	Математичні моделі об'єктів управління САУ ГТД	6
4	Чуйники САУ ГТД . Математичні моделі чуйників.	3
5	Сервомотори (підсилювачі). Математичні моделі сервомоторів САУ ГТД	4
6	Передаточні функції сполучень та систем	2
7	Синтез САР за допомогою передаточних функцій.	2
8	Динамічні властивості САР та їх елементів	2
9	Стійкість лінійних САР АД та методи її дослідження.	4
10	Основні положення щодо синтезу лінійних САР АД.	4
11	САР частоти обертання роторів ГТД з ізодромним (гнучким) зв'язком	3
12	Задачі управління ГТД на перехідних режимах.	4
13	Системи регулювання розгоном і запуском ГТД.	3
14	Управління температурою газу	3
15	Автоматичне забезпечення газодинамічної стійкості компресора.	4
16	Задачі які вирішуються цифровими САУ, головні особливості цифрових САУ.	4
17	Виконання розрахунково-графічної роботи	25
	Разом	80

9. Індивідуальне завдання

1. **Розрахункова робота на тему:** *«Комп'ютерні дослідження властивостей САУ обертанням ротора ТРД на ПК VisSim».*

Розділи роботи:

1. Складання передаточної функції сполучень та системи .
2. Побудова математичної моделі системи.
3. Визначення стійкості САР.
4. Виконання моделювання перехідних режимів.
5. Визначення властивості САР.

10. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- лабораторні роботи;
- розрахунково-графічна робота;
- самостійна робота студента;
- іспит.

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

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

Проведення лабораторних робіт базується на словесному (аналітичному) описанні САУ, а також й на матеріальному відображенні за допомогою спеціальних дидактичних матеріалів (розрізні макети, плакати та ін.). Під час проведення лабораторних робіт 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 лабораторних робіт, виконують домашню розрахунково-графічну роботу.

11. Методи контролю

11.1. Тестування

Матеріал дисципліни розбито на два змістових модулі:

1. Структура, програми та математичні моделі САУ ГТД.
2. Аналіз та синтез САУ ГТД.

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 лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

Строк захисту домашнього завдання – 15-й тиждень. Затримка захисту домашнього завдання на тиждень – мінус 2 бали, на 2 тижні – мінус 4 бали.

Семестр 1 – *іспит*.

11.2. Питання для контролю та самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Основні задачі та вимоги, класифікація САР. АГТД як об'єкт управління.
2. Контур управління САУ та САР. Структура та програми САР АД.
3. Типовий склад САР.
4. Зворотній зв'язок.
5. Замкнені та розімкнені САР.
6. Структурна схема та програми регулювання одновального ТРД з незмінною геометрією.
7. Структурна схема та програми регулювання одновального ТРД зі змінюваним критичним перерізом сопла.
8. Регулюючі фактори, регульовані параметри, програми регулювання.
9. Варіанти структури САУ. Особливості регулювання двоконтурних ТРД та ТРДФ.
10. Структура та програми регулювання ТРД.
11. Обмеження потужності.
12. Особливості регулювання гелікоптерних ТРД.
13. Рівняння однороторного ТРД з автономним поданням палива.
14. Рівняння привідного паливного насоса.
15. Динамічні параметри ТРД. Визначення динамічних параметрів ТРД: за моментними характеристикам, за допомогою нелінійної моделі та експериментальних даних.
16. Рівняння динаміки ТРД з ПТН.
17. Властивості однороторного ТРД.
18. Рівняння динаміки двоконтурних та турбовальних АД.
19. Рівняння динаміки ТРДФ, ТРДДФ.
20. Крутильні коливання в ТВАД.
21. Типи чуйників САУ АГТД. Загальні вимоги до чуйників.
22. Центробіжний чуйник обертання ротору, його рівняння та динамічні властивості.
23. Індукційний безконтактний чуйник обертання ротору.
24. Чуйники температури. Загальні вимоги. Термопара – рівняння та динамічні властивості.
25. Сервомотори (підсилювачі), типи, загальні вимоги.
26. Гідравлічні сервомотори без зворотнього зв'язку, з жорстким зворотнім зв'язком, та гнучким зворотнім зв'язком.
27. Електромеханічний перетворювач. Рівняння динаміки. Властивості.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

1. Модель системи у вигляді передавальної функції. Зв'язок передавальної функції з диференціальним рівнянням динаміки системи.
2. Характеристичне рівняння. Зв'язок характеристичного рівняння з функцією передачі.
3. Як визначити за допомогою характеристичного рівняння наявність коливань
4. Частотні характеристики системи. Зв'язок АЧХ з передавальною функцією.
5. Поняття «стійка система», «нестійка система», «система на межі стійкості».
6. Критерій стійкості Ляпунова.
7. Критерій нестійкості Ляпунова.
8. Критерій стійкості Рауса-Гурвіца.
9. Критерій стійкості Найквіста.
10. Запаси стійкості по амплітуді і фазі.
11. Поняття «модель системи в просторі станів».
12. рівняння динаміки і спостереження моделі системи в просторі станів.

13. Поняття «керована система». Критерій керованості системи.
14. Поняття «спостережувана система». Критерій спостережливості.
15. Гідромеханічний регулятор прямої дії. Схема, опис роботи.
16. Основні властивості САУ з регулятором прямої дії.
17. Схема і математична модель відцентрового чутливого елемента частоти обертання ротора ГТД.
18. Гідромеханічний регулятор непрямої дії без зворотного зв'язку. Схема, опис роботи.
19. Основні властивості САУ ГТД з регулятором непрямої дії без зворотного зв'язку.
20. Схема і математична модель регулятор непрямої дії без зворотного зв'язку.
21. Регулятор з жорсткою зворотним зв'язком (ЖОС). Схема, опис роботи.
22. Основні властивості САУ ГТД з регулятором з ЖОС.
23. Схема ізодромного регулятор. Опис роботи.
24. Основні властивості САУ ГТД з ізодромного регулятором.

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...0,5	10	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	3	8...12
Модульний контроль	14...23	1	14...23
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...0,5	6	0...3
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	2...4	3	8...12
Модульний контроль	14...23	1	14...23
Виконання і захист РГР	16...22	1	16...22
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 розрахунково-графічної роботи.

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

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

12.2. Розподіл питань у білетах заліків

Семестр	1-й	
Тип контролю	Іспит	
Теоретичні запитання (перше, друге)	Змістовий модуль 1, Змістовий модуль 2	
Третє запитання	Тематика практичних занять	

12.3. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- головні чинники, що обумовлюють необхідність управління газотурбінними двигунами;
- основні елементи САУ АД;
- типові схеми САУ ГТД;
- програми автоматичного управління різних типів ГТД;
- умови функціонування деталей та вузлів САУ АД;
- послідовність проектування систем автоматичного управління ГТД;
- структури та особливості реалізації гідромеханічних та цифрових САУ різних типів ГТД;
- методи аналізу стійкості САУ АД;
- методи якості та моделювання САУ АД;

вміти:

- визначати передаточні функції елементів та САУ за заданими математичними співвідношеннями;
- виконувати розрахунки стійкості САУ із використанням відповідних програмних засобів;
- виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій, пропонувати шляхи їх вдосконалення за результатами виконаних розрахунків.

12.4. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу). Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати схеми САУ різних типів ГТД. Уміти визначити стійкість ГТД за заданими передаточними функціями та структурною схемою. Пояснювати особливості П-, ПИ- та ПИД регуляторів. Знати основні типи чуйників САУ АГТД та загальні вимоги до чуйників. Пояснювати основні особливості цифрових САУ.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати тенденції розвитку ГТД та внесок у цей процес розвитку систем автоматичного управління. Знати типові схеми САУ різних ГТД. Вміти визначити якість САУ ГТД за заданими математичними співвідношеннями та схемою САУ. Знати основні етапи розрахунку систем автоматичного управління ГТД. Вміти визначити 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 аналіз гідравлічних сервомоторів без зворотнього зв'язку, з жорстким зворотнім зв'язком та гнучким зворотнім зв'язком.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі лабораторні та 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 на ефективність праці двигуна. Знати структури та особливості реалізації гідромеханічних та цифрових САУ різних типів ГТД. Знати програми автоматичного управління різних типів ГТД. Виконувати аналіз переваг та недоліків усіх схем САУ різних типів ГТД. Виконувати розрахунки властивостей САУ аналітичними і частотними методами. Пояснювати особливості регулювання гелікоптерних ТВД. Володіти основами аналізу та синтезу САУ.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка за національною шкалою	
	Для іспиту	Для заліку
90-100	Відмінно	Зараховано
75-89	Добре	
60-74	Задовільно	
01-59	Незадовільно	Не зараховано

13. 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.

14. Рекомендована література**Базова**

1. Иноземцев, А.А. Газотурбинные двигатели. Динамика и прочность авиационных двигателей и энергетических установок [Текст] / А.А. Иноземцев, М.А. Нихамкин, В.Л. Сандрацкий. - М.: Машиностроение, 2007. – 204 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. Черкасов В. А. Автоматика и регулирование воздушно-реактивных двигателей. – М. : Машиностроение. 1988. – 360 с.
4. Маркианов Л. И. Автоматика авиационных газотурбинных двигателей. – Харьков : изд-во ХВВАИУ. 1984. – 370 с.
5. Шевяков А. А. Автоматика авиационных и ракетных силовых установок – 308 с.
6. Скрипка А. И., Епифанов С. В. Система топливopитания вертолетных ГТД : Учебное пособие. Харьков : Нац. аэрокосмический ун-т «ХАИ», кафедра 203. 1992. – 40 с.
7. Епифанов С. В. и др. Моделирование САУ ГТД и их функциональных элементов : учеб. пособие по лаб. практикуму. / С. В. Епифанов, Д. Ф. Симбирский, Р. Л. Зеленский.– Харьков : Нац аэрокосмический ун-т «ХАИ». 2006. – 65 с.

Допоміжна

8. Гаевский С. А. и др. Автоматика газотурбинных установок / С. А. Гаевский, Ф. И. Морозов, Ю. П. Тихомиров – М. : Минобороны. 1980. – 340 с.