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

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Голова НМК 1
_____ Сергій НИЖНИК
«____» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ

(назва навчальної дисципліни)

Дисципліна індивідуального вибору 2

Галузі знань: *13 «Механічна інженерія», 14 «Електрична інженерія», 27 «Транспорт»*
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальності: *133 «Галузеве машинобудування», 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка», 142 «Енергетичне машинобудування», 144 «Теплоенергетика» 272 «Авіаційний транспорт», 274 «Автомобільний транспорт»*
(код та найменування спеціальності)

Освітні програми: *Комп'ютерний інжиніринг, Авіаційні двигуни та енергетичні установки, Безпілотні літальні комплекси, Проектування та виробництво композитних конструкцій, Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки, Ракетні двигуни та енергетичні установки, Супутники, двигуни та енергетичні установки. Інженерно технічний переклад, Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок, Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці, Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, Газотурбінні установки і компресорні станції, Енергетичний менеджмент, Інтелектуальні транспортні системи, Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів, Автомобілі та автомобільне господарство*
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

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 « 24 » 08 2023 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор _____ Л.Г. Бойко
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><th>Найменування показників</th><th>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</th><th>Характеристика навчальної дисципліни. Денна форма навчання</th></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Галузі знань:
13 «Механічна інженерія»; 14 «Електрична інженерія»; 27 «Транспорт»</td><td>Вибіркова</td></tr>
<tr><td colspan="2">Модулів – 2</td><td rowspan="2">Навчальний рік:
(шифр і назва)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Змістових модулів – 5</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">Спеціальності:
134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»; 142 «Енергетичне машинобудування»; 272 «Авіаційний транспорт»</td><td>Спеціальності:</td></tr>
<tr><td>Семестр
7-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Загальна кількість годин – 64/150</td><td rowspan="9">Освітні програми:
Комп'ютерний інжиніринг, Авіаційні двигуни та енергетичні установки, Безпілотні літальні комплекси, Проектування та виробництво композитних конструкцій, Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки, Ракетні двигуни та енергетичні установки, Супутники, двигуни та енергетичні установки. Інженерно технічний переклад, Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок, Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці, Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії, Газотурбінні установки і компресорні станції, Енергетичний менеджмент, Інтелектуальні транспортні системи, Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів, Автомобілі та автомобільне господарство</td><td rowspan="2">Лекції *
32год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Тижневих годин для денної форми навчання</td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр 7</td><td rowspan="2">Практичні
32 год.</td></tr>
<tr><td>Аудиторних – 4 год.</td><td>Самост. роботи – 5 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td rowspan="2">Лабораторні *
-</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">Самостійна робота
86 год.</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">Індивідуальна робота
–</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td rowspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>Модульний контроль, іспит</td></tr>
</table>

Примітка

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

для денної форми навчання – 64/86=0,774.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – підготовка здобувачів освіти до комп`ютерного моделювання режимів газотурбінних двигунів при зміні умов роботи.

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.

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

1) Загальні :

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

2) Фахові :

- здатність продемонструвати систематичне розуміння ключових аспектів та концепції розвитку газотурбобудування;
- здатність застосовувати свої знання і розуміння для визначення, формулювання і вирішення інженерних завдань з використанням теоретичних і експериментальних методів дослідження процесів в газотурбінних установках;
- здатність визначати режими експлуатації газотурбінних установок;
- здатність забезпечувати моделювання об`єктів і процесів з використанням стандартних і спеціальних пакетів програм та засобів автоматизації інженерних розрахунків;
- здатність брати участь у роботі над інноваційними проектами, використовуючи методи дослідницької діяльності;
- здатність продемонструвати передові знання в газотурбобудуванні.

Програмні результати навчання:

Знання і розуміння:

- демонструвати знання і розуміння методів моделювання робочого процесу газотурбінних двигунів на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;
- виявити розуміння широкого міждисциплінарного контексту газотурбобудування .

Інженерний аналіз

- застосовувати процеси, системи, обладнання, інженерні технології відповідно до потреб газотурбобудування; обирати і застосовувати придатні типові розрахункові та експериментальні методи; правильно інтерпретувати результати досліджень.

Проектування

- розробляти і проектувати газотурбінні установки, 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;
- застосувати сучасні комерційні та авторські програмні продукти при проектуванні об`єктів газотурбобудування.

Інженерна практика

- виявляти розуміння методик проектування і досліджень в галузі газотурбобудування, а також їх обмежень.
- використовувати обладнання, матеріали та інструменти, інженерні технології і процеси при вирішенні професійних завдань в галузі газотурбобудування з урахуванням наявності обмежень та розумінням їх природи.

Навчання протягом життя

- засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.
- виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

Пререквізити:
для вивчення дисципліни «Математичне моделювання режимів роботи газотурбінних двигунів» потрібні знання з математики, фізики, теоретичної механіки, інформатики, гідрогазодинаміки, термодинаміки та теорії ГТД;

Кореквізити:
дисципліна «Математичне моделювання режимів роботи газотурбінних двигунів» розвиває і підсилює компетенції в області теорії ГТД , обчислювальної математики та комп'ютерного моделювання.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Принципи побудови математичних моделей робочих режимів ГТД

Вступ до дисципліни «Математичне моделювання режимів роботи газотурбінних двигунів»

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Місце дисципліни в процесі підготовки фахівця та її значення. Особливості вивчення дисципліни, навчальна література. Аналіз переваг математичного моделювання при проектуванні газотурбінних двигунів.

Змістовий модуль 1.

Тема 1 . Принципи побудови математичних моделей робочих режимів ГТД

Режими роботи та експлуатаційні характеристики ГТД. Математичні моделі та моделювання. Класифікація та рівні математичних моделей ГТД. Принципи побудови математичних моделей робочих режимів ГТД на прикладі одновального ТРД: три групи рівнянь, кількості рівнянь та невідомих, умови одержання єдиного рішення системи рівнянь. Регулюючи фактори та регульовані параметри. Поняття про програми управління ГТД. Методи зменшення кількості рівнянь та невідомих у системі рівнянь, що описує режими роботи ГТД.

Змістовий модуль 2.

Тема 2. Математичні методи, що використовується при моделюванні робочих режимів ГТД

Представлення системі рівнянь, що описує режими роботи ГТД, у вигляді рівнянь нев'язок. Середньоквадратична нев'язка. Приведення задачі розв'язання системи рівнянь до задачі мінімізації середньоквадратичної нев'язки. Поняття про чисельні методи знаходження корня рівняння та їх класифікація. Методи нульового порядку (ділення відрізку навпіл, хорд, спуску вздовж координати, випадкового пошуку). Методи першого порядку (метод Ньютона, модифікований метод Ньютона). Поняття про методи другого порядку. Особливості вигляду функції середньоквадратичної нев'язки від незалежних змінних (функція багатьох змінних та невід'ємність). Особливості методів мінімізації. Класифікація методів мінімізації. Методи мінімізації нульового порядку (покоординатний спуск, випадкового пошуку, симплекс-метод). Методи мінімізації першого порядку (градієнтні методи). Мінімізація середньоквадратичної нев'язки шляхом мінімізації нев'язок. Представлення нев'язок у вигляді диференціалу функції багатьох змінних. Система лінійних рівнянь відносно кроків змінних. Матриця Якобі. Методи розв'язання систем алгебраїчних лінійних рівнянь. Переваги та недоліки методів мінімізації і необхідність використання комбінованих методів мінімізації. Особливості представлення змінних та рівнянь, критерії знаходження рішення системи рівнянь нев'язок ГТД.

Модульний контроль

Модуль 2. Математичні моделі режимів роботи ГТД та їх елементів

Змістовий модуль 3.

Тема 3. Математичні моделі робочих режимів елементів ГТД

Характеристики елементів ГТД. Математичні моделі робочих режимів елементів ГТД нульового рівня: вхідний пристрій, компресор, камера згоряння, турбіна, вихідний пристрій, камера змішування.

Змістовий модуль 4.

Тема 4. Математичні моделі режимів роботи ГТД

Математична модель режимів роботи одновальних ТРД і ТРДФ. Математична модель режимів роботи двовальних ТРД і ТРДФ. Математична модель режимів роботи одновальних ТРДДсм і ТРДДФ. Математична модель режимів роботи двовальних ТРДДсм і ТРДДФ. Математична модель режимів роботи трьохвальних ТРДДсм і ТРДДФ. Математична модель режимів роботи двовальних ТРДДсм і ТРДДФ змінного циклу. Математична модель режимів роботи двовальних та трьохвальних ТРДД. Математична модель режимів роботи ГТД з одновальним турбокомпресором і вільною турбіною. Математична модель режимів роботи ГТД з двовальним турбокомпресором і вільною турбіною.

Змістовий модуль 5.

Тема 5. Пакети програм розрахунку режимів роботи ГТД

Комерческі пакети програм розрахунку режимів роботи ГТД. Пакети програм розрахунку режимів роботи ГТД КБ та ЗВО. Пакет програм розрахунку режимів роботи ГТД Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» "Комплексна система для курсового і дипломного проектування."

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)												
Змістовий модуль1												
Вступ до навчальної дисципліни	3	1	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 1. Принципи побудови математичних моделей робочих режимів ГТД	23	7	4	–	–	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	26	8	4	–	–	14	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 2												
Тема2. Математичні методи, що використовується при моделюванні робочих режимів ГТД	18	6	–	–	-	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	18	6	–	–	-	12	–	–	–	–	–	–

Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 1	**46**	**14**	**4**	–	–	**28**	–	–	–	–	–	–
Модуль 2 (блок змістовних модулів)												
Змістовий модуль 3												
Тема 3. Математичні моделі робочих режимів елементів ГТД	22	4	–	–	–	18	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	22	4	–	–	–	18	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 4												
Тема 4. Математичні моделі режимів роботи ГТД	54	10	24	–	–	20	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 4	54	10	24	–	–	20	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 5												
Тема 5. Пакети програм розрахунку режимів роботи ГТД	26	4	4	–	–	18	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 5	26	4	4	–	–	18	–	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 2	**104**	**18**	**28**	–	–	**58**	–	–	–	–	–	–
Усього годин	**150**	**32**	**32**	–	–	**86**	–	–	–	–	–	–

5. Теми семінарських занять

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

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Розрахунковий і нерозрахункові режими ГТД. Характеристики ГТД	4
2	Розрахунок характеристик ТРД	4
3	Розрахунок характеристик ТРДД	8
4	Розрахунок характеристик ТРДДФ	4
5	Розрахунок характеристик турбогвинтових та турбовальних двигунів	8
6	Структура пакету програм ХАІ для розрахунку режимів роботи ГТД	4
	Разом	**32**

1. **Теми лабораторних занять**

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

2. **Самостійна робота**

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вступ до навчальної дисципліни	2
2	Тема 1. Принципи побудови математичних моделей робочих режимів ГТД	12

3	Тема2. Математичні методи, що використовується при моделюванні робочих режимів ГТД	12
4	Модульний контроль 1	2
5	Тема 3. Математичні моделі робочих режимів елементів ГТД	18
6	Тема 4. Математичні моделі режимів роботи ГТД	20
7	Тема 5. Пакети програм розрахунку режимів роботи ГТД	18
8	Модульний контроль 2	2
	Разом	**86**

3. **Індивідуальні завдання**

№ з/п	Назва теми
1	

4. **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).

5. **Методи контролю**

Проведення поточного контролю, захист звітів з практичних робіт, письмові модульні контролі, 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**	**0-10**		**0 – 10**
2	**конспект лекцій**	**0 – 9**	**1**	**0 – 9**
2	**виконання практичної роботи**	**0 – 3**	**1**	**0 – 3**
3	захист практичної роботи	0 – 3	1	0 – 3
4	*складання модульного контролю (одного)*	*0 – 20*	*1*	*0 – 25*
Разом за модуль 1				**0 – 50**
Модуль 2				
1	**виконання практичної роботи**	**0 – 3**	**5**	**0 – 15**
2	захист практичної роботи	0 – 2	5	0 – 10
5	*складання модульного контролю (одного)*	*0 – 25*	*1*	*0 – 25*
Разом за модуль 2				**0 – 50**
Разом за 6 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 двох питань, одне з яких відноситься до першого модуля, а друге – до другого. Перше та друге питання оцінюється 0…50 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- принципи побудови математичних моделей режимів роботи ГТД;

- чисельні методи мінімізації функції, які використовуються при моделюванні режимів роботи ГТД;
- умови спільної роботи елементів ГТД та системи нев'язок;
- способи і засоби регулювання ГТД та їх програми регулювання;
- експлуатаційні характеристики ГТД.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

– виконувати розрахунки параметрів ГТД на різних режимах роботи за допомогою спеціалізованих програм;

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Виконати всі практичні 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 уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Виконати всі практичні 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 уміннями, що передбачені програмою дисципліни. Захистити всі практичні 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. Дослідження експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів: Зб. лаб. робіт Ч. 1. Газотурбінні установки / А.Г. Волов, О.Д. Дегтярьов, Г.В. Павленко; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т» – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2006. - 57 с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2006/Issledovanie ekspluatacionnyh harakteristik gazoturbinnyh dvigatelej Ch1.pdf
2. Дослідження експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів: Зб. лаб. робіт Ч. 2. Силові установки літаків / А.Г. Волов, О.Д. Дегтярьов, Г.В. Павленко; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т» – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2007. - 59 с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Issledovanie ekspluatacionnyh harakteristik gazoturbinnyh dvigatelej.pdf
3. Павленко Г.В. Математическое моделирование авиационных ГТД при исследовании их эксплуатационных характеристик. -Х.: ХАИ, 1986. - 123 с. http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Pavlenko_Matem_Modelirovanye.pdf

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 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. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів : підручник для студентів вузів / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Бойко, Л. Г. Волянська, Н. С. Кулик [та ін.] ; М-во освіти і науки України, Нац. авіац. ун-т ; під ред. Ю. М. Терещенко . - 2-е вид., доп. та перероб. - Київ. - НАУ, 2013. - 596 с. ISBN: - 978-966-598-810-6 .
2. Теорія авіаційних двигунів : підручник / В. П. Герасименко. - Х. - Нац. аерокосмічний ун-т "ХАІ", 2003. - 199 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2003/Teorija aviacijnih dviguniv.pdf
3. Методы математического моделирования двигателей летательных аппаратов : учеб. пособие для студентов вузов / Р. К. Чуян. - М. - Машиностроение, 1988. - 288 с. ISBN: - 5-217-00131-3.
4. Математическое моделирование ГТД на современных ЭВМ при исследовании параметров и характеристик авиационных двигателей / Л. Н. Дружинин, Л. И. Швец, А. И. Ланшин. - М. - ЦИАМ, 1979. - 44 с. - (Труды / Центр. ин-т авиац. моторостроения им. П. И. Баранова (ЦИАМ) ; № 832).
https://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&themes_basket=&ttp_themes_basket=&ext=yes&theme_path=0&author_fld=%D0%94%D1%80%D1%83%D0%B6%D0%B8%D0%BD%D0%B8%D0%BD&docname_fld=%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%BE%D0%B5&docname_cond=beginwith&year_fld1=&year_fld2=&udc_fld=&isbn_fld=&lang_list=0&pubplace_fld=&publisher_fld=&bbc_fld=&issn_fld=&annotation_fld=&volume_fld=&part_fld=&responsibility_fld=&theme_cond=all_theme&littype_list=0&theme_list=0&disciplinesearch=&discipline_list=&tpage=1&step=20&faculty_list=0&department_list=&speciality_list=0&knmz_doctype_list=0&speciality_knmz_list=&sillabus_list=&knowledgearea_list=&qualificationlevel_list=&initiator_mode=SearchDocForm&full_searchfld=&ecopy=0&combiningAND=0&is_ttp=0&print_basket=&docid=510112949&doctype_list=0&doctoselect=0
5. Теорія та розрахунок повітряно-реактивних двигунів : підручник для студентів вузів / В. М. Акимов, В. И. Бакулєв, Р. И. Курзинер, В. В. Поляков [та ін.]; під ред. С. М. Шляхтенко. - 2-е вид., перероб. та доп. - М. - Машинобудування, 1987. - 568 с .

Допоміжна

1. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей. /Под ред. С.М. Шляхтенко и А.В.Сосунова.– М.: Машиностроение, 1979.
2. Нечаев Ю.Н., Кобельков В.Н., Полев А.С. Авиационные двигатели с изменяемым рабочим процессом для многорежимных самолетов.– М.: Машиностроение, 1988. – 176 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри http:\\k201.khai.edu