

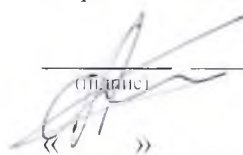
Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



Л. Г. Бойко

(підпис) (ініціали та прізвище)

» 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теорія газотурбінних двигунів і установок

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»

(код та найменування напрямку підготовки)

Освітня програма: «Газотурбінні установки і компресорні станції»

(найменування)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Теорія газотурбінних двигунів і установок
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»
освітньою програмою «Газотурбінні установки і компресорні станції»
« 27 » 08 2021 р., - 16 с.

Розробник: Кіслов О.В., проф каф. 201, к.т.н., доцент
(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 » 08 2021 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор  Д.Г. Бойко
(науковий ступінь та вчене звання) (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 – 9		Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова	
Модулів – 4			Навчальний рік:	
Змістових модулів – 9				
Розрахункова робота « <u>Термодинамічний розрахунок ГТД</u> », Розрахункова робота « <u>Розрахунок і профілювання проточної частини ГТД</u> »		Спеціальність <u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	2021/2022	2021/2022
			Семестр	
			6-й	7-й
Загальна кількість годин – 136*/270		Освітня програма: <u>«Газотурбінні установки і компресорні станції»</u>	Лекції *	
Тижневих годин для денної форми навчання			48 год.	24 год.
Семестр 6			Практичні	
Аудиторних – 4,5 год.	Самост. роботи – 5 год.	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	–	16 год.
Семестр 7			Лабораторні *	
			24год.	24 год.
Аудиторних – 4 год.	Самост. роботи – 3,5год.		Самостійна робота	
			78 год.	56 год.
			Індивідуальна робота	
			–	–
			Вид контролю	
			Модульний контроль, іспит	Модульний контроль, іспит

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – $136/134=1.015$.

* 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 проектування ГТД та самостійного аналізу процесів, що відбуваються в ГТД та їх елементах.

Завдання – вивчення принципу дії повітряно-реактивних двигунів, характеристик їх елементів, методів термодинамічного аналізу циклів та оптимізації параметрів робочого процесу повітряно-реактивних двигунів, програм управління, спільної роботи елементів, характеристик та особливостей несталої роботи повітряно-реактивних двигунів.

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

1) Загальні :

- ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.
- ЗК8. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК9. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК10. Здатність працювати в команді.
- ЗК11. Навички міжособистісної взаємодії.
- ЗК14. Навички здійснення безпечної діяльності.
- ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.
- ЗК16. Прагнення до збереження навколишнього середовища.

2) Фахові :

- ФК1. Здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.
- 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.
- ФК5. Здатність розробляти енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації газотурбінної техніки і енергетичного обладнання компресорних станцій.
- ФК7. Здатність брати участь у роботах з розробки і впровадження теплотехнологічних процесів при проектуванні газотурбінної техніки та енергетичного обладнання компресорних станцій, перевіряти якість монтажу й налагодження при випробуваннях і здачі в експлуатацію нових газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій.
- ФК8. Здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок та енергетичного обладнання компресорних станцій і застосовувати способи раціонального використання сировинних, енергетичних та інших видів ресурсів.
- 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. – здатність продемонструвати передові знання в газотурбобудуванні.

Програмні результати навчання:

Знання і розуміння:

- **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 3.** Виявити розуміння широкого міждисциплінарного контексту спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» і освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції».

Інженерний аналіз

- **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.

Проектування

- **ПРН 6.** Розробляти і проектувати газотурбінні установки та енергетичне обладнання компресорних станцій, що задовольняють конкретним вимогам, які можуть включати обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти: обрання і застосовування адекватної методології проектування.
- **ПРН 7.** Застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об'єктів газотурбобудування та енергетичного машинобудування.

Дослідження

- **ПРН 9.** Застосовувати нормативні документи і правила техніки безпеки при вирішенні професійних завдань.
- **ПРН 10.** Планувати і виконувати експериментальні дослідження за допомогою інструментальних засобів (вимірювальних приладів), оцінювати похибки проведення досліджень, робити висновки.

Інженерна практика

- **ПРН 11.** Виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, а також їх обмежень.
- **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 15.** Виявляти розуміння нетехнічних (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) наслідків інженерної практики в галузі газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій.

Навчання протягом життя

- **ПРН 20.** Засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.
- **ПРН 21.** Виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

Пререквізити:

для вивчення «Теорія газотурбінних двигунів і установок» потрібні знання з дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Хімія та основи екології», «Технічна термодинаміка», «Теорія та розрахунок лопаткових машин», «Теплотехнічні вимірювання і прилади», «Теоретична механіка», «Гідрогазодинаміка», «Робочі процеси в газотурбінних двигунах та їх елементах»;

Кореквізити:

«Теорія газотурбінних двигунів і установок» забезпечує вивчення дисциплін «Конструкція та міцність газотурбінних двигунів та установок», «Автоматика, регулювання та агрегати газотурбінних установок», «Випробування та основи експлуатації газотурбінних установок», «Газотурбінні установки, компресорні станції та газотранспортні мережі», «Комп'ютерне проектування елементів газотурбінних двигунів», «Математичні моделі і методи в розрахунках на електронно-обчислювальних машинах», «Іноземна мова для фахівців енергетики», «Виробнича практика», «Дипломна робота (проект)».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Схеми, цикли та тяга силової установки з ГТД

Змістовий модуль 1. Силкові установки з повітряно-реактивними двигунами та їх параметри

Вступ до дисципліни «Теорія газотурбінних двигунів і установок»

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в навчальному плані та її значення. Особливості вивчення дисципліни, навчальна література. Історичний огляд розвитку теорії повітряно-реактивних двигунів.

Тема 1 . Силкові установки з повітряно-реактивними двигунами та їх параметри

Лекція 1. Тяга та питомі параметри силових установок (СУ) з повітряно-реактивними двигунами (ПРД)

1. Силова установка з ГТД та її основні абсолютні параметри
2. Класифікація ГТД і області їх використання
3. Ефективна і внутрішня тяга силової установки. Зовнішній опір СУ
4. Еквівалентна потужність ГТД
5. Основні питомі параметри силових установок з ГТД

Лекція 2-3. Схеми та теплові діаграми ГТД

6. Схеми ГТД. Газогенераторна частина. Ступінь двоконтурності. Температура змішування потоків в ТРДДзм
7. Теплові діаграми ГТД. Ефективна та вільна роботи
8. Поняття приєднаної маси повітря гвинтом чи вентилятором. Ефект приєднаної маси
9. ККД та енергетичний баланс силових установок з ГТД

Змістовий модуль 2. Характеристики елементів повітряно-реактивних двигунів

Тема 2. Характеристики елементів повітряно-реактивних двигунів

Лекція 4-5. Стиснення повітря у вхідному пристрої та компресорі

1. Призначення, класифікація, основні параметри вхідних пристроїв і вимоги до них
2. Дозвукові вхідні пристрої
3. Надзвукові вхідні пристрої внутрішнього стиснення
4. Надзвукові вхідні пристрої зовнішнього стиснення
5. Характеристики вхідних пристроїв
6. Помпаж і «зуд» надзвукових вхідних пристроїв зовнішнього стиснення
7. Регулювання надзвукових вхідних пристроїв
8. Характеристики компресора : загальний вигляд, розузгодження режимів роботи ступенів на нерозрахункових режимах роботи компресора, регулювання компресора.
9. Пілозахисні пристрої.

Лекція 6. Камери згоряння ГТД

10. Призначення, класифікація і вимоги до камер згоряння. Основні параметри камер згоряння
11. Основні закономірності процесу горіння
12. Організація робочого процесу в основних камерах згоряння ГТД
13. Особливості організації робочого процесу в форсажних камерах
14. Експлуатаційні характеристики основних і форсажних камер згоряння
15. Вібраційне горіння палива і способи його попередження

Лекція 7. Розширення газу в турбіні та вихідному пристрої

16. Характеристики турбін: характеристики ступеня газової турбіни, особливості характеристик багатоступеневих турбін; регулювання турбін
17. Призначення, класифікація, основні параметри і вимоги до вихідних пристроїв
18. Сопла для докритичних і надкритичних перепадів тиску
19. Характеристики та регулювання вихідних пристроїв

Змістовий модуль 3. Термодинамічний аналіз циклу повітряно-реактивних двигунів

Тема 3. Термодинамічний аналіз циклу повітряно-реактивних двигунів

Лекція 8-9. Оптимізація циклу ТРД, ТГД і ТВАД

1. Вираз корисної (ефективної) роботи циклу ТРД через параметри робочого процесу. Зв'язок ефективної і вільної роботи з питомою тягою двигуна
2. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підігріву повітря
3. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ступеня підвищення тиску. Оптимальний та економічний ступень підвищення тиску
4. Залежність корисної роботи циклу, питомої тяги і питомих витрат палива від ККД процесів стиснення і розширення
5. Залежності питомої потужності і питомих витрат палива ТВАД і ТГД від параметрів робочого процесу
6. Оптимальний розподіл роботи циклу ТГД між гвинтом і реакцією

Лекція 10. Оптимізація циклу ТРДФ

7. Ціль та способи форсування ГТД
8. Теплова діаграма ТРДФ
9. Залежності питомої тяги і питомих витрат палива ТРДФ від параметрів робочого процесу
10. Вибір параметрів циклу у проектуванні ТРД і ТРДФ

Лекція 11. Оптимізація циклу ТРДД і ТРДДФ

11. Параметри робочого процесу та питомі параметри ТРДД
12. Робота циклу ТРДД без змішування потоків і її оптимальний розподіл між контурами
13. Призначення, схеми, організація робочого процесу і характеристики камер змішування ТРДД
14. Оптимальний розподіл роботи циклу між контурами ТРДД і ТРДДФ зі змішуванням потоків
15. Вплив параметрів робочого процесу на питомі параметри ТРДД і ТРДДФ

Модульний контроль

Модуль 2. Спільна робота елементів та характеристики силової установки з ГТД

Змістовий модуль 4. Програми управління та спільна робота елементів силової установки

Тема 4. Програми управління та спільна робота елементів силової установки

Лекція 12-13. Математична модель однофазного ТРД і методи її розв'язання

1. Система рівнянь, що описують спільну роботу елементів однофазного ТРД
2. Задачі управління (регулювання) ТРД і ТРДФ і поняття про програми (закони) управління (регулювання) двигуна
3. Спільна робота компресора, камери згоряння і турбіни однофазного ТРД і ТРДФ
4. Спільна робота турбіни і реактивного сопла однофазного ТРД і ТРДФ
5. Коефіцієнти стійкості та запасу стійкої роботи компресору

Лекція 14. Лінія спільної роботи елементів однофазного ТРД

при різних програмах управління двигуна

6. ЛСР при умові $\pi_1^* = \text{const}$ (однопараметричні програми управління)
7. ЛСР при програмі управління $T_1^* = \text{const}$ і $n = \text{const}$ (двопараметрична програма управління)

Лекція 15. Особливості спільної роботи елементів двохфазних ТРД і ТРДФ

8. Особливості спільної роботи газових турбін і сопла двохфазних ТРД і ТРДФ
9. Особливості спільної роботи компресора, камери згоряння і турбіни двохфазних ТРД(Ф)
10. Спільна робота надзвукового вхідного пристрою і компресора

Лекція 16. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів

ТРДД і ТРДДФ

11. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД без змішування потоків
12. Особливості управління і спільної роботи елементів ТРДД зі змішуванням потоків
13. Особливості управління (регулювання) ТРДДФ

Лекція 17. Особливості управління (регулювання) спільної роботи елементів ТГД і ТВад

14. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТГД
15. Особливості управління (регулювання) і спільної роботи елементів ТВад

Змістовний модуль 5. Характеристики силових установок з ГТД

Тема 5. Характеристики силових установок з ГТД

Лекція 18. Режими роботи та швидкісні характеристики силових установок з ГТД

1. Номенклатура основних режимів роботи ГТД, характеристики силових установок з ГТД та методи їх одержання
2. Швидкісні характеристики силових установок з ТРД, ТРДФ
3. Особливості швидкісних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ.
4. Швидкісні характеристики силових установок з ТГД

Лекція 19. Висотні характеристики силових установок з ГТД

5. Модель стандартної атмосфери
6. Висотні характеристики силових установок з ГТД. Вплив числа Рейнольдса на висотні характеристики
7. Обмеження на висотно-швидкісних характеристиках ТРД
8. Діапазон висот та швидкостей ЛА і області обмежень режимів роботи силової установки

Лекція 20. Дросельні характеристики силових установок з ГТД

9. Дросельні характеристики силових установок з ТРД і ТРДФ
10. Вплив програм управління (регулювання) на дросельні характеристики ТРД і ТРДФ
11. Особливості дросельних характеристик силових установок з ТРДД і ТРДДФ
12. Дросельні характеристики силових установок з ТГД і ТВад

Лекція 21-22. Приведення результатів випробувань ГТД до стандартних атмосферних умов. Кліматичні характеристики ГТД

13. Подібність режимів роботи ГТД
14. Приведення результатів випробувань ГТД до стандартних атмосферних умов
15. Вплив атмосферних умов на основні данні ГТД
16. Кліматичні характеристики ГТД

Змістовний модуль 6. Несталі режими ГТД

Тема 6. Несталі режими роботи ГТД

Лекція 23-24. Несталі режими роботи ГТД

1. Умови спільної роботи елементів ГТД в несталіх процесах
2. Прийомистість і скид газу ТРД
3. Включення і виключення форсованого режиму
4. Запуск ТРД
5. Особливості перехідних процесів двохвальних ТРД і ТРДД
6. Особливості перехідних процесів ТВад і ТГД

Заключення

1. Перспективні схеми ГТД
2. Перспективні параметри робочого процесу та питомі параметри ГТД.

Модульний контроль.

Модуль 3. Теорія ГТУ

Змістовний модуль №7. Схеми наземних ГТУ. Особливості вузлів наземних ГТУ

Тема 7. Схеми наземних ГТУ. Особливості вузлів наземних ГТУ

Лекція 25. Наземні газотурбінні установки

Типи газотурбінних установок електричних та компресорних станцій. Загальні та відмінні особливості у порівнянні з авіаційними ГТД.

Лекція 26. Вхідні пристрої ГТУ

Вхідні пристрої (патрубки) стаціонарних ГТУ і компресорних машин.

Лекція 27. Камери згоряння ГТУ

Особливості камер згоряння стаціонарних ГТУ. Використання газового палива.

Лекція 28. Вихідні пристрої ГТУ та дифузори

Дифузори і їх характеристики. Вихідні пристрої стаціонарних ГТУ.

Змістовний модуль №8. Енергетичний баланс ГТУ та заходи щодо підвищення їхньої економічності

Тема 8. Енергетичний баланс ГТУ та заходи щодо підвищення їхньої економічності

Лекція 29-30. Енергетичний баланс ГТУ та заходи щодо підвищення їхньої економічності

Енергетичний баланс газотурбінного двигуна та заходи щодо підвищення його економічної ефективності. Оптимізація ГТУ з регенерацією теплоти.

Лекція 31. Комбіновані газотурбінні установки

Аналіз ідеальних циклів комбінованих ГТУ. Шляхи забезпечення регенерації теплоти (використання різних типів теплообмінних апаратів, схеми «STIG», «Водолій» та інші).

Змістовний модуль №9. Характеристики ГТУ

Тема 9. Характеристики ГТУ

Лекція 32. Характеристики наземних ГТУ

Математична модель ГТД з двовальним газогенератором і вільною турбіною. Спільна робота вузлів вертолітного ГТД і ГТУ з вільною турбіною магістрального газопроводу та дожимних компресорних станцій.

Лекція 33. Характеристики транспортних ГТД

ГТД транспортних наземних засобів та їх характеристики.

Лекція 34. Характеристики комбінованих турбопоршневих двигунів

Використання газотурбінного наддуву двигунів внутрішнього згоряння та його оптимізація.

Лекція 35. Характеристики допоміжних енергоустановок

Допоміжні енергоустановки та малорозмірні ГТД і ГТУ.

Лекція 36. Перспективні схеми ГТД і установок

Перспективні схеми авіаційних ГТД і стаціонарних ГТУ (двигун змінного робочого процесу, гвинтовентиляторні, прямотрунні та комбіновані двигуни для великих надзвукових швидкостей польоту).

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі										
		л	пр	лаб	інд	с.р.						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1 (блок змістовних модулів)												
Змістовний модуль 1. Силові установки з повітряно-реактивними двигунами та їх параметри												
Вступ до навчальної дисципліни	2.5	0.5	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 1. Силові установки з повітряно-реактивними двигунами та їх параметри	17.5	5.5	–	4	–	8	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовним модулем 1	20	6	–	4	–	10	–	–	–	–	–	–
Змістовний модуль 2. Характеристики елементів повітряно-реактивних двигунів												
Тема 2. Характеристики елементів повітряно-реактивних	22	8	–	4	–	10	–	–	–	–	–	–

двигунів												
Разом за змістовим модулем 2	22	8	–	4	–	10	–	–	–	–	–	–
Змістовний модуль 3. Термодинамічний аналіз циклу повітряно-реактивних двигунів												
Тема 3. Термодинамічний аналіз циклу повітряно-реактивних двигунів	34	8	–	8	–	18	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	34	8	–	8	–	18	–	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 1	78	22	–	16	–	40	–	–	–	–	–	–
Модуль 2 (блок змістовних модулів)												
Змістовний модуль 4. Програми управління та спільна робота елементів силової установки												
Тема 4. Програми управління та спільна робота елементів силової установки	28	12	–	4	–	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 4	28	12	–	4	–	12	–	–	–	–	–	–
Змістовний модуль 5. Характеристики силових установок з ГТД												
Тема 5. Характеристики силових установок з ГТД	24	10	–	4	–	10	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 5	24	10	–	4	–	10	–	–	–	–	–	–
Змістовний модуль 6. Несталі режими роботи ГТД												
Тема 6. Несталі режими роботи ГТД	18	4	–	–	–	14	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 6	18	4	–	–	–	14	–	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 2	72	26	–	8	–	38	–	–	–	–	–	–
Усього годин за сем.	150	48	–	24	–	78	–	–	–	–	–	–
Модуль 3 (блок змістовних модулів)												
Змістовний модуль №7. Схеми наземних ГТУ. Особливості вузлів наземних ГТУ												
Тема 7. Схеми наземних ГТУ. Особливості вузлів наземних ГТУ	52	8	16	12	–	16						
Разом за змістовим модулем 7	52	8	16	12	–	16						
Змістовний модуль №8. Енергетичний баланс ГТУ та заходи щодо підвищення їхньої економічності												
Тема 8. Енергетичний баланс ГТУ та заходи щодо підвищення їхньої економічності	20	6	–	–	–	14						
Разом за змістовим модулем 8	20	6	–	–	–	14						
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–

Разом за модулем 3	74	14	16	12	–	32	–	–	–	–	–	–
Модуль 4 (блок змістовних модулів)												
Змістовний модуль №9. Характеристики ГТУ												
Тема 9. Характеристики ГТУ	44	10	–	12	–	22						
Разом за змістовним модулем 9	44	10	–	12	–	22						
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 3	46	10	–	12	–	24	–	–	–	–	–	–
Усього годин за сем.	120	24	16	24	–	56	–	–	–	–	–	–
Усього годин	270	72	16	48	–	134	–	–	–	–	–	–

5. Темі семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1		
	Разом	

6. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Термогазодинамічний розрахунок ГТД. Вибір та обґрунтування параметрів ГТД	4
2	Розрахунок турбінного ступеня і профілювання РЛ	4
3	Розрахунок камери згоряння (перевірочний):	4
4	Розрахунок вихідного пристрою (сопла або дифузора)	4
	Разом	16

7. Темі лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Ознайомлення з випробувальними стендами та системами вимірювання параметрів ГТД	4
2	іs-діаграма циклу ТРД	4
3	Надзвукові вхідні пристрої силових установок з ГТД	4
4	Розподіл вільної роботи ТВаД між гвинтом та струменем, що витікає з сопла	4
5	Спільна робота турбіни і компресора ТРД	4
6	Дросельна характеристика ТРД	4
7	Оптимізація ГТУ з регенерацією теплоти	6
8	Багатоагрегатні ГТУ	6
9	Характеристика вільної газової турбіни за частотою обертання у системі ТВаД чи ГТУ	6
10	Оптимізація параметрів доцентрової турбіни	6
	Разом	48

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вступ до навчальної дисципліни	2

2	Силові установки з повітряно-реактивними двигунами та їх параметри (Тема 1)	8
3	Характеристики елементів повітряно-реактивних двигунів (Тема 2)	10
4	Термодинамічний аналіз циклу ГТД (Тема 3)	8
	Виконання розрахункової роботи «Термодинамічний розрахунок ГТД»	10
5	Модульний контроль 1	2
6	Програми управління та спільна робота елементів силової установки (Тема 4)	12
7	Характеристики силових установок з ГТД (Тема 5)	10
8	Несталі режими роботи ГТД (Тема 6)	14
9	Модульний контроль 2	2
10	Поглиблене вивчення питань (Тема 7)	4
	Виконання РР «Розрахунок і профілювання проточної частини ГТД»	12
11	Поглиблене вивчення питань (Тема 8) з використанням підручників згідно списку літератури. Підготовка до лабораторних робіт з використанням кафедральних посібників додаткової літератури.	14
12	Модульний контроль 4	2
13	Поглиблене вивчення питань (Тема 9) з використанням підручників згідно списку літератури.	22
14	Модульний контроль 4	2
	Разом	134

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Розрахункова робота «Термодинамічний розрахунок ГТД»
2	Розрахункова робота «Розрахунок і профілювання проточної частини ГТД»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій словесним та наочним методами, лабораторних і практичних занять методом практики, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, захист звітів з лабораторних робіт, розрахункової та розрахунково-графічної робіт, письмові модульні контролю, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

Семестр 6

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 1
2	виконання лабораторної роботи	0 – 3	4	0 – 12
3	захист лабораторної роботи	0 – 3	4	0 – 12
4	виконання розрахункової роботи	0 – 6	1	0 – 6

5	захист розрахункової роботи	0 – 4	1	0 – 4
6	складання модульного контролю (одного)	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 1				0 – 55
Модуль 2				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 1
2	конспект лекцій	0 – 7	1	0 – 7
3	виконання лабораторної роботи	0 – 3	2	0 – 6
4	захист лабораторної роботи	0 – 3	2	0 – 6
5	складання модульного контролю (одного)	0 – 25	1	0 – 25
Разом за модуль 2				0 – 45
Разом за 6 семестр				0 – 100

Семестр 7

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 5
2	виконання лабораторної роботи	0 – 4	2	0 – 8
3	захист лабораторної роботи	0 – 4	2	0 – 8
4	виконання розрахунково-графічної роботи	0 – 5	1	0 – 5
5	захист розрахунково-графічної роботи	0 – 5	1	0 – 5
6	складання модульного контролю (одного)	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 3				0 – 51
Модуль 2				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 5
2	конспект лекцій	0 – 8	1	0 – 8
3	виконання лабораторної роботи	0 – 4	2	0 – 8
4	захист лабораторної роботи	0 – 4	2	0 – 8
5	складання модульного контролю (одного)	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 4				0 – 49
Разом за 7 семестр				0 – 100

Семестровий контроль (іспит) у 6 семестрі 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 трьох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а друге – до другого, а третє – практичне завдання. Перше та друге питання оцінюються 0...40 балів, а третє – 0...20 балів.

Семестровий контроль (іспит) у 7 семестрі 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 двох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а інше – до другого. Кожне питання оцінюється 0...50 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- термогазодинамічні процеси в елементах ГТД;
- методи термогазодинамічного розрахунку ГТД;

- умови спільної роботи елементів ГТД;
- способи і засоби регулювання ГТД;
- експлуатаційні характеристики та обмеження ГТД
- особливості несталіх режимів роботи ГТД.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати газодинамічні розрахунки ГТД за допомогою спеціальних програм;
- вибирати оптимальні параметри циклу в залежності від призначення та умов роботи ГТД.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі лабораторні роботи, розрахункові та розрахунково-графічні роботи. Знати основні положення дисципліни при недостатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та умінями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі лабораторні роботи, розрахункові та розрахунково-графічні роботи. Знати основні положення дисципліни при достатньо глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; достатньо вільно використовувати знання для аналізу типових задач. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та умінями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі лабораторні роботи, розрахункові та розрахунково-графічні роботи. Знати всі положення дисципліни при глибокому засвоєнні логічних зв'язків між частинами, що складають єдину систему; вільно використовувати знання для аналізу типових та нетипових задач. Уміти використовувати програми розрахунку для одержання параметрів ГТД, аналізувати одержані результати, робити правильні висновки та розробляти рекомендації для їх покращання.

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

1. Выбор параметров и термогазодинамический расчет газотурбинных двигателей: Уч. пособие / О.В. Кислов, К.В. Фесенко – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2019. – 64 с.
2. Герасименко В.П. Газотурбинные двигатели газоперекачивающих агрегатов. Определение характеристик. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2012.
3. Термогазодинамический расчет газотурбинных двигателей и установок: Уч. пособие / Г.В. Павленко. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2007. – 64 с.
4. Численное исследование характеристик сопла турбореактивного двигателя многорежимного самолета в условиях дозвукового внешнего обтекания: Монография. / О. В. Кислов, В. В. Коткин. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2017. – 152 с.
5. Выбор параметров и термогазодинамический расчет ТРД и ТРДФ: Уч. пособие / Г.В. Павленко, И.И. Редин. . – Х.: ХАИ, 1984. – 56с.

6. Выбор параметров и термогазодинамический расчет ТВД, ТВВД и ТВад: Уч. пособие / В.П. Герасименко, Г.В. Павленко. – Х.: ХАИ, 1984. – 60с.
7. Выбор параметров и термогазодинамический расчет двухконтурных турбореактивных двигателей: Уч. пособие / А.Ф. Брехов, Г.В. Павленко, А.Е. Поляков. – Х.: ХАИ, 1984. – 100с.
8. Проектирование камер сгорания газотурбинных двигателей: Уч. пособие / В.П. Герасименко, А.А. Никишов. – Х.: ХАИ, 1999.
9. Проектирование выходных устройств ГТУ: Уч. пособие / А.Н. Аниютин, О.Д. Десятарев, В.И. Ковалев, В.Ю. Незым. – Х.: ХАИ, 2001. – 63с.
10. Согласование параметров и определение основных размеров турбин и компрессоров ГТД: Уч. пособие / Л.Н. Буслик, В.И. Ковалев. – Х.: ХАИ, 1996. – 51с.
11. Согласование компрессоров и турбин авиационного газотурбинного двигателя : Уч. пособие / А.Н. Аниютин. – Х.: ХАИ, 1985. – 65с.
12. Расчет параметров парогазовой энергетической установки с теплоутилизационным контуром двух давлений: Уч. пособие / Романов В.В., Коваль В.А., Грига А.Д. - Харьков, ХАИ, 1992. – 21 с.
13. Сб. лабораторных работ по курсу «Теория воздушно-реактивных двигателей» / Брехов А.Ф., Буслик Л.Н., Герасименко В.П., Грига А.Д., Поляков А.Е. – Х.: ХАИ, 1983.

На сайті кафедри 201 (адреса вказана у п.15 «Інформаційні ресурси») розміщено **навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:**

- 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 розрахункових робіт 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.

14. Рекомендована література

Базова

1. Теория авиационных газотурбинных двигателей / Л.Г. Бойко, Ю.М. Терещенко и др. // Учебник. К.: НАУ, 2013. 596 с.
2. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. – Х.: ХАІ, 2003.
3. Теория и расчет ВРД. /Под ред. С.М. Шляхтенко. – М.: Машиностроение, 1987.
4. Выбор параметров и термогазодинамический расчет газотурбинных двигателей: Уч. пособие / О.В. Кислов, К.В. Фесенко – Х.: Нац. аерокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2019. – 64 с.

Допоміжна

1. Кулагин В.В. Теория газотурбинных двигателей: ученик: в 2 кн. – М.: МАИ, 1994.
2. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: ученик: в 2 кн. – М.: Машиностроение, 2003.
3. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей. /Под ред. С.М. Шляхтенко и А.В. Сосунова. – М.: Машиностроение, 1979.
4. Теория авиационных двигателей [Текст] : учеб. для вузов, ч.1 / Ю. Н. Нечаев [и др.] ; под ред. Ю. Н. Нечаев. – М. : Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2005. – 366 с.
5. Теория авиационных двигателей [Текст] : учеб. для вузов, ч.2 / Ю. Н. Нечаев [и др.] ; под ред. Ю. Н. Нечаев. – М. : Изд. ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2006. – 448 с.
6. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных ГТД, ч.1., – М.: Машиностроение, 1977.
7. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных ГТД, ч.2., – М.: Машиностроение, 1978.

8. Численное исследование характеристик сопла турбореактивного двигателя многорежимного самолета в условиях дозвукового внешнего обтекания: Монография. / О. В. Кислов, В. В. Коткин. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т», 2017. – 152 с.
9. Манушин Э.А., Михальцев В.Е., Чернобровкин А.П. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. – М.: Машиностроение, 1977.
10. Стационарные газотурбинные установки: Справочник. /Под ред. Л.В. Арсеньева и В.Г. Тарышкина.– М.: Машиностроение, 1989.
11. Транспортные машины с газотурбинными двигателями /Н.С. Попов, С.П. Изотов, В.В. Антонов и др.: Под общей ред. Н.С. Попова – Л.: Машиностроение, 1987. – 259 с.
12. Итоги науки и техники. Сер. турбостроение Т. 3/ Э.А. Манушин. Газотурбинные двигатели колесных и гусеничных машин. – М.: ВИНТИ, 1984. – 130 с.
13. Нечаев Ю.Н., Кобельков В.Н., Полев А.С. Авиационные двигатели с изменяемым рабочим процессом для многорежимных самолетов.– М.: Машиностроение, 1988. – 176 с.
14. Турбокомпрессоры для наддува дизелей. Справочное пособие. /Б.П. Бабков, В.Г. Бордюнов, П.В. Иванов, Р.С. Дейч – Л.: Машиностроение, 1975. – 200 с.
15. Воздухоприемные и газоприемные устройства быстроходных газотурбинных судов /А.М. Захаров, П.А. Булыгин, Л.И. Райкин и др. – Л.: Судостроение, 1977. – 208 с.
16. Ревзин Б.С., Ларионов И.Д. Газотурбинные установки с нагнетателями для транспорта газа. Справочное пособие. – М.: Недра, 1991. – 303 с.
17. Ревзин Б.С. Газотурбинные газоперекачивающие агрегаты – М.: Недра, 1986. – 215 с.
18. Каталог утилизационных теплообменников ГПА. № Гос. Регистрации 0184005281/1 – Киев: изд. Союзгазпроект, 1983. – 66 с.
19. Ковалевский М.М. Стационарные ГТУ открытого цикла.– М.: Машиностроение, 1979.– 262 с.
20. Костюк А.Г. Шерстюк А.Н. Газотурбинные установки – М.: Высшая школа, 1979. – 254 с.
21. Ольховский Г.Г. Энергетические ГТУ. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 304 с.
22. Михайлов Е.И. Резник В.А., Кринский А.А. Комплексные воздухоочистительные устройства для энергетических установок – Л. Машиностроение, 1978. – 144 с.
23. Поршаков Б.П. Газотурбинные установки. М.: Недра, 1992. – 238 с.
24. Щуровский В.А., Силицын Ю.Н. Левыкин А.П., Василенко А.В. Опыт и проблемы использования генераторов на газотурбинных компрессорных станциях – Транспортировка и хранение газа, изд. ВНИИ Эгазпром, 1985, вып. 1. – 41 с.
25. Шнеэ Я.И., Капинос В.М., Котляр И.В. Газовые турбины – Киев: Высшая школа 1976.– 296 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>