


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

Кафедра *конструкції авіаційних двигунів (№ 203)*

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) Олександр БІЛОГУБ
(ім'я та прізвище)

« 30 » 08 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Динаміка та міцність АД та ЕУ

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма

Авіаційні двигуни та енергетичні установки

(найменування освітньої програми)

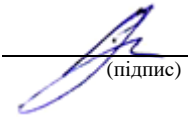
Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти

перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

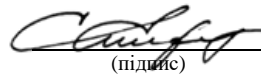
Розробник Олександр ГАРКУША, доцент каф. 203, к.т.н.
(ім'я та прізвище, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри
Конструкції авіаційних двигунів (№ 203)
(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2023 р.

Завідувач каф. 203 д.т.н., професор
(науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

Сергій ЄПІФАНОВ
(ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування)	Обов'язкова
Кількість модулів – 2		Навчальний рік 2023 / 2024
Кількість змістових модулів – 2		Семестр 7 (5)-й
Індивідуальне завдання (назва)		
Загальна кількість годин – 48*/150		Освітня програма <u>Авіаційні двигуни та енергетичні установки</u> (найменування)
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 6,375	Рівень вищої освіти <u>перший (бакалаврський)</u>	Лекції* 24 год.
		Практичні, семінарські* 8 год.
		Лабораторні* 16 год.
		Самостійна робота 102 год.
		Вид контролю модульний контроль, іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання: 48*/102

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

- 1) У – для студентів, що навчаються українською мовою
- 2) ІНУМ – для студентів-іноземців, що навчаються українською мовою.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: надбання здобувачами знань з конструкції авіадвигунів. Вирішується задача формування у здобувачів початкових уявлень про динамічні навантаження і моделі міцностної надійності елементів АД на підставі попередньо вивчених теоретичних курсів.

Завдання: вивчити теоретичний курс, виконати лабораторні та практичні роботи і розрахункову роботу.

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

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з розробкою, виробництвом та сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерних наук, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності:

- ЗК 1. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.
- ЗК 2. Здатність спілкуватися іноземною мовою.
- ЗК 3. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
- ЗК 4. Здатність працювати у команді.
- ЗК 5. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК 6. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК 7. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

Спеціальні (фахові) компетентності:

- ФК1. Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно- космічної техніки.
- ФК2. Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.
- ФК3. Здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ФК4. Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність.
- ФК5. Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.
- ФК6. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

Програмні результати навчання:

- ПРН1. Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з професійних питань.
- ПРН2. Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності.
- ПРН3. Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі.
- ПРН4. Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі.
- ПРН6. Володіти логікою та методологією наукового пізнання, що ґрунтується на розумінні сучасного стану і методології предметної області.
- ПРН7. Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.
- ПРН8. Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики.

- ПРН9. Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу.
- ПРН10. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).
- ПРН11. Описувати експериментальні методи дослідження структурних, фізико-механічних і технологічних властивостей матеріалів та конструкцій.
- ПРН12. Застосовувати у професійній діяльності сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ПРН13. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несійну здатність конструктивних елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- ПРН14. Розуміти та обґрунтовувати особливості конструкції та основні аспекти робочих процесів в системах та елементах авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Пререквізити – *Вища математика, Фізика, Теорія повітряно-реактивних двигунів, деталі машин та основи конструювання, Загальний устрій авіаційних двигунів і енергетичних установок, Конструкція і міцність АД та ЕУ, Хімія і основи екології, Інженерне матеріалознавство, Авіаційне матеріалознавство, Механіка матеріалів та конструкцій, Технології конструкційних матеріалів.*

Кореквізити – *Комп'ютерно-інтегровані системи проектування, Надійність і ресурс АД та ЕУ.*

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ТЕМА 1. Втомлені руйнування деталей ГТД. Види коливань. Порядок аналізу деталей ГТД на коливання.

ТЕМА 2. Коливання лопаток компресорів та турбін. Власні і зв'язані коливання робочих і нерухомих лопаток. Форми власних коливань робочих лопаток. Розрахунок частот власних коливань робочих лопаток. Використання пакету SolidWorks для розрахунку лопаток компресорів та турбін.

ТЕМА 3. Джерела збудження коливань лопаток компресорів і турбін. Побудова частотної діаграми. Резонансні режими. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти власних коливань лопаток.

ТЕМА 4. Динамічні напруження та запаси втомної міцності лопаток ГТД. Боротьба з небезпечними коливаннями лопаток компресорів та турбін.

ТЕМА 5. Вплив покриттів на частоту власних коливань робочих лопаток. Демпфування коливань за допомогою покриттів

Модуль 2

Змістовий модуль 2

ТЕМА 6. Коливання дисків компресорів та турбін. Види і форми власних коливань дисків. Розрахунок частот власних коливань дисків. Моделювання коливань та напружень в дисках.

ТЕМА 7. Хвилі, що бігуть по диску уперед і назад. Джерела збудження коливань дисків. Побудова частотної діаграми. Визначення резонансних режимів.

ТЕМА 8. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань дисків, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін в двигунах.

ТЕМА 9. Коливання оболонок авіаційних двигунів. Види і форми власних коливань оболонок. Розрахунок частот власних коливань оболонок. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань нерухомих оболонок і оболонок, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями оболонок авіаційних двигунів.

ТЕМА 10. Розрахунок на міцність барабанного, барабанно-дискового ротора та стяжного болта.

ТЕМА 11. Розрахунок корпусу на міцність та удар.

ТЕМА 12. Джерела збудження вібрації в авіаційних двигунах. Віброзміщення, віброшвидкість та віброприскорення. Призначення і специфіка вібродіагностування двигунів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		п	лаб	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1					
ТЕМА 1. Втомлені руйнування деталей ГТД. Види коливань. Порядок аналізу деталей ГТД на коливання	10	2	-	-	8
ТЕМА 2. Коливання лопаток компресорів та турбін. Власні і зв'язані коливання робочих і нерухомих лопаток. Форми власних коливань робочих лопаток. Розрахунок частот власних коливань робочих лопаток. Використання пакету SolidWorks для розрахунку лопаток компресорів та турбін.	16	2	2	2	10
ТЕМА 3. Джерела збудження коливань лопаток компресорів і турбін. Побудова частотної діаграми. Резонансні режими. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти власних коливань лопаток	12	2	2	-	8
ТЕМА 4. Вплив покриттів на частоту власних коливань робочих лопаток. Демпфування коливань за допомогою покриттів	12	2	-	2	8
ТЕМА 5. Динамічні напруження і запаси втомної міцності лопаток ГТД. Боротьба з небезпечними коливаннями лопаток компресорів та турбін.	11	2	-	1	8
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Усього годин за змістовим модулем 1	62	10	4	6	42
Модуль 2					
Змістовий модуль 2					
ТЕМА 6. Коливання дисків компресорів та турбін. Види і форми власних коливань дисків. Розрахунок частот власних коливань дисків. Моделювання коливань та напружень в диску.	16	2	2	2	10
ТЕМА 7. Хвилі, що бігуть по диску уперед і назад. Джерела збудження коливань дисків. Побудова частотної діаграми. Визначення резонансних режимів.	12	2	-	2	8
ТЕМА 8. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань дисків, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін в двигунах.	12	2	-	-	10
ТЕМА 9. Коливання оболонок авіаційних двигунів. Види і форми власних коливань оболонок. Розрахунок частот власних коливань оболонок. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань нерухомих оболонок і оболонок, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями оболонок авіаційних двигунів.	14	2	2	2	8

ТЕМА 10. Розрахунок на міцність барабанного, барабанно-дискового ротора та стяжного болта.	12	2	-	2	8
ТЕМА 11. Розрахунок корпусу на міцність та удар.	11	2	-	1	8
ТЕМА 12. Джерела збудження вібрації в авіаційних двигунах. Віброзміщення, віброшвидкість та віброприскорення. Призначення і специфіка вібродіагностування двигунів.	10	2	-	-	8
Модульний контроль	1	-	-	1	-
Усього годин за змістовим модулем 2	88	14	4	10	60
Усього годин	150	24	8	16	102

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок частот власних коливань робочих лопаток. Використання пакету SolidWorks для розрахунку лопаток компресорів та турбін.	2
2	Побудова частотної діаграми. Резонансні режими.	2
3	Види і форми власних коливань дисків. Розрахунок частот власних коливань дисків.	2
4	Розрахунок частот власних коливань оболонок. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань оболонок.	2
	Разом	8

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Коливання лопаток компресорів та турбін. Власні і зв'язані коливання робочих і нерухомих лопаток.	2
2	Вплив покриттів на частоту власних коливань робочих лопаток. Демпфування коливань за допомогою покриттів.	2
3	Боротьба з небезпечними коливаннями лопаток компресорів та турбін. Модульний контроль.	2
4	Розрахунок частот власних коливань дисків. Моделювання коливань та напружень в диску.	2
5	Побудова частотної діаграми коливань дисків. Визначення резонансних режимів.	2
6	Розрахунок частот власних коливань оболонок. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань оболонок.	2
7	Розрахунок на міцність барабанного, барабанно-дискового ротора та стяжного болта.	2
8	Розрахунок корпусу на міцність та удар. Модульний контроль.	2
	Разом	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Втомлені руйнування деталей ГТД. Види коливань. Порядок аналізу деталей ГТД на коливання	8
2	Коливання лопаток компресорів та турбін. Власні і зв'язані коливання робочих і нерухомих лопаток. Форми власних коливань робочих лопаток. Розрахунок частот власних коливань робочих лопаток. Використання методу скінчених елементів для розрахунку частот і форм власних коливань лопаток	10
3	Джерела збудження коливань лопаток компресорів і турбін. Побудова частотної діаграми. Резонансні режими. Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти власних коливань лопаток	8
4	Вплив покриттів на частоту власних коливань робочих лопаток. Демпфування коливань за допомогою покриттів	8
5	Динамічні напруження і запаси втомної міцності лопаток ГТД. Боротьба з небезпечними коливаннями лопаток компресорів та турбін в двигунах	8
6	Коливання дисків компресорів та турбін. Види і форми власних коливань дисків. Розрахунок частот власних коливань дисків	10
7	Хвилі, що бігуть по диску уперед і назад. Джерела збудження коливань дисків. Побудова частотної діаграми. Визначення резонансних режимів	8
8	Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань дисків, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями дисків компресорів та турбін в двигунах	10
9	Коливання оболонок авіаційних двигунів. Види і форми власних коливань оболонок. Розрахунок частот власних коливань оболонок. Циліндричні, конічні оболонки і оболонки з підкріпленням	8
10	Вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти коливань нерухомих оболонок і оболонок, що обертаються. Боротьба з небезпечними коливаннями оболонок авіаційних двигунів	8
11	Розрахунок корпусу на міцність та удар	8
12	Джерела збудження вібрації в авіаційних двигунах. Вібросміщення, віброшвидкість та віброприскорення. Призначення і специфіка вібродіагностування двигунів	8
	Разом	102

9. Індивідуальні завдання

Немає.

10. Методи навчання

Вивчення теоретичного матеріалу по курсу «Динаміка та міцність АД та ЕУ», лабораторні та практичні заняття, вивчення конструкції вузлів ГТД та методів розрахунків частот коливань деталей ГТД.

Питання для самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Форми власних коливань робочих лопаток.
2. Вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань робочих лопаток.
3. Відстроювання від резонансних частот коливань лопаток.
4. Конструктивні засоби боротьби з резонансними коливаннями робочих лопаток.

5. Визначення резонансних частот коливань робочих лопаток.
6. Побудова частотної діаграми коливань лопатки.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

7. Вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань дисків.
8. Визначення резонансних частот коливань дисків.
9. Частотна діаграма коливань диску.
10. Конструктивні засоби боротьби з резонансними коливаннями дисків.
11. Відстроювання від резонансних частот коливань дисків.
12. Форми власних коливань оболонок обертання.
13. Вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань оболонок.
14. Оцінка виброміцності деталей ГТД.

11. Методи контролю

Матеріал дисципліни розбито у кожному семестрі на два змістових модулі.

1. Коливання лопаток ГТД.
2. Коливання дисків ГТД. Коливання оболонок обертання.

Складання модулю: 1 – на 6-му тижні (один раз), складання модулю 2 – на 15-му тижні (один раз).

До складання модулів студент допускається за умов виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення лабораторних робіт – *письмово*, захист – *усно*.

07 семестр – *іспит*.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...5	5	20...25
Модульний контроль	6...14	1	6...14
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	4...5	7	28...35
Модульний контроль	6...14	1	6...14
Усього за семестр			60...100

Семестровий контроль (залік, іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до заліку, іспиту. Допуск надається за умов відпрацювання та здачі усіх лабораторних робіт.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох запитань. Запитання розподілено таким чином:

Перше запитання – змістовий модуль 1;

Друге запитання – змістовий модуль 2;

Третє запитання – змістовий модуль 3.

Додаткове запитання стосується аналізу впливу конструкційних і експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань деталей ГТД.

Максимальна кількість балів за кожне запитання – 25.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

– конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, вимоги норм льотної придатності, конструкцію вузлів та деталей цих двигунів;

– навантаження (статичні і динамічні), які діють на елементи ГТД, методи розрахунків деталей ГТД коливання, конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми динамічної міцності;

– методи визначення та аналізу сил вимушених коливань та сил демпфування, визначення резонансних режимів роботи двигуна, інженерні засоби боротьби з резонансами;

– вплив конструктивних та експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань елементів ГТД;

– з позиції користувача ПЕОМ – сучасний стан САПР-Д і перспективи його розвитку, використання його для розрахунків коливань.

вміти:

– обґрунтовувати вибір типу двигуна для конкретного літального апарата;

– виконувати порівняльну оцінку існуючих конструкцій двигунів;

– формувати технічні вимоги щодо розробки двигуна для конкретного типу літального апарата.

– визначати статичні і динамічні навантаження, які діють на елементи ГТД і літак від двигуна;

– обирати конструкційні матеріали, які використовуються у двигунах, норми міцності;

– виконувати розрахунки основних деталей двигуна на міцність;

– аналізувати вплив конструкційних і експлуатаційних факторів на напружено-деформований стан деталей двигуна;

– оцінювати вплив режимів роботи двигуна на малоциклову втому його деталей;

– урахувувати навантаження, які діють на літальний апарат від двигуна.

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та захистити індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу). Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Мати уяву про вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД різних типів.

Мати уяву про форми власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; відстроювання від резонансних частот коливань; конструктивні засоби боротьби з резонансними коливаннями; побудову частотної діаграми коливань для лопатки, диску і оболонки; динамічні властивості радіальних зазорів; принципи роботи облаштувань управління радіальними зазорами.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів.

Знати форми власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; відстроювання від резонансних частот коливань; конструктивні засоби боротьби з резонансними коливаннями; визначення резонансних частот коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; побудову частотної діаграми коливань для лопатки, диску і оболонки.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Виконати та добре або відмінно захистити індивідуальне завдання. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре»). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати вимоги норм льотної гідності; конструкцію авіаційних ГТД усіх типів, які призначаються для дозвукових та надзвукових авіаційних літальних апаратів, вимоги до двигунів різного призначення, конструкцію вузлів цих двигунів та деталей.

Знати форми власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; вплив конструктивних факторів на частоту власних коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; відстроювання від резонансних частот коливань; конструктивні засоби боротьби з резонансними коливаннями; визначення резонансних частот коливань робочих лопаток, дисків і оболонок; побудову частотної діаграми коливань для лопатки, диску і оболонки; оцінку виброміцності деталей ГТД.

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. Дидактичні матеріали (наочні посібники, плакати, ТЗН).
2. Розрізні макети газотурбінних двигунів в аудиторіях 103 та 124.
3. Лабораторне обладнання ауд. 136.
4. Повчальні програми з розрахунків частот коливань елементів ГТД.
5. Методичні навчальні посібники за темами та розділами курсу.
6. Повчальні програми з аналізу впливу конструктивних і експлуатаційних факторів на частоти і форми коливань деталей ГТД.

14. Рекомендована література

Базова

1. Чигрин, В. С. Конструкция и прочность авиационных двигателей [Текст] : консп. лекций / В. С. Чигрин. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», Запорожье : изд. АО «МОТОР СИЧ», 2017. – 420 с.
2. Гаркуша, А.И. Динамика и прочность деталей газотурбинных двигателей [Текст]: курс лекций / А.И. Гаркуша, В.С. Чигрин. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2011. – 131 с.
3. Чигрин, В. С. Экспериментальные и расчетные методы исследования динамики и прочности элементов ГТД [Текст] / В. С. Чигрин, А. И. Гаркуша, Ю. А. Гусев. – Х., Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ин-т». – 2013. – 72 с.

Допоміжна

1. Пономарев, Б. А. Настоящее и будущее авиационных двигателей [Текст] / Б. А. Пономарев. – М. : Воениздат, 1982. – 240 с.
2. Технічні описи авіаційних газотурбінних двигунів.

15. Інформаційні ресурси

Сайт бібліотеки ХАІ: <http://library.khai.edu>.

Сайт кафедри: <https://education.khai.edu/department/203>; <https://k203.khai.edu>.