

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

Кафедра «Теорії авіаційних двигунів» (№ 201)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис)

О.В. Кіслов

(ініціали та прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Теорія і розрахунок лопаткових машин
(з урахуванням КП)**

(назва навчальної дисципліни)

Галузь 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 освітніх програм)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: Бойко Л.Г., професор кафедри 201, д.т.н., професор
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Теорії авіаційних двигунів (201)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «20» серпня 2024 р.

В. о. завідувача кафедри _____ к.т.н., доцент
(науковий ступінь та вчене звання)


(підпис)

О.В. Кіслов
(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 – 8	<p>Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр та найменування)</p> <p>Спеціальність <u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (код та найменування)</p> <p>Освітня програма <u>«Газотурбінні установки і компресорні станції»</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p>	<i>Вибіркова</i>	
Кількість модулів – 2		Навчальний рік	
Кількість змістовних модулів – 4		2024/2025	
Індивідуальне завдання:		Семестр	
		5-й	6-й
РГР «Розрахунок параметрів потоку по тракту ГТД» КП «Газодинамічне проектування лопаткових машин газотурбінного двигуна»		Лекції ^{*)5}	
		48	–
Загальна кількість годин – 5 семестр – 180 6 семестр – 60		Практичні, семінарські ^{*)}	
		16	32
Кількість тижневих годин для денної форми навчання:		Лабораторні ^{*)}	
	24		
Семестр 5	Самостійна робота		
Аудиторних – 5,5 год. Самостійної роботи здобувача – 5,75 год.	92	28	
Семестр 6	Вид контролю		
Аудиторних – 2 Самостійної роботи здобувача – 1,75	Модульний контроль Іспит	КП Диф. залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 120/120

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: підготувати майбутніх фахівців до аналізу параметрів робочого процесу та проектування лопатевих машин.

Завдання: вивчення робочого процесу та методів розрахунку параметрів лопатевих машин, методів оцінки ефективності та проектування лопатевих машин.

Компетентності, які пабуваються:

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.

ЗК15. Здатність забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК16. Здатність ухвалювати рішення та діяти, дотримуючись принципу неприпустимості корупції та будь-яких інших проявів не доброчесності.

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.

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.

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

Очікувані 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 застосування адекватної методології проектування.

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

Інженерна практика

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

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

Судження

ПРН 17. Управляти професійною діяльністю у сфері газотурбобудування та машинобудування енергетичного обладнання компресорних станцій, беручи на себе відповідальність за прийняття рішень. Комунікація та командна робота

Навчання протягом життя

ПРН 20. Засвоїти розуміння необхідності самостійного навчання протягом життя.

ПРН 21. Виявляти здатність аналізувати розвиток науки і техніки.

Пререквізити: «Вища математика», «Фізика», «Технічна термодинаміка», «Гідрогазодинаміка».

Кореквізити: «Теорія теплових двигунів», «Теорія газотурбінних двигунів та установок», «Математичне моделювання режимів роботи газотурбінних двигунів», виконання курсових та дипломного проекту.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Загальні питання теорії лопаткових машин (ЛМ)

Тема 1. Основні рівняння. Газотермодинамічні процеси в турбомашинах

Класифікація ЛМ та області застосування ЛМ, вимоги щодо них. Коротка історія розвитку ЛМ. Конструктивні схеми ЛМ. Вклад вчених університету до розвитку теорії ЛМ. Рівняння нерозривності, закону збереження енергії, кількості та моменту кількості руху, стану, ізоентропічного та політропічного процесу, узагальнене рівняння Бернуллі. Вивчення процесів у потоці газу. Енергетично ізольовані процеси, їх зображення в i -діаграмі. Процеси з підводом та відводом механічної та теплової енергії, їх зображення в i -діаграмі. Рівняння тепловміщення та Бернуллі для течії у відносному русі.

Тема 2. Ступінь осьового компресора

Ступінь осьового компресора, принцип дії, призначення основних елементів, процес у ступені осьового компресора, основні параметри. Плани швидкостей. Зображення процесу в i - S діаграмі. Гратки профілів, геометричні параметри ґраток, зв'язок кінематики потоку з геометричними параметрами ґраток. Сили, що діють на лопатки турбомашини. Теорема М.Є. Жуковського про під'ємну силу профіля у ґратці. Коефіцієнти під'ємної сили та опіру, якість ґратки. Особливості обтікання дозвуковою течією, ґратки профілів. Характеристики компресорних ґраток профілів, урахування стисливості та в'язкості течії при розрахунку ґраток профілів. Ступінь, що має вхідний НА. Умови сумісної праці елементів ступеня, розташованих на різних радіусах, закони профілювання лопаток по радіусу. Види втрат енергії у ступені осьового компресора.

Тема 3. Ступінь осьової газової турбіни

Ступінь газової турбіни, принцип дії, призначення основних елементів, газотермодинамічні процеси, основні параметри ступеня, ККД ступеня турбіни, плани швидкостей, активні та реактивні ступені. Особливості обтікання ступеня турбіни дозвуковою течією. Види втрат механічної енергії у ступені турбіни. Охолодження газових турбін.

Змістовний модуль 2. Характеристики лопаткових машин

Тема 4. Характеристики лопаткових машин

Перехід від теоретичних до дійсних характеристик ступенів лопаткових машин, характеристики ступеня осьового компресора, нестійкі режими роботи ступеня, причини, що їх викликають, коефіцієнт запасу стійкості ступеня компресора, вплив частоти обертання. Особливості прояву обертового зриву у ступенях з різним діаметром втулки, \bar{a}_{in} . Параметри подібності. Зображення характеристик турбомашин в параметрах подібності. Характеристики ступеня осьової газової турбіни.

Модульний контроль

Модуль 2

Змістовний модуль 3. Ступінь відцентрового компресора

Тема 5. Ступінь відцентрового компресора

Принцип дії, призначення основних елементів, основні геометричні та термогазодинамічні параметри. Плани швидкостей. Закономірності зміни параметрів уздовж проточної частини. Форми лопаток на виході, вплив ВНА. Характеристики ступеня ВЦК.

Змістовний модуль 4. Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання

Тема 6. Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання

Багатоступеневий осьовий компресор (БОК), основні параметри, зв'язок з параметрами ступенів компресора. Вибір параметрів ступенів при проектуванні на розрахунковому режимі. Умови узгодження спільної роботи ступенів у багатоступеневій машині. Характеристики нерегульованого багатоступеневого компресору, характер разузгодження ступенів при зміні витрати та частоти обертання. Нестійкі режими роботи. Діапазон робочих режимів, вплив напірності. Засоби регулювання компресорів та їх застосування на різних режимах.

Змістовний модуль 5. Багатоступеневі осьові газові турбіни, радіальні турбіни та їх регулювання

Тема 7. Багатоступеневі осьові газові турбіни, радіальні турбіни та їх регулювання

Багатоступеневі осьові турбіни. Основні параметри, зв'язок з параметрами ступенів. Вибір параметрів ступенів при проектуванні на розрахунковому режимі. Особливості проектування охолоджуваних ступенів турбіни. Оцінки ефективності. Нерозрахункові режими роботи, характеристики багатоступеневої турбіни, особливості сумісної роботи ступенів. Побудова характеристик. Засоби регулювання шляхом повороту СА. Особливості робочого процесу та проектування доцентрової газової турбіни.

Висновки

Перспективні параметри сучасних турбомашин. Нові підходи до проектування.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	П	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Семестр 5					
Модуль 1					
Змістовний модуль 1.					
<i>Загальні питання теорії лопаткових машин</i>					
Тема 1. <i>Загальні питання теорії лопаткових машин (ЛМ)</i>	26	8	4	4	10
Разом за модулем 1	26	8	4	4	10
Змістовний модуль 2.					
<i>Ізольовані ступені компресора і турбіни. Гратки профілів</i>					
Тема 2. <i>Ступінь осьового компресора</i>	34	8	4	4	18
Тема 3. <i>Ступінь газової турбіни</i>	16	4	–	–	12
Тема 4. <i>Характеристики лопаткових машин</i>	22	4	4	4	10
Модульний контроль					
Разом за модулем 2	72	16	8	8	40
Модуль 2					
Змістовний модуль 3.					
<i>Відцентровий компресор</i>					
Тема 5. <i>Відцентровий компресор</i>	22	4		8	10
Разом за модулем 3	22	4		8	10
Змістовний модуль 4.					
<i>Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання</i>					
Тема 6. <i>Багатоступеневі осьові компресори та їх регулювання</i>	36	12	4	–	20
Разом за модулем 4	36	12	4	–	20
Змістовний модуль 5.					
<i>Багатоступеневі осьові газові турбіни та їх регулювання</i>					
Тема 7. <i>Багатоступеневі осьові газові турбіни та їх регулювання</i>	24	8	–	4	12
Модульний контроль					
Разом за модулем 5	24	8	–	4	12
Усього годин	180	48	16	24	92
Семестр 6					
Практичні завдання згідно плану курсового проекту	60	–	32	–	28
Разом за курсом	240	48	48	24	120

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семінарські заняття не передбачені навчальним планом		

6. Теми практичних занять (5 семестр)

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунки та відображення в іS-діаграмі енергоізолюваних процесів в проточній частини двигуна	6
2	Розрахунки та відображення в іS-діаграмі процесів в проточній частині двигуна з підводом та відводом механічної або теплової енергії	6
3	Дослідження кінематики потоку в ступені осьового компресора	2
4	Дослідження кінематики потоку в ступені осьової турбіни	2
	Разом	16

7. Теми лабораторних занять

1	Плани швидкостей ступеня осьового компресора	6
2	Визначення коефіцієнта впливу скінченної кількості лопаток у відцентровому компресорі (коефіцієнт μ)	6
3	Характеристика відцентрового компресору	4
4	Характеристика газової турбіни	4
5	Дослідження обтікання компресорної решітки профілів дозвуківим потоком за допомогою чисельного моделювання	4
	Разом	24

Семестр 6

Виконання завдань згідно плану курсового проекту

1	Вибір та обґрунтування параметрів двигуна, термогазодинамічний розрахунок	6
2	Узгодження параметрів компресорів і турбін, визначення геометричних розмірів цих вузлів.	8
3	Газодинамічний проектувальний розрахунок компресора на середньому радіусі.	6
4	Газодинамічний проектувальний розрахунок турбіни на середньому радіусі.	6
5	Розрахунок і профілювання ступеня компресора і турбіни по радіусу.	6
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Семестр 5		
1	Аналіз застосування рівнянь газо- і термодинаміки в розрахунках вузлів газотурбінного двигуна.	16
2	Ступінь осьового компресора. Типи ґраток профілів. Теорема Жуковського, урахування проявів стисливості течії.	14
3	Ступінь осьової турбіни.	10
4	Особливості побудови планів швидкостей у ступенях турбіни і компресору. Поняття степені реактивності.	10
5	Характеристики ступенів компресора і турбіни.	10
6	Відцентровий компресор	10
7	Багатоступеневий компресор і турбіна	22
	Разом	92
Семестр 6		
8	Вибір та обґрунтування параметрів двигуна, термогазодинамічний розрахунок	4
9	Узгодження параметрів компресорів і турбін, визначення геометричних розмірів цих вузлів.	4
10	Газодинамічний проектувальний розрахунок компресора на середньому радіусі.	4
11	Газодинамічний проектувальний розрахунок турбіни на середньому радіусі.	4
12	Розрахунок і профілювання ступеня компресора і турбіни по радіусу.	4
13	Виконання графічної частини: розподіл параметрів течії уздовж проточної частини двигуна.	8
	Разом	28

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми
Семестр 5	
1	Виконання розрахунково-графічної роботи на тему «Розрахунок параметрів потоку по тракту ГТД».
Семестр 6	
2	Виконання курсового проекту на тему «Газодинамічне проектування лопаткових машин газотурбінного двигуна».

10. Методи навчання

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

На лекціях студенти отримують знання з основ теорії лопаткових машин, вивчають підходи до їх розрахунків, які надалі будуть використані при виконанні індивідуальних розрахунково-графічної роботи та курсового проекту, а також практичних та лабораторних робіт та самостійної роботи.

Проведення лабораторних робіт базуються на експериментальному дослідженні параметрів течії в лопаткових машинах та їх сумарних характеристик, дає змогу вивчення реальних об'єктів за допомогою фізичних експериментів. Під час занять online фізичні експерименти замінюють розрахунковими дослідженнями на базі отриманих опитних даних.

Практичні роботи дають змогу навчитися застосуванню теоретичних положень курсу для виконання розрахунків параметрів течії в лопаткових машинах шляхом розв'язання ряду завдань, методам побудови графіків процесу в ентропійних діаграмах, трикутників швидкостей та інш.

Цикл розрахункових практичних робіт дозволяє досліджувати параметри процесу в лопаткових машинах с допомогою їх візуалізації, шляхом використання віртуальних моделей об'єктів при застосуванні комплексу програм, розроблених на кафедрі 201.

Курсовий проект, який студенти виконують у 6 семестрі, присвячений «Газодинамічному проектуванню лопаткових машин газотурбінного двигуна», дає змогу студентам використати теоретичні знання та навички з даної дисципліни у проектуванні реальних об'єктів.

Надалі даний проект є основою для проекту з дисципліни «Теорія газотурбінних двигунів», «Газотурбінні установки та обладнання компресорних станцій», а також випускного проекту бакалавра.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, захист розрахункових робіт, захист курсового проекту (диференційний залік), фінального контролю у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти Семестр 5

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Модуль 1			
Наявність конспекту лекцій			0 – 3
Виконання лабораторних робіт	0 – 1	2	0 – 2
Захист лабораторних робіт	0 – 3	2	0 – 6
Робота на практичних заняттях	0 – 4		0 – 4
Виконання розрахункової роботи	0 – 2	1	0 – 2
Захист розрахункової роботи	0 – 5	1	0 – 6
Складання модульного контролю		1	0 – 27
Разом за Модуль 1			0...50
Модуль 2			
Наявність конспекту лекцій			0 – 3
Виконання лабораторних робіт	0 – 3	3	0 – 9
Захист лабораторних робіт	0 – 3	3	0 – 9
Складання модульного контролю		1	29
Разом за Модуль 2			0...50
Всього за семестр			0...100

Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсового проекту.

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
0...40	0...20	0...40	0...100

Семестровий контроль проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту студент має змогу отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань (двох теоретичних та одного практичного), за які відповідно встановлюються такі оцінки: 33, 33 і 34 бали.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Семестр 5

Необхідний обсяг знань для одержання оцінки:

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь, виконати розрахунково-графічну роботу, всі лабораторні та практичні роботи, включаючи контрольні, знати класифікацію, схеми та принцип дії лопаткових машин, основні визначення параметрів, базові термо- та газодинамічні рівняння, що визначають процеси в лопаткових машинах, геометричні параметри ґраток профілів та ступенів та їх характеристики. Показати мінімум знань з питань устрою та принципу дії ступеня відцентрового компресору, його

параметрів та характеристик. Знати основні параметри багатоступеневих компресора і турбіни та їх зв'язок з параметрами ступенів, що його утворюють, побудову сумарних характеристик, мати уяву про засоби їх регулювання.

Добре (75-89). Твердо знати основні теми курсу лекцій, виконати та захистити розрахунково-графічну роботу, всі лабораторні та практичні роботи, вміти обґрунтувати основні розрахунки за допомогою рівнянь, вміти пояснювати особливості течії в лопаткових машинах (ступенях, гратках профілів) на різноманітних режимах, вміти розв'язувати задачі з розрахунків параметрів течії, будувати і-*s* діаграми процесів та трикутники швидкостей, визначати закони крутки лопаток за висотою, відбирати найкращі, будувати характеристики ступенів турбіни та осьового компресора. Знати особливості сумісної роботи ступенів у багатоступеневих турбомашин та побудову їх характеристик, мати уяву про роботу компресора на межі стійкості та турбіни на межі максимальної спроможності розширення косою зрізу, вміти визначати засоби регулювання відповідно режиму, обирати параметри турбомашин при їх проектуванні, виконувати розрахунки їх геометричних параметрів.

Відмінно (90-100). Повно та досконало знати лекційний матеріал, вміти його докладно викласти, пояснити та застосовувати у розрахунках, пояснювати особливості течії на різних режимах та зміну параметрів, виконати і на «відмінно» захистити усі лабораторні і практичні роботи.

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. Базові підручники та навчально-методичні посібники наведені в п. 14 Рекомендована література.

Підручники, навчальні посібники, навчально-методичні посібники, конспекти лекцій, методичні рекомендації з проведення лабораторних робіт тощо, які видані в Університеті знаходяться за посиланням:

- http://library.khai.edu/catalog?clear_all_params=0&mode=BookList&lang=ukr&caller_mode=Disciplines&disciplinesearch=yes&combiningAND=1&theme_cond=all_theme&is_ttp=0&search fld=%D0%A2%D0%B5%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F+%D1%82%D0%B0+%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%BA+&discipline_list=820&speciality_list=385&course_list=0&recommend_select=0&action=subscribe&list_id=1&email=

- Сторінка дисципліни знаходиться за посиланням:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2674>

14. Рекомендована література

Базова

1. Терещенко Ю.М., Бойко Л.Г., Мамлюк О.В. Газотурбінні двигуни літальних апаратів. Дopusнено Міністерством освіти і науки України. Підручник для студентів вищих закладів освіти. К.: Вища шк., 2000. 319с.
2. Теорія теплових двигунів. Підручник / Ю.М. Терещенко, Л.Г. Бойко, С.О. Дмитрієв та ін.; за ред. Ю.М. Терещенка. – К.: Вища шк., 2001. – 382 с.
3. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт з дисципліни «Теорія і розрахунок лопаткових машин», Харків, «ХАІ», кафедра Теорії авіаційних двигунів, 2023 р.
4. Поздняков В.О., Бойко Л.Г., Герасименко В.П., Редін І.І., Кіслов О.В. Комп'ютерна програма: Комплексна система курсового і дипломного проектування. Харків, Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут», Реєстр. номер 3569 від 23.10.17.
5. Л. Г. Бойко, О. Д. Дегтярьов, Н. В. Піжанкова. Газодинамічні аспекти проектування проточної частини та вузлів газотурбінного двигуна. Навчальний посібник, Харків, ХАІ, каф. 201, 136с.

Допоміжна

1. Boyce M. Gas-turbines Engineering Handbook, Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2, SDP, Uk.2001. 936 p.

<https://soaneemrana.org/onewebmedia/GAS%20TURBINE%20ENGINEERING%20HAND%20BOOK%20BY%20MEHERWAN%20P.%20BOYCE%20%282nd%20Edition%29.pdf>

2. Rolls Royce. The Jet Engine. Rolls Royce the technical publication department. Derby England, 1996. 278 p.

<http://www.valentiniweb.com/piermo/meccanica/mat/Rolls%20Royce%20-%20The%20Jet%20Engine.pdf>

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k201.khai.edu>.