

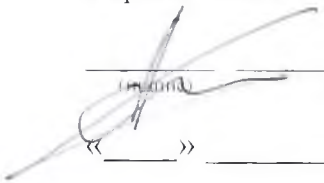
Міністерство освіти і науки України

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

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


Л. Г. Бойко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« » 2021 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки
(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 14 «Електрична інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

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

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

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Робоча програма Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування»
освітньою програмою «Газотурбінні установки і компресорні станції»

« 27 » 08 2021 р., – 11 с.

Розробник: Кіслов О.В., проф. каф. 201, к.т.н., доц.
(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
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)
Л.Г. Бойко
(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 – 7		Галузь знань 14 «Електрична інженерія» (шифр і назва)	Обов’язкова	
Модулів – 2			Навчальний рік:	
Змістових модулів – 6				
Розрахункова робота «Конвертування ТРДД в наземний ГТД»		Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування» (шифр і назва)	2021/2022	
			Семестр	
			1-й	2-й
Загальна кількість годин – 48/210		Освітньо-професійна програма «ГТУ і компресорні станції»	Лекції	
Тижневих годин для денної форми навчання			–	24 год.
Семестр 2			Практичні	
Аудиторних – 3 год.	Самостійної роботи – 10 год.	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	–	–
			Лабораторні	
			–	24 год.
			Самостійна робота	
			–	162 год.
			Індивідуальна робота	
			–	–
			Вид контролю	
			–	Модульний контроль, іспит

Примітка

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

для денної форми навчання – $48/210=0.23$.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення – теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до оцінки можливості та ефективності конвертування авіаційних двигунів в наземні газотурбінні приводи енергоустановок.

Завдання – вивчення особливостей робочого процесу та характеристик об'єкту конвертування (авіаційних двигунів), теорії функціональних модулів ГТД, шляхів конвертування авіаційних двигунів в наземні ГТУ та методів оцінки ефективності конвертованих двигунів.

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

1) Загальні :

- ЗК1 – здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК2 – здатність до проведення досліджень.
- ЗК3 – здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК5 – здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК6 – здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК9 – здатність робити довгострокове планування та розробляти стратегію професійної діяльності.
- ЗК10 – здатність вести професійну, у тому числі науково-дослідну діяльність у міжнародному середовищі.
- ЗК13 – здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

2) Фахові :

- ФК1 – здатність продемонструвати всебічні знання в галузі газотурбобудування та перспективи її розвитку.
- ФК2 – здатність продемонструвати передові знання в газотурбобудуванні: енергозберігаючих технологіях; компресорних технологіях.
- ФК3 – здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення складних інженерних завдань з використанням спеціальних і загальнозжиганих методів.
- ФК4 – здатність до систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з досягнень в галузі енергетичного машинобудування.
- ФК5 – здатність аналізувати необхідну інформацію, технічні дані, показники та результати роботи, систематизувати їх і узагальнювати з метою покращення характеристик енергетичного і теплотехнологічного обладнання, створення нових технологій і модернізації виробництва.
- ФК6 – здатність розробляти і впроваджувати енергозберігаючі технології та енергоощадні заходи під час проектування та експлуатації енергетичного і теплотехнологічного обладнання.
- ФК9 – здатність проводити аналіз конкурентних розробок та здійснювати техніко-економічне обґрунтування, організувати та виконувати наукові дослідження, пов'язані з розробленням та впровадженням інноваційних проектів і програм в галузі енергетичного машинобудування.
- ФК13 – здатність готувати науково-технічні публікації та звіти за результатами виконаних досліджень з публічним захистом.

Програмні результати навчання:

- ПРН1 – знання і розуміння спеціальних розділів термодинаміки, теорії тепломасообміну, гідрогазодинаміки, трансформації (перетворення) енергії, технічної механіки, що лежать в основі освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції», на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньо-професійної програми.
- ПРН2 – знання і розуміння інженерних дисциплін, що лежать в основі освітньої про-

грами «Газотурбінні установки і компресорні станції», на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньо-професійної програми, в тому числі обізнаність в останніх досягненнях науки і техніки в галузі.

- ПРН3 – здатність критично осмислювати проблеми газотурбобудування і компресорних станцій, у тому числі на межі з іншими галузями, зокрема з інженерними науками, фізикою, хімією, екологією, економікою.
- ПРН4 – здатність розуміти, аналізувати і використовувати у професійній діяльності інженерні технології, процеси, системи і обладнання відповідно до освітньої програми «Газотурбінні установки і компресорні станції»; обирати і застосовувати аналітичні, розрахункові та експериментальні методи; інтерпретувати і впроваджувати результати таких досліджень.
- ПРН5 – здатність розв'язувати складні інженерні завдання і проблеми газотурбобудування і компресорних станцій, що потребує оновлення та інтеграції знань, у тому числі в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог.
- ПРН6 – здатність приймати рішення з інженерних питань газотурбобудування і компресорних станцій у складних і непередбачуваних умовах, у тому числі із застосуванням прогнозування та сучасних засобів підтримки прийняття рішень.
- ПРН7 – здатність застосовувати свої знання і розуміння при розробці проектів згідно з визначеними та описаними вимогами.
- ПРН8 – здатність розраховувати і проектувати вироби в галузі газотурбобудування і компресорних станцій, процеси і системи, що задовольняють встановленим вимогам, які включають обізнаність про нетехнічні (суспільство, здоров'я і безпека, навколишнє середовище, економіка і промисловість) аспекти; обрання і застосування адекватної методології проектування.
- ПРН10 – здатність провадити дослідницьку та/або інноваційну діяльність в сфері газотурбобудування і компресорних станцій.
- ПРН13 – здатність використовувати сучасний інструментарій (створення, вибір і застосування відповідних технологій, ресурсів і інженерних методик, включаючи прогнозування й моделювання) для проведення комплексної інженерної діяльності за освітньою програмою «Газотурбінні установки і компресорні станції».
- ПРН14 – уміння поєднувати теорію і практику для вирішення інженерних завдань газотурбобудування і компресорних станцій.
- ПРН16 – здатність зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки з проблем газотурбобудування і компресорних станцій, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефаківців, зокрема до осіб, які навчаються.
- ПРН23 – здатність до розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

Пререквізити:

для вивчення дисципліни «Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки» потрібні знання, одержані на бакалаврському рівні вищої освіти при вивченні дисциплін «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка», «Теорія газотурбінних двигунів і установок», «Теорія та розрахунок лопатевих машин», «Електротехніка»;

Кореквізити:

дисципліна «Термодинамічний аналіз парогазових циклів» забезпечує вивчення дисципліни «Науково-дослідницька робота магістра» та виконання дипломної роботи магістра.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ № 1. Авіаційні ГТД, функціональні модулі ГТД та їх характеристики

Лекційні заняття

Змістовий модуль 1

Лекція 1 (1 год.). Вступ до навчальної дисципліни «Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки»

Предмет і задачі дисципліни та її зв'язок з іншими дисциплінами. Значення дисципліни у

підготовці фахівців за спеціальністю "Газотурбінні установки і компресорні станції".

ТЕМА 1. Лекція 1-2 (3 год.). Об'єкт конвертування - авіаційні ГТД та особливості їх робочого процесу

Класифікація авіаційних ГТД. Области застосування авіаційних ГТД. Розрахункові режими роботи авіаційних ГТД. Особливості спільної роботи та характеристики ГТД (ТРДД з розділним витіканням потоків; ТРДД зі змішуванням потоків; ТРД, як окремого випадка ТРДД, та ТВД і ТВад).

Змістовий модуль 2

ТЕМА 2. Лекція 3-4. (4 год.) Функціональні модулі ГТД та їх характеристики

Поняття газогенератора (ГГ), генератора вільної роботи (ГСР) та генератора наявної роботи (ГРР). Характеристики ГГ при незмінному ступінні зниження тиску у турбіні. Вплив величини ступіння зниження тиску у турбіні на характеристику ГГ. Характеристики двовального ГГ. Характеристики генератора наявної роботи при незмінній площі критичного перерізу сопла та надкритичному перепаду тиску у соплі. Вплив площі критичного перерізу сопла та режиму роботи сопла на характеристику генератора наявної роботи.

Модульний контроль

МОДУЛЬ № 2. Конвертація авіаційних ГТД в наземні ГТУ

Лекційні заняття

Змістовий модуль 3

ТЕМА 3. Лекція 5(2год.). Конвертація ТРДД в наземні ГТУ шляхом видалення вентилятора

Конвертація двовального ТРДД в ГТУ з одновальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація трьохвального ТРДД в ГТУ з двовальним та одновальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Змістовий модуль 4

ТЕМА 4. Лекція 6 (2год.). Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД

Конвертація двовального ТРДД з підпорними ступеннями в ГТУ з двовальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація двовального ТРДД з підпорними ступеннями в ГТУ з двовальним газогенератором і приводом споживача від турбіни низького тиску. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Особливості програми управління. Регулюючі фактори та регульовані параметри. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація ТРДД в ГТУ з вільною турбіною на базі ГРР ТРДД. Схеми ГРР (без змішування потоків, з камерою змішування, з форсажною камерою). Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Вплив камери змішування. Вплив форсажної камери. Використання регенерації тепла вихлопних газів. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Змістовий модуль 5

ТЕМА 5. Лекція 7 (2год.). Конвертація ГТД та турбовальних ГТД з вільною турбіною в наземні ГТУ

Особливості спільної роботи та характеристики авіаційних ГТД і турбовальних ГТД з вільною турбіною. Конвертація ГТД. Схеми ГТУ, що одержані шляхом конвертації ГТД. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Програми управління ГТУ різних схем. Змінення режиму ро-

боти компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Шляхи забезпечення потрібної потужності та частоти обертання вільної турбіни.

Змістовий модуль 6

ТЕМА 6. Лекція 8 (2год.). Особливості перепроєктування функціональних елементів ТРДД та використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ

Особливості перепроєктування турбіни вентилятора у силову турбіну наземного ГТД. Особливості перепроєктування вихідного пристрою. Використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин									
	денна форма					заочна форма				
	усього	у тому числі				усього	у тому числі			
		л	пз	лз	сз	го	л	пз	лз	сз
Модуль 1										
модуль 1. Авіаційні ГТД, функціональні модулі ГТД та їх характеристики										
Вступ до навчальній дисципліни	3	1	–	–	2	–	–	–	–	–
1. Об'єкт конвертування - авіаційні ГТД та особливості їх робочого процесу	29	5	–	–	24	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	32	6	–	–	26	–	–	–	–	–
2. Функціональні модулі ГТД та їх характеристики	60	6	–	8	46	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	60	6	–	8	46	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	2	–	–	–	–	–
Разом за модулем 1	94	12	–	8	74	–	–	–	–	–
Модуль 2										
модуль 2. Конвертація авіаційних ГТД в наземні ГТУ										
3. Конвертація ТРДД в наземні ГТУ а шляхом видалення вентилятора	36	4	–	8	24	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	36	4	–	8	24	–	–	–	–	–
4. Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД	26	4	–	–	22	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 4	26	4	–	–	22	–	–	–	–	–
5. Конвертація ГТД та турбовальних ГТД з вільною турбіною в наземні ГТУ	18	2	–	–	16	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 5	18	2	–	–	16	–	–	–	–	–
6. Особливості перепроєктування функціональних елементів ТРДД та використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ	34	2	–	8	24	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 6	34	2	–	8	24	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	2	–	–	–	–	–
Разом за модулем 2	116	12	–	16	88	–	–	–	–	–
Разом з дисципліни	210	24	–	24	162	–	–	–	–	–

5. Темі семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

7. Темні лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Характеристики одновального газогенератора ТРДД	8
2	Конвертація авіаційного ТРДД в ГТУ для енергетики. Характеристики конвертованої ГТУ	8
3	Конвертація авіаційного ТРДД в ГТУ для енергетики з перепроектуванням силової турбіни та вихідного дифузора ГТУ	8
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Т.1. Особливості робочого процесу ТРДД	6
2	Т.1. Особливості робочого процесу ТВАД з вільною турбіною	4
3	Т.1. термогазодинамічний розрахунок ТРДД	6
4	Т.1. визначення параметрів робочого процесу та параметрів каскадових компресорів та турбін на розрахунковому режимі роботи ТРДД	4
5	Т.1. розрахунок дросельної характеристики ТРДД	6
6	Т.2. побудова характеристик газогенератора ТРДД	46
	Модульний контроль 1	2
7	Т.3. визначення параметрів ГТУ при параметрах на вході, що відповідають умовам перед ГГ ТРДД на його розрахунковому режимі роботи (математичне моделювання)	8
8	Т.3. визначення параметрів ГТУ в розрахункових умовах роботи ГТУ при такій же частоті обертання ГГ, як у ТРДД, та при частоті обертання, що забезпечує розрахунковий режим роботи ГГ (математичне моделювання)	8
9	Т.3. визначення параметрів ГТУ в розрахункових умовах роботи ГТУ при такій же частоті обертання ГГ, як у ТРДД, та при частоті обертання, що забезпечує розрахунковий режим роботи ГГ (за допомогою характеристик ГГ)	8
10	Т.4. Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД	22
11	Т.5. Конвертація ГГД та турбовальних ГГД з вільною турбіною в наземні ГТУ	4
12	Т.5. визначення потрібної площі на виході з дифузора ГГД	4
13	Т.5. Розрахунок кліматичної характеристики конвертованого ГГД	8
14	Т.6. перепроектування сопла ТРДД в вихідний пристрій конвертованого ГГД	6
15	Т.6. перепроектування турбіни вентилятора ТРДД в силову турбіну конвертованого ГГД	6
16	Т.6. розрахунок питомих параметрів та характеристик конвертованого ГГД за допомогою характеристик ГГ	12
	Модульний контроль 2	2
	Разом	162

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
1	Розрахункова робота «Конвертування ТРДД в наземний ГГД»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій словесним та наочним методами, 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 практичних робіт, розрахункової роботи, 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)

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	робота на лекційних заняттях			0 – 3
2	конспект лекцій	0 – 6	1	0 – 6
3	виконання практичної роботи	0 – 8	1	0 – 8
4	захист практичної роботи	0 – 4	1	0 – 4
5	складання модульного контролю	0 – 25	1	0 – 25
Разом за модуль 1				0 – 46
Модуль 2				
1	виконання практичної роботи	0 – 8	2	0 – 16
2	захист практичної роботи	0 – 4	2	0 – 8
3	виконання розрахункової роботи	0 – 6	1	0 – 6
4	захист розрахункової роботи	0 – 4	1	0 – 4
5	складання модульного контролю	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 2				0 – 54
Разом з дисципліни				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 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:

- значення конвертації авіаційних ГТД в енергоустановки;
- схеми авіаційних ГТД та наземних енергоустановок;
- шляхи конвертації авіаційних ГТД;
- розрахункові режими роботи авіаційних ГТД, їх газогенераторів та елементів;
- характеристики авіаційних двигунів;
- розрахункові режими роботи наземних ГТУ;
- особливості роботи елементів конвертованої ГТУ на нерозрахункових режимах;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- оцінювати фактори, що спричиняють відхилення режиму роботи газогенератору від розрахункового при конвертації авіаційних ГТД в енергетику;
- визначати режим роботи газогенератора конвертованої ГТУ;
- аналізувати ефективність різних шляхів конвертації авіаційних ГТД.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні 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 та характеристик конвертованих ГТД.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та вміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні 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 та характеристик конвертованих ГТД, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

Відмінно (90-100). Володіти всіма знаннями та вміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі індивідуальні завдання та лабораторні 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 та характеристик конвертованих 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. Кислов О.В., Филоненко А.А. Конвертирование авиационных ГТД в энергоустановки. Сборник лабораторных работ. – Х.: ХАИ, 2008.
2. 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.
3. Исследование эксплуатационных характеристик газотурбинных двигателей. Ч. 2. Силовые установки самолетов / А.Г. Волон, О.Д. Дегтярев, Г.В. Павленко. - Сборник лабораторных работ. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. - 59 с.

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. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. – Х.: ХАИ, 2003.

2. Теория авиационных газотурбинных двигателей / Л.Г. Бойко, Ю.М. Терещенко и др. // Учебник. К.: НАУ, 2013. 596 с.
3. Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. 2-е изд. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. (Кн.1). Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики (Кн.2). – М.: Машиностроение, 2003. – 616 с.
4. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. Кн. 3. Под ред. Кулагина В.В. Основные проблемы: начальный уровень проектирования, газодинамическая доводка, специальные характеристики и конверсия авиационных ГТД. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.
5. Кулагин В.В. Теория газотурбинных двигателей. Кн.2. Совместная работа узлов, характеристики и газодинамическая доводка выполненного ГТД. – М.: МАИ, 1994. -304с.
6. Нечаев Ю.Н. Теория авиационных двигателей. – М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 1990. -704с.

Додаток

1. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей. /Под ред. С. М. Шляхтенко и А. В. Сосунова. – М.: Машиностроение, 1979.
2. 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.
3. 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.
4. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных ГТД. – М.: Машиностроение, ч.1, 1977; ч.2, 1978.
5. Теория и расчет ВРД. /Под ред. С.М. Шляхтенко. – М.: Машиностроение, 1987.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>