

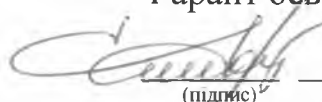
Міністерство освіти і науки України

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

Кафедра № 201 «Теорії авіаційних двигунів»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньо-наукової програми

  
(підпис) Сергій ЄПІФАНОВ  
(ініціали та прізвище)

« 31 » серпня 2023 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теоретичні аспекти газодинамічного проектування та  
математичного моделювання газотурбінних двигунів  
(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: «Енергетичне машинобудування»

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

**Форма навчання: денна**

**Харків 2023 рік**

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

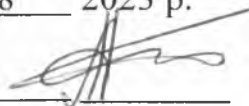
  
(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри  
«Теорії авіаційних двигунів»

№ 201

Протокол № 1 від « 24 » 08 2023 р.  
(назва кафедри)

Завідувач кафедри д.т.н., професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

  
(підпис)

Л.Г. Бойко  
(ініціали та прізвище)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу  
аспірантури і докторантури



Володимир СЕЛЕВКО

В.о. голови наукового товариства  
студентів, аспірантів,  
докторантів і молодих вчених



Семен ЖИЛА

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни. Денна форма навчання	
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>14 «Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	Вибіркова	
Модулів – 2		Навчальний рік:	
Змістових модулів – 9		2023/2024	
	Спеціальність <u>142 «Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	<b>Семестр</b>	
		4-й	
Загальна кількість годин – 64*/150	Освітньо-наукова програма: <u>«Енергетичне машинобудування»</u>	<b>Лекції *</b>	
Тижневих годин для денної форми навчання		32 год.	
<b>Семестр 6</b>		<b>Практичні</b>	
Аудиторних – 4 год.	Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)	32 год.	
Самост. роботи – 5 год.		<b>Лабораторні *</b>	
		–	
		<b>Самостійна робота</b>	
		86 год.	
		<b>Індивідуальна робота</b>	
		–	–
		<b>Вид контролю</b>	
		Модульний контроль, іспит	

**Примітка**

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

для денної форми навчання –  $64/86=0,744$ .

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** – підготувати здобувачів до газодинамічного проектування ГТД з оптимізацією газодинамічних, міцностних та конструктивних параметрів та до математичного моделювання ГТД для оптимізації характеристик ГТД.

**Завдання** – вивчення особливостей газових потоків у проточній частині сучасних і перспективних ГТД та шляхи забезпечення високої газодинамічної досконалості проточної частини ГТД, а також принципів та методів математичного моделювання процесів ГТД.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми здобувачі вищої освіти повинні досягти таких **компетентностей**:

- ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу
- ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел
- СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у сфері енергетичного машинобудування та дотичних до неї (нього, них) міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з в галузі електричної інженерії, та суміжних галузей.
- СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.
- СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру у науковому пізнанні, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.
- СК08. Здатність до формування системного наукового світогляду, професійної етики та загального культурного кругозору.
- СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем наукового пізнання, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності у сфері енергетичного машинобудування.

### Результати навчання:

- РН01. Мати передові концептуальні та методологічні знання з енергетичного машинобудування і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з відповідної галузі, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.
- РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, ...) і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані.
- РН04. Розробляти, проектувати, модернізувати складні об'єкти енергетичного машинобудування, формувати вимоги до них, аналізувати адекватність методології проектування.
- РН05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з енергетичного машинобудування та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.
- РН08. Розуміти загальні принципи та методи енергетичного машинобудування, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері енергетичного машинобудування та у викладацькій практиці.
- РН09. Вивчати, узагальнювати та впроваджувати в навчальний процес інновації енергетичного машинобудування.
- РН10. Здійснювати пошук та критичний аналіз інформації, концептуалізацію та реалізацію наукових проектів з енергетичного машинобудування.
- РН12. Знати сучасні підходи та засоби моделювання робочих процесів досліджуваних об'єктів та процесів управління, в тому числі в аерокосмічній галузі, вміти створювати нові, вдосконалювати та розвивати моделі систем та елементів об'єктів енергетичного машинобудування.

**Міждисциплінарні зв'язки.** вивчення курсу «Теоретичні аспекти газодинамічного проектування та математичне моделювання газотурбінних двигунів» базується на загальних знаннях з гідрогазодинаміки, з теорії лопаткових машин, з теорії газотурбінних двигунів та з математичного моделювання. Отримані знання є основою для успішної роботи над випускною роботою для отримання ступеня доктора філософії.

### **3. Програма навчальної дисципліни**

#### **Модуль 1**

##### **Тема 1. Основні рівняння. Газотермодинамічні процеси в турбомашинах**

Класифікація ЛМ та області застосування ЛМ, вимоги щодо них. Конструктивні схеми ЛМ. Рівняння нерозривності, закону збереження енергії, кількості та моменту кількості руху у три-, дво- та одновимірному потоці; стану, ізоентропічного та політропічного процесу. Узагальнене рівняння Бернуллі. Ентропійна діаграма та її властивості. Енергетично ізольовані процеси, процеси з підводом та отводом механічної та теплової енергії, їх зображення в  $is$ -діаграмі. Рівняння енергії та Бернуллі для течії у відносному русі.

##### **Тема 2. Актуальні питання робочого процесу ступіня осьового компресора**

Ступінь осьового компресора, принцип дії, призначення основних елементів, процес у ступені осьового компресора, основні параметри, їх вплив на напір та ККД. Плани швидкостей. Зображення процесу в  $is$ -діаграмі. Гратки профілів, геометричні параметри граток, зв'язок кінематики потоку з геометричними параметрами граток. Сили, що діють на лопатки турбомашини. Теорема М.Є. Жуковського про під'ємну силу профіля у гратці. Коефіцієнти під'ємної сили та опору, якість гратки. Особливості обтікання дозвуковою течією, гратки профілів. Характеристики компресорних граток профілів, урахування стисливості та в'язкості течії при розрахунку граток профілів. Ступінь, що має вхідний НА. Особливості газотермодинамічних процесів у до-, транс- та надзвукових ступіннях компресора. Просторова течія в ступіннях турбомашин та її урахування. Умови сумісної праці елементів ступеня, розташованих на різних радіусах, закони профілювання лопаток по радіусу. Види втрат енергії у ступені осьового компресора.

##### **Тема 3. Актуальні питання робочого процесу ступіня газової турбіни**

Ступінь газової турбіни, принцип дії, призначення основних елементів, газотермодинамічні процеси, основні параметри ступеня, їх вплив на його роботу, ККД ступеня турбіни, плани швидкостей, активні та реактивні ступені. Особливості обтікання ступіня турбіни дозвуковою течією. Шляхи зменшення втрат механічної енергії у ступені турбіни. Шляхи підвищення ефективності охолодження газових турбін.

##### **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. Параметри подібності. Моделювання подібних течій. Зображення характеристик турбомашин в параметрах подібності. Характеристики ступеня осьової газової турбіни.

##### **Тема 5. Актуальні питання робочого процесу ступіня 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 ступеню ВЦК.

### **Тема 6. Актуальні питання робочого процесу багатоступневих компресорів**

Багатоступневий 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 багатоступневій машині. Характеристики нерегульованого багатоступневого 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.

### **Тема 7. Актуальні питання робочого процесу багатоступневих газових турбін**

Багатоступневі вісьові 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 багатоступневої турбіни, особливості сумісної роботи ступенів. Побудова характеристик. Засоби регулювання шляхом повороту СА. Особливості процесу та проектування доцентрової та биротатівної газової турбіни.

## **Модуль 2**

### **Тема 8. Актуальні питання математичного моделювання процесів та характеристик ГТД**

Характеристики ГТД і способи їх одержання. Математичні моделі та моделювання. Класифікація та рівні математичних моделей. Математичні моделі елементів ГТУ: вхідного та вихідного пристроїв, компресора, турбіни, камери згорання. Мета та задачі моделювання характеристик двигуна. Газотурбінний двигун як об'єкт математичного моделювання. Математичні моделі ГТД різних схем. Системи рівнянь нев'язок ГТД різних конструктивних схем та призначення: ТВД, ТВад, ТРД(Ф), ТРДД(Ф)(Фсм). Організація розрахункового процесу в програмах математичного моделювання. Методи розрахунку. Матриця Якобі. Критерії знаходження рішення системи рівнянь нев'язок ГТД. Поліпшення характеристик ГТД за рахунок регулювання елементів проточної частини двигуна. Математичні моделі регульованих елементів ГТД: компресора та турбіни. Аналіз результатів математичного моделювання характеристик ГТД за експлуатаційними обмеженнями.

### **Тема 9. Актуальні питання регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ**

Регулювання ГТД и ГТУ. Актуальні питання вибору програм (законів) регулювання. Регулюючі органи ГТД. Регульовані параметри та регулюючі фактори. Реалізація програм регулювання. Комбіновані програми регулювання ГТД/ГТУ. Актуальні питання несталих режимів роботи ГТУ. Особливості математичного моделювання перехідних (несталих) режимів роботи ГТД.

### **Заключення**

Перспективи математичного моделювання ГТД. Нові підходи до математичного моделювання ГТД.

## 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	с.р.	ін.р
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>
<b>Семестр 4</b>						
<b>Модуль 1</b>						
Тема 1. Основні рівняння. Газотермодинамічні процеси в турбомашин	12	2	4	-	6	-
Тема 2. Актуальні питання робочого процесу ступіня осьового компресора	14	4	4	-	6	-
Тема 3. Актуальні питання робочого процесу ступіня газової турбіни	10	2	2	-	6	-
Тема 4. Характеристики лопаткових машин	12	2	2	-	8	-
Тема 5. Актуальні питання робочого процесу ступіня відцентрового компресора	10	4		-	6	-
Тема 6. Актуальні питання робочого процесу багатоступеневих компресорів	14	2	4	-	8	-
Тема 7. Актуальні питання робочого процесу багатоступеневих газових турбін	10	2	2	-	6	-
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>82</b>	<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>	<b>46</b>	<b>-</b>
<b>Модуль 2</b>						
Тема 8. Актуальні питання математичного моделювання процесів та характеристик ГТД	38	10	8	-	20	-
Тема 9. Актуальні питання регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ	26	4	6	-	16	-
Заключення	4			-	4	-
<b>Разом за модулем 2</b>	<b>68</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>-</b>	<b>40</b>	<b>-</b>
<b>Разом</b>	<b>150</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>-</b>	<b>86</b>	<b>-</b>

## 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	Не передбачено навчальним планом	
	<b>Разом</b>	

## 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
<b>Семестр 3</b>		
1	Основні рівняння в турбомашин	4
2	Ступінь осьового компресора	4
3	Ступінь газової турбіни	2
4	Характеристики лопаткових машин	2

5	Багатоступеневі компресори	4
6	Багатоступеневі газові турбіни	2
7	Математичне моделювання процесів та характеристик ГТД	8
8	Регулювання ГТД та ГТУ. Несталі режими роботи ГТУ	6
	<b>Разом</b>	<b>32</b>

#### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
	Не передбачено навчальним планом	

#### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
	<b>Семестр 4</b>	
1	Аналіз застосування рівнянь газо- і термодинаміки в розрахунках вузлів газотурбінного двигуна (Тема 1)	6
2	Ступінь осевого компресора. Типи ґраток профілів. Теорема Жуковського, урахування проявів стисливості течії (Тема 2)	6
3	Ступінь осевої турбіни (Тема 3)	6
4	Характеристики ступенів компресора і турбіни (Тема 4)	8
	Актуальні питання ступеня відцентрового компресора (Тема 5)	6
6	Газодинамічний проектувальний розрахунок компресора на середньому радіусі (Тема 6)	8
7	Узгодження параметрів компресорів і турбін, визначення геометричних розмірів цих вузлів (Тема 7)	6
8	Математичні моделі ГТД різних схем. (Тема 8)	20
9	Комбіновані програми регулювання ГТД/ГТУ (Тема 9)	16
10	Перспективи математичного моделювання ГТД	4
	<b>Разом</b>	<b>86</b>

#### 9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
	Не передбачено навчальним планом	
	<b>Разом</b>	

#### 10. Методи навчання

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

#### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, захист звітів з практичних робіт, письмові модульні контролі, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту у вигляді письмового іспиту (комплексне завдання). При складанні семестрового іспиту 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. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

### 12.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі кількісні критерії оцінювання)

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	<b>виконання практичної роботи</b>	<b>0 – 3</b>	<b>6</b>	<b>0 – 18</b>
2	захист практичної роботи	0 – 2	6	0 – 12
3	складання модульного контролю	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 1				<b>0 – 50</b>
Модуль 2				
1	<b>виконання практичної роботи</b>	<b>0 – 8</b>	<b>2</b>	<b>0 – 16</b>
2	захист практичної роботи	0 – 4	2	0 – 8
3	<b>робота на лекційних заняттях</b>			<b>0 – 3</b>
4	<b>конспект лекцій</b>	<b>0 – 3</b>	<b>1</b>	<b>0 – 3</b>
5	складання модульного контролю	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 2				<b>0 – 50</b>
<b>Всього за семестр</b>				<b>0 – 100</b>

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

*Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:*

- Геометричні, газодинамічні, міцнісні та конструктивні параметри ГТД;
- вимоги до вибору параметрів при газодинамічному проектуванні ГТД;
- засоби забезпечення стійкості потоку та зменшення хвильових та вторинних втрат у проточній частині ГТД;
- розподіл параметрів потоку та роботи вздовж тракту лопатевих машин;
- рівні та методи математичного моделювання процесів у проточній частині ГТД;
- рівні та класифікацію математичних моделей робочого процесу ГТД;

*Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:*

- застосовувати основні термогазодинамічні співвідношення для розрахунку та аналізу потоків у проточній частині ГТД;
- оцінювати ефективність роботи лопаткової машини та її елементів в залежності від процесів, що в них мають місце;
- визначати нестійкі режими елементів;
- обирати кількість та параметри охолоджуючого повітря в охолоджуваних ступенях турбін;
- оптимізувати геометричні, газодинамічні, міцнісні та конструктивні параметри ГТД;
- обирати методи розв'язання систем рівнянь при математичному моделюванні ГТД;
- використовувати математичні моделі для оптимізації проточної частини ГТД та для розрахунку характеристик ГТД.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи здобувача 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 лопаткових машин та ГТД.

**Добре (75-89).** Володіти основними знаннями та умінями, 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 лопаткових машин та ГТД, аналізувати одержані результати та робити правильні висновки.

**Відмінно (90-100).** Володіти всіма знаннями та уміннями, 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 лопаткових машин та 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. Павленко Г.В. Математичне моделювання авіаційних ГТД при дослідженні їх експлуатаційних характеристик. - Х.: ХАІ, 1986. - 123 с.  
[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Pavlenko\\_Matem\\_Modelirovanye.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Pavlenko_Matem_Modelirovanye.pdf)
2. Вибір параметрів і термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів: Навч. посібник / О.В. Кіслов, К.В. Фесенко – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Є. Жуковського «ХАІ», 2019. – 64 с.  
[http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vybor\\_Parametrov\\_Termogazodinamicheskij\\_Raschet.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Vybor_Parametrov_Termogazodinamicheskij_Raschet.pdf)
3. 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.
4. 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\\_gazoturbinyh\\_dvigatelij\\_Ch1.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2006/Issledovanie_ekspluatacionnyh_harakteristik_gazoturbinyh_dvigatelij_Ch1.pdf)
5. 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\\_gazoturbinyh\\_dvigatelij.pdf](http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2007/Issledovanie_ekspluatacionnyh_harakteristik_gazoturbinyh_dvigatelij.pdf)

#### 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](http://library.khai.edu/library/fulltexts/m2003/Teorija_aviacijnih_dviguniv.pdf)

3. Вибір параметрів і термогазодинамічний розрахунок газотурбінних двигунів: Навч. посібник / О.В. Кіслов, К.В. Фесенко – Х.: Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.С. Жуковського «ХАІ», 2019. – 64 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&doc\\_id=510520481](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510520481)
4. Кіслов О.В., Коткін В.В. Чисельне дослідження характеристик сопла турбореактивного двигуна багаторежимного самолета в умовах дозвукового зовнішнього обтікання. Монографія // О. В. Кіслов, В. В. Коткін. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н. С. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2017. – 152 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&doc\\_id=510493141](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510493141)

#### 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. Павленко Г. В. Газодинамический розрахунок осьової газової турбіни / Г. В. Павленко, А. Г. Волон. – Харків, ХАІ. – 2007. – 75 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&doc\\_id=510246052](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510246052)
3. Павленко Г. В. Термогазодинамічних розрахунок газотурбінних двигунів і установок / Г. В. Павленко. – Харків, ХАІ. – 2007. – 64 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&doc\\_id=510246052](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510246052)
4. Павленко Г. В. Газодинамический розрахунок осьового компресора ГТД / Павленко Г.В. – Харків, ХАІ. – 2002. – 57 с.  
[https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller\\_mode=BookList&doc\\_id=510202040](https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&doc_id=510202040)

#### 14. Інформаційні ресурси

Вивчені попередньо навчальні дисципліни, конспект лекцій, джерела з Інтернету.  
**Інтернет-адреса постійного розміщення опису робочої програми:**  
<https://khai.edu/ua/education/osvitni-programi-i-komponenti/osvitni-programi-phd/energetichne-mashinobuduvannya2/perelik-komponentiv16/>  
**Сайт кафедри** <http://k201.khai.edu>