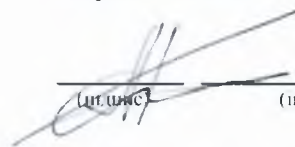


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) Л.Г.Бойко
(ініціали та прізвище)
«__» _____ 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

**Математичні моделі і методи в розрахунках на електронно-
обчислювальних машинах**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»
(цифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Газотурбінні установки і компресорні станції»
(найменування)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Розробник: Дегтярьов О.Д. ст. викладач каф. 201

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 201

«Теорії авіаційних двигунів»

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «31»серпня 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

Л.Г. Бойко

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань (спеціальність, спеціалізація), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни денна форма навчання	
Кількість кредитів – 4		Галузь знань 14 «Електрична інженерія» (шифр і назва)	Вибіркова	
Модулів – 1			Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2				
Індивідуальне завдання: Розрахункова робота «Визначення характеристик турбовального двигуна» (назва)		Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування» (шифр і назва)	2021/2022	
			Семестр	
			7	-
Загальна кількість годин – 56/120		Освітня програма «ГТУ і компресорні станції» (назва)	Лекції *	
Тижневих годин для денної форми навчання –			24 год.	–
Семестр 7			Практичні *	
Аудиторних – 56 год.	Самост. роботи – 64 год.	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	32 год	–
			Лабораторні *	
			-	-
			Самостійна робота	
			64 год.	-
			Вид контролю	
			Модульний контроль, іспит	–

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить для денної форми навчання – 56/64.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до математичного моделювання робочого процесу газотурбінних двигунів та їх елементів і використання чисельних методів розрахунку.

Завдання – вивчення математичних моделей робочого процесу газотурбінних двигунів і їх елементів та методів розрахунку параметрів газотурбінних двигунів в залежності від зовнішніх умов та режиму роботи двигуна.

Компетентності, які набуваються:

ФК2. Здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням теоретичних і експериментальних методів дослідження процесів в газотурбінних установках та енергетичному обладнанні компресорних станцій.

ФК3. Здатність аналізувати інформацію з літературних джерел, здійснювати патентний пошук, а також використовувати бази даних та інші джерела інформації для здійснення професійної діяльності.

ФК10. Здатність забезпечувати моделювання об'єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків, проводити експерименти за заданими методиками з обробкою й аналізом результатів.

ФК12. Здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК7. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

Очікувані результати навчання:

ПРН 1. Демонструвати знання і розуміння математики, фізики, технічної термодинаміки, гідрогазодинаміки, теорій лопаткових машин, газотурбінних двигунів і тепломасообміну, технічної механіки, конструкційних матеріалів, систем автоматизованого проектування енергетичних машин на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми.

ПРН 4. Застосовувати процеси, системи, обладнання, інженерні технології відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; обирати і застосовувати придатні типові розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати досліджень.

ПРН 5. Виявляти, формулювати і вирішувати інженерні завдання відповідно до потреб газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій; розуміти важливість нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) обмежень.

ПРН 7. Застосовувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об'єктів газотурбобудування та енергетичного машинобудування.

ПРН 8. Здійснювати моделювання з метою детального вивчення і дослідження інженерних питань в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання

компресорних станцій, використовуючи наукові бази даних та інші відповідні джерела інформації.

галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.

ПРН 11. Виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.

ПРН 12. Застосовувати практичні навички вирішення завдань, що передбачають реалізацію інженерних проектів і проведення досліджень.

ПРН 13. Використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси при вирішенні професійних завдань в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій з урахуванням наявності обмежень та розумінням їх природи

ПРН 20. Засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя

– Пререквізити:

- «Вища математика», «Програмування та методи обчислень», «Теорія та розрахунок лопатевих машин», «Теорія газотурбінних двигунів і установок», «Робочі процеси в газотурбінних двигунах та їх елементах»;

– Кореквізити:

«Теорія та розрахунок лопатевих машин», «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок», «Теорія газотурбінних двигунів і установок», «Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі», «Дипломна робота (проект)».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1 Математичне моделювання процесів і експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів при проектуванні

Вступ до дисципліни «Математичні моделі і методи в розрахунках на електронно-обчислювальних машинах»

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані. Аналіз переваг математичного моделювання при створенні нових і модернізація існуючих газотурбінних двигунів. Роль та місце експлуатаційних характеристик двигунів при проектуванні ГТД.

Тема 1 Математичне моделювання процесів та експлуатаційних характеристик ГТД

Експлуатаційні характеристики ГТД і способи їх одержання. Математичні моделі та моделювання. Класифікація та рівні математичних моделей. Математичні моделі елементів ГТУ: вхідного та вихідного пристроїв, компресора, турбіни, камери згорання. Мета та задачі моделювання характеристик двигуна. Турбовальний газотурбінний двигун як об'єкт математичного моделювання. Організація розрахункового процесу в програмах математичного моделювання. Методи розрахунку. Матриця Якобі. Критерії знаходження рішення системи рівнянь нев'язок ГТД. Поліпшення характеристик ГТД за рахунок регулювання елементів проточної частини двигуна. Математичні моделі регульованих елементів ГТД: компресора та турбіни. Аналіз результатів математичного моделювання характеристик ГТД за експлуатаційними обмеженнями.

Модуль 2.

Змістовний модуль 2 Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ

Тема 2. Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ

Регулювання ГТД и ГТУ. Вибір програм (законів) регулювання. Регулюючі органи ГТД. Регулюючі параметри: привод нагнітачів природного газу та енергоустановок. Особливості дросельної, зовнішньої та кліматичної характеристик ТВад та ТВД. Системи рівнянь нев'язок ГТД різних конструктивних схем та призначення: ТВД, ТВад, ТРД(Ф), ТРДД(Ф)(Фсм). Схеми наземних ГТУ. Залежність економічності блокованої ГТУ від програми регулювання. Реалізація програм регулювання. Приклади комбінованих програм регулювання ГТД/ГТУ: дросельна і кліматична характеристики. Несталі режими роботи ГТУ. Математичне моделювання перехідних (несталих) режимів роботи ГТД.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі										
		л	п	лаб	с.р.							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1.												
Математичне моделювання процесів і експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів при проектуванні												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вступ до навчальної дисципліни	3	1	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
Тема 1. Математичне моделювання процесів та експлуатаційних характеристик ГТД	58	12	18	-	28	-	-	-	-	-	-	-
Модульний контроль				-								
Разом за змістовим модулем 1	61	13	18	-	30	-	-	-	-	-	-	-
Модуль 2 (блок змістовних модулів)												
Змістовий модуль 2.												
Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ												
Тема 2. Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ	59	11	14	-	34	-	-	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	59	11	14	-	34	-	-	-	-	-	-	-
Модульний контроль				-								
Усього годин	120	24	32	-	64	-						

5. Темі семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
Не передбачено навчальним планом		

6. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Дослідження дросельної характеристики одновального ТВД на ЕОМ за допомогою математичних моделей	6
2	Дослідження дросельної характеристики ТВАд з регульованим компресором чи перепуском на ЕОМ за допомогою математичних моделей	6
3	Дослідження кліматичної характеристики ТВАд (ТВД) на ЕОМ за допомогою математичних моделей	6
4	Дослідження зовнішньої характеристики ТВАд на ЕОМ за допомогою математичних моделей	6
5	Дослідження перехідної характеристики режиму роботи ГТУ на ЕОМ за допомогою математичних моделей	8
	Разом	32

7. Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
Не передбачено навчальним планом		

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вступ. Аналіз переваг математичного моделювання при створенні нових і модернізація існуючих газотурбінних двигунів.	2
2	Математичне моделювання процесів та експлуатаційних характеристик ГТД (Тема 1)	30
3	Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ (Тема 2)	32
	Разом	64

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	2
1	Визначення характеристик турбовального двигуна

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, розрахункова робота, захист звітів з лабораторних робіт, письмові модульні контролі, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Семестр 7

№ з/п	Елемент модуля	Бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	Робота на лекційних заняттях			0 – 2
2	Виконання лабораторних робіт	0 – 1	3	0 – 3
3	Захист лабораторних робіт	0 – 3	3	0 – 9
4	Складання модульного контролю	0 - 36	1	0 – 36
Разом за Модуль 1				0 – 50
Модуль 2				
1	Робота на лекційних заняттях			0 – 2
2	Виконання лабораторних робіт	0 – 1	2	0 – 2
3	Захист лабораторних робіт	0 – 3	2	0 – 6
4	Виконання розрахункової роботи	0 – 2	1	0 – 2
5	Захист розрахункової роботи	0 – 5	1	0 – 5
6	Складання модульного контролю	0 - 33	1	0 – 33
Разом за Модуль 2				0 – 50
Разом за семестр 7				0 – 100

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

Білет для іспиту складається з 2 запитань, згідно з змістовних модулів. Кожне питання максимум дає 50 балів. (сума 100 балів)

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи узгодження параметрів компресорів і турбін в системі турбокомпресора;
- принципи побудови ММ ГТУ;
- види експлуатаційних характеристик ГТУ (дросельна, зовнішня, злітного режиму, перехідних режимів);
- способи одержання характеристик ГТУ (експериментальні і розрахункові з використанням ММ ГТД);
- вплив вибору закону (програми) регулювання на протікання характеристики ГТД;

- особливості регулювання ГТУ з різними споживачами і їх залежність від зовнішніх факторів.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- вірно вибирати принципову схему турбокомпресора та формувати вихідні дані для розрахунків;
- складати завдання для розрахунку різних видів експлуатаційних характеристик з використанням математичних моделей ГТУ та правильним обґрунтуванням закону (програми) регулювання;
- аналізувати результати розрахункового дослідження характеристик і оцінювати можливості їхнього поліпшення.

12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашнє завдання. Вміти самостійно визначати характеристику газотурбинного двигуна, та використовуючи математичне моделювання, одержувати їх.

Добре (75 - 89). Твердо знати мінімум знань, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати характеристики двигунів та їх зміни що до умов використання газотурбинного двигуна.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати усі технології, які використовуються при створенні математичних моделей як двигунів, так і використачів енергії двигуна. Досконало орієнтуватися в характеристиках двигунів, та використати можливості що до їх поліпшення.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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. Рекомендована література

Основна література

1. Исследование эксплуатационных характеристик газотурбинных двигателей. Ч. 1. Газотурбинные установки /А.Г. Волон, О.Д. Дегтярев, Г.В. Павленко. - Сборник лабораторных работ. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. - 57 с.
2. Павленко Г.В. Математическое моделирование авиационных ГТД при исследовании их эксплуатационных характеристик. -Х.: ХАИ, 1986. - 123 с.
3. Чуян Р.К. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1979. - 288 с.

4. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: - Кн. 1 "Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ". - Кн. 2 "Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики". - М.: Машиностроение, 2002. - 616 с.
5. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: В 3 кн. Основные проблемы. Начальный уровень проектирования, газодинамическая доводка, специальные характеристики и конверсия авиационных ГТД. - М.: Машиностроение, 2004. - Кн. 3. - 459 с.
6. В. А. Сосунов, Ю. А. Литвинов. Неустановившиеся режимы работы авиационных газотурбинных двигателей. М., «Машиностроение», 1975, 216 с.

Додаткова література

7. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа. - М.: Недра, 1991. - 303 с.
8. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Ученик /В. И. Бакулев, В. А. Голубев, Б. А. Крылов и др.; Под редакцией В.А. Сосунова, В. М. Чепкипа — М.: Изд-во МАИ, 2003. — 688 с: ил.
9. А.Б. Агульник, В.И. Бакулев, В.А. Голубев, И.В. Кравченко, Б.А. Крылов. Термогазодинамические расчеты и расчет характеристик авиационных ГТД /Под ред. В.И. Бакулева: Учебное пособие — М.: Изд-во МАИ, 2002. — 256 с: ил.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>