Міністерство освіти і науки України

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

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

_____ _____Сергій НИЖНИК
(підпис) (ініціали та прізвище)

«____» _____ 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

_____Теорія ГТД. Програми регулювання та характеристики ГТД_____
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____13 «Механична інженерія»_____
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: _____134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»_____
(код та найменування напряму підготовки)

Освітня програма: «Авіаційні двигуни та енергетичні установки»
(найменування)

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 colspan="2">Найменування показників</th><th>Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти</th><th colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни. Денна форма навчання</th></tr>
<tr><td colspan="2">Кількість кредитів – 3</td><td rowspan="3">Галузь знань
13 «Механична інженерія»
(шифр і назва)</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td colspan="2">Модулів – 2</td><td colspan="2" rowspan="2">Навчальний рік:</td></tr>
<tr><td colspan="2">Змістових модулів – 3</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3"></td><td rowspan="3">Спеціальність
134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(шифр і назва)</td><td>2023/2024</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td colspan="2">6-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Загальна кількість годин – 48*/90</td><td rowspan="4">Освітня програма:
«Авіаційні двигуни та енергетичні установки»</td><td colspan="2">Лекції *</td></tr>
<tr><td colspan="2">Тижневих годин для денної форми навчання</td><td>32 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Семестр 6</td><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>Аудиторних – 3 год.</td><td>Самост. роботи – 2,5 год.</td><td rowspan="2">Рівень вищої освіти:
перший (бакалаврський)</td><td>16 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2"></td><td colspan="2">Лабораторні *</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="2"></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>42 год.</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Індивідуальна робота</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td>Модульний контроль, іспит</td><td></td></tr>
</table>

Примітка

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

для денної форми навчання – 48/42=1,143.

* 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 програм управління, спільної роботи елементів, характеристик та особливостей несталої роботи ГТД.

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

1) Загальні :

- **ЗК6.** Здатність генерувати нові ідеї (креативність);
- **ЗК7.** Здатність приймати обґрунтовані рішення;
- **ЗК8.** Здатність вчитися і оволодівати знаннями.

2) Фахові :

- **ФК2.** Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем;
- **ФК5.** Здатність проєктувати та здійснювати випробування елементів авіаційної і ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Програмні результати навчання:

- **ПРН4.** Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі;
- **ПРН5.** Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі;
- **ПРН7.** Володіти логікою та методологію наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області;
- **ПРН13.** Розуміти особливості робочих процесів у гідравлічних, пневматичних, електричних та електронних системах, що застосовуються в авіаційній та ракетно-космічній техніці;
- **ПРН15.** Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки;
- **ПРН19.** Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Пререквізити:
для вивчення «Термодинамічний аналіз циклів повітряно-реактивних двигунів» потрібні знання з дисциплін «Вища математика», «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Робочі процеси авіаційних двигунів», «Теоретична механіка та теорія машин і механізмів».

Кореквізити:
«Теорія ГТД. Програми регулювання та характеристики ГТД» забезпечує вивчення дисциплін «Конструкція авіаційних двигунів та енергетичних установок», «Виробнича практика», «Кваліфікаційна робота (проект)».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Спільна робота елементів силової установки з ГТД

Змістовий модуль 1. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки

Тема 1. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки

Вступ до дисципліни «Теорія ГТД. Програми регулювання та характеристики повітряно-реактивних двигунів»

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.

Лекція 1-3. Математична модель одновального ТРД і методи її розвязання

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

Лекція 4. Лінія спільної роботи елементів одновального ТРД при різних програмах управління двигуна

6. ЛСР при умові $\pi_т^*$ = const (однопараметричні програми управління)
7. ЛСР при програмі управління $T_г^*$=const і n =const (двопараметрична програма управління)

Лекція 5. Особливості спільної роботи елементів двовальних ТРД і ТРДФ

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

Лекція 6-7. 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 8. 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

Модульний контроль

Модуль 2. Характеристики силових установок з ГТД

Змістовий модуль 2. Характеристики силових установок з ГТД

Тема 2. Характеристики силових установок з ГТД

Лекція 9. 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 10. 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 11-12. 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 13-14. 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

Змістовий модуль 6. Несталі режими ГТД

Тема 6. Несталі режими роботи ГТД

Лекція 15-16. Несталі режими роботи ГТД

1. Умови спільної роботи елементів ГТД в несталих процесах
2. Прийомистість і скид газу ТРД
3. Включення і виключення форсованого режима
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.

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. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки												
Вступ до навчальної дисципліни	2,5	0,5	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Тема 1. Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки	37,5	15,5	–	10	–	12	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 1	40	16	–	10	–	14	–	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 1	**42**	**16**	**–**	**10**	**–**	**16**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**
Змістовий модуль 2. Характеристики силових установок з ГТД												
Тема 2. Характеристики силових установок з ГТД	32	12	–	6	–	14	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 2	32	12	–	6	–	14	–	–	–	–	–	–
Змістовий модуль 3. Несталі режими роботи ГТД												
Тема 3. Несталі режими роботи ГТД	14	4	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–
Разом за змістовим модулем 3	14	4	–	–	–	10	–	–	–	–	–	–
Модульний контроль	2	–	–	–	–	2	–	–	–	–	–	–
Разом за модулем 2	**48**	**16**	**–**	**6**	**–**	**26**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**
Усього годин	**90**	**32**	**–**	**16**	**–**	**42**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**	**–**

5. Теми семінарських занять

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

6. Теми практичних занять

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

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Розподіл вільної роботи ТВаД між гвинтом та струменем, що витікає з сопла	4
2	Спільна робота турбіни і компресора ТРД	6
3	Дросельна характеристика ТРД	6
	Разом	**16**

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
1	Вступ до навчальної дисципліни	2
2	Програми регулювання та спільна робота елементів силової установки (Тема 1)	12
3	Модульний контроль 1	2
4	Характеристики силових установок з ГТД (Тема 2)	14
5	Несталі режими роботи ГТД (Тема 3)	10
6	Модульний контроль 2	2
	Разом	**42**

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій словесним та наочним методами, лабораторних (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, 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 – 1**
2	**виконання лабораторної роботи**	**0 – 6**	**2**	**0 – 12**
3	захист лабораторної роботи	0 – 6	2	0 – 12
4	*складання модульного контролю (одного)*	*0 – 25*	*1*	*0 – 25*
Разом за модуль 1				**0 – 50**
Модуль 2				
1	**робота на лекційних заняттях**			**0 – 6**
2	**конспект лекцій**	**0 – 7**	**1**	**0 – 7**

3	**виконання лабораторної роботи**	**0 – 6**	**1**	**0 – 6**
4	захист лабораторної роботи	0 – 6	1	0 – 6
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:

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

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати розрахунки характеристик 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 уміннями, 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 уміннями, 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. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів: Навч. посібник / О.В. Кіслов, К.В. Фесенко; 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», 2019. – 64 с. ISBN: - 978-966-662-660-1.
   http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vybor_Parametrov_Termogazodinamicheskij_Raschet.pdf
2. Формування обліку проточної частини газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посібник / О. В. Кіслов, К. В. Фесенко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 64 с.
3. Термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів і установок: Навч. посібник / 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. – 64 с.
   http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Termogazodinamicheskij_raschet_gazoturbinnyh dvigatelej i ustanovok.pdf
4. Чисельне дослідження характеристик сопла турбореактивного двигуна багаторежимного літака в умовах дозвукового зовнішнього обтікання: [монографія] / О. В. Кіслов, В. В. Коткин ; М-во освіти та 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», 2017. – 152 с. ISBN: - 978-966-662-544-4.
   http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Kislov_Tchislennoe_Issledovanie.pdf
5. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок ТРД та ТРДФ: Навч. посібник / Г.В. Павленко, І.І. Редін. . – Х.: ХАІ, 1984. – 56с.
6. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок ТВД, ТВВД і ТВаД: Навч. посібник / В.П. Герасименко, Г.В. Павленко. . – Х.: ХАІ, 1984. – 60с.
7. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок двоконтурних турбореактивних двигунів: Навч. посібник / А.Ф. Брехов, Г.В. Павленко, А.Е. Поляков. – Х.: ХАІ, 1984. – 100с.
8. Проектування камер згоряння газотурбінних двигунів: Навч. посібник / В.П. Герасименко, А.А. Нікішов. – Х.: ХАІ, 1999.
9. Проектування вихідних пристроїв ГТУ: Навч. посібник / А.Н. Анютін, О.Д. Дегтярьов, В.І. Ковальов, В.Ю. Незим. – Х.: ХАІ, 2001. – 63с.
10. Узгодження параметрів та визначення основних розмірів турбін і компресорів ГТД: Навч. посібник / Л.Н. Буслик, В.І. Ковальов. – Х.: ХАІ, 1996. – 51с.
11. Узгодження компресорів і турбін авіаційного газотурбінного двигуна: Навч. посібник / А.Н. Анютін. – Х.: ХАІ, 1985. – 65с.
12. Збірник лабораторних робіт з курсу «Теорія повітряно-реактивних двигунів» / Брехов А.Ф., Буслик Л.Н., Герасименко В.П., Грига А.Д., Поляков А.Е. – Х.: ХАІ, 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;
- 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. 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 .
4. Вибір параметрів та термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів: Навч. посібник / О.В. Кіслов, К.В. Фесенко; 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», 2019. – 64 с. ISBN: - 978-966-662-660-1.
   http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vybor_Parametrov_Termogazodinamicheskij_Raschet.pdf
5. Формування обліку проточної частини газотурбінних двигунів [Текст] : навч. посібник / О. В. Кіслов, К. В. Фесенко. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 64 с.

Допоміжна

1. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів : підручник для студентів вузів: гриф МОН України / Ю. М. Терещенко, Л. Г. Волянська, Н. С. Кулик, В. В. Панин; під ред. Ю.М. Терещенко. - К. - Книжкове видавництво НАУ, 2005. - 500 с. ISBN: - 966-598-214-1.
2. Чисельне дослідження характеристик сопла турбореактивного двигуна багаторежимного літака в умовах дозвукового зовнішнього обтікання: [монографія] / О. В. Кіслов, В. В. Коткин ; М-во освіти та 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», 2017. – 152 с. ISBN: - 978-966-662-544-4.
   http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Kislov_Tchislennoe_Issledovanie.pdf
3. Кулагін В.В. Теорія, розрахунок та проектування авіаційних двигунів і енергетичних установок : підручник. Кн. 1 : Основи теорії ГТД. Робочий процес і термогазодинамічний аналіз, Кн. 2 : Основи теорії ГТД. Сумісна робота вузлів наявного двигуна і його характеристики / В. В. Кулагін. - М. - Машинобудування, 2002. - 616 с. ISBN: - 5-217-03125-5.
4. Теорія, розрахунок та проектування авіаційних двигунів і енергетичних установок: підручник. Кн. 3 : Основні проблеми / В. В. Кулагін, С. К. Бочкарьов, І. М. Горюнов, В. А. Григор`єв; під ред. В. В. Кулагіна. - М. - Машинобудування, 2005. - 464 с. ISBN: - 5-217-03269-3 - (Для вузів).

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри http:\\k201.khai.edu