

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В. В. Павліков

(підпис) (ініціали та прізвище)

2020 р.

Відділ аспірантури і докторантури

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки

Галузі знань: 14 Електрична інженерія

Спеціальність: 142 Енергетичне машинобудування

Освітня програма: «Енергетичне машинобудування»

Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

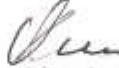
Форма навчання: денна
денна / заочна

Харків – 2020

РОБОЧА ПРОГРАМА
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки
(назва дисципліни)

для здобувачів за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування
 освітньої програми «Енергетичне машинобудування»

«1» липня 2020 р., – 11 с.

Розробник: професор кафедри, канд. техн. наук, доцент  О.В. Кіслов
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

Гарант ОНП зав. кафедри, д-р техн. наук, професор  С.В.Єпіфанов
(посада, науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (прізвище та ініціали)

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу
 аспірантури і докторантури



В. Б. Селевко

Голова наукового товариства
 здобувачів, аспірантів,
 докторантів і молодих вчених



Т. П. Старовойт

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 14 <u>«Електрична інженерія»</u> (шифр і назва)	Дисципліна вільного вибору здобувача
Кількість модулів – 2	Спеціальність: 142 <u>«Енергетичне машинобудування»</u> (шифр і назва)	Навчальний рік 2021 / 2022
Кількість змістових модулів – 6		Семестр
Індивідуальне завдання: (назва)		4-й
Загальна кількість годин – денна – 64*/150		Лекції * 32 год.
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи – 5,4	Рівень вищої освіти <u>Третій</u> (освітньо-науковий)	Практичні, семінарські * 32 год.
		Лабораторні * -
		Самостійна робота 86 год.
		Вид контролю іспит

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – $64 / 86 = 0,7$

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – теоретично і практично підготувати майбутніх фахівців до оцінки можливості та ефективності конвертування авіаційних двигунів в наземні газотурбінні приводи енергоустановок.

Завдання – вивчення особливостей робочого процесу та характеристик об'єкту конвертування (авіаційних двигунів), теорії функціональних модулів ГТД, шляхів конвертування авіаційних двигунів в наземні ГТУ та методів оцінки ефективності конвертованих двигунів.

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 напрямів 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 «Конверсія авіаційних двигунів в енергоустановки» базується на загальних знаннях з таких дисциплін як «Обробка та аналіз результатів наукових досліджень з використанням ІТ», «Управління науковими проектами», «Наукові проблеми забезпечення надійності, міцності та ресурсу об'єктів енергетичного машинобудування», «Наукові проблеми удосконалення робочих процесів об'єктів енергетичного машинобудування» та вибіркові компоненти переліка 2. Отримані знання є основою для успішної роботи над випускною роботою для отримання ступеня доктора філософії.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Тема 1. Об'єкт конвертування - авіаційні ГТД та особливості їх робочого процесу

Класифікація авіаційних ГТД. Области застосування авіаційних ГТД. Розрахункові режими роботи авіаційних ГТД. Особливості спільної роботи та характеристики ГТД (ТРДД з роздільним витіканням потоків; ТРДД зі змішуванням потоків; ТРД, як окремого випадка ТРДД, та ТВД і ТВад).

Тема 2. Функціональні модулі ГТД та їх характеристики

Поняття газогенератора (ГГ), генератора вільної роботи (ГСР) та генератора наявної роботи (ГРР). Характеристики ГГ при незмінному ступіні зниження тиску у турбіні. Вплив величини ступіня зниження тиску у турбіні на характеристику ГГ. Характеристики двовального ГГ. Характеристики генератора наявної роботи при незмінній площі критичного перерізу сопла та надкритичному перепаду тиску у соплі. Вплив площі критичного перерізу сопла та режиму роботи сопла на характеристику генератора наявної роботи.

Модульний контроль

Модуль 2

Тема 3. Конвертація ТРДД в наземні ГТУ шляхом видалення вентилятора

Конвертація двовального ТРДД в ГТУ з одновальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація трьохвального ТРДД в ГТУ з двовальним та одновальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Тема 4. Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД

Конвертація двовального ТРДД з підпорними ступенями в ГТУ з двовальним газогенератором і вільною турбіною. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація двовального ТРДД з підпорними ступенями в ГТУ з двовальним газогенератором і приводом споживача від турбіни низького тиску. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Особливості програми управління. Регулюючи фактори та регульовані параметри. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Конвертація ТРДД в ГТУ з вільною турбіною на базі ГРР ТРДД. Схеми ГРР (без змішування потоків, з камерою змішування, з форсажною камерою). Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Вплив камери змішування. Вплив форсажної камери. Використання регенерації тепла вихлопних газів. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Розрахунок змінення витрат повітря при конвертації.

Тема 5. Конвертація ТГД та турбовальних ГТД з вільною турбіною в наземні ГТУ

Особливості спільної роботи та характеристики авіаційних ТГД і турбовальних ГТД з вільною турбіною. Конвертація ТГД. Схеми ГТУ, що одержані шляхом конвертації ТГД. Елементи, що підлягають перепроєктуванню. Програми управління ГТУ різних схем. Змінення режиму роботи компресорів при конвертації. Шляхи забезпечення потрібного режиму роботи компресору. Шляхи забезпечення потрібної потужності та частоти обертання вільної турбіни.

Тема 6. Особливості перепроєктування функціональних елементів ТРДД та використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ

Особливості перепроєктування турбіни вентилятора у силову турбіну наземного ГТД. Особливості перепроєктування вихідного пристрою. Використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л	п	лаб	с.р.	ін.р
1	2	3	4	5	6	7
Семестр 4						
Модуль 1						
Тема 1. Об'єкт конвертування - авіаційні ГТД та особливості їх робочого процесу	28	8	-	-	20	-
Тема 2. Функціональні модулі ГТД та їх характеристики	44	8	16	-	20	-
Разом за модулем 1	72	16	16	-	40	-
Модуль 2						
Тема 3. Конвертація ТРДД в наземні ГТУ шляхом видалення вентилятора	36	4	16	-	16	-
Тема 4. Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД	14	4	-	-	10	-
Тема 5. Конвертація ТГД та турбовальних ГТД з вільною турбіною в наземні ГТУ	14	4	-	-	10	-
Тема 6. Особливості перепроєктування функціональних елементів ТРДД та використання характеристик функціональних модулів для розрахунку характеристик конвертованих ГТУ	14	4	-	-	10	-
Разом за модулем 2	78	16	16	-	46	-
Разом	150	32	32	-	86	-

5. Темі семінарських занять

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

6. Темі практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3
Семестр 4		
1	Характеристики одновального газогенератора ТРДД	16
2	Конвертація авіаційного ТРДД в ГТУ для енергетики. Характеристики конвертованої ГТУ	12
3	Проектування силової турбіни та вихідного дифузора ГТУ, конвертованої з авіаційного ТРДД	4
	Разом	32

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
	Семестр 4	
1	Т.1. Особливості робочого процесу ТРДД	4
2	Т.1. Особливості робочого процесу ТВaД з вільною турбіною	4
3	Т.1. термогазодинамічний розрахунок ТРДД	4
4	Т.1. визначення параметрів робочого процесу та параметрів каскадов компресорів та турбін на розрахунковому режимі роботи ТРДД	4
5	Т.1. розрахунок дросельної характеристики ТРДД	4
6	Т.2. побудова характеристик газогенератора ТРДД	20
7	Т.3. визначення параметрів ГТУ при параметрах на вході, що відповідають умовам перед ГГ ТРДД на його розрахунковому режимі роботи (математичне моделювання)	4
8	Т.3. визначення параметрів ГТУ в розрахункових умовах роботи ГТУ при такій же частоті обертання ГГ, як у ТРДД, та при частоті обертання, що забезпечує розрахунковий режим роботи ГГ (математичне моделювання)	6
9	Т.3. визначення параметрів ГТУ в розрахункових умовах роботи ГТУ при такій же частоті обертання ГГ, як у ТРДД, та при частоті обертання, що забезпечує розрахунковий режим роботи ГГ (за допомогою характеристик ГГ)	6
10	Т.4. Конвертація двовальних ТРДД в наземні ГТУ шляхом модифікації КНД	10
11	Т.5. Конвертація ГТД та турбовальних ГТД з вільною турбіною в наземні ГТУ	4
12	Т.5. визначення потрібної площі на виході з дифузору ГТД	2
13	Т.5. Розрахунок кліматичної характеристики конвертованого ГТД	4
14	Т.6. перепроєктування сопла ТРДД в вихідний пристрій конвертованого ГТД	2
15	Т.6. перепроєктування турбіни вентилятора ТРДД в силову турбіну конвертованого ГТД	2
16	Т.6. розрахунок питомих параметрів та характеристик конвертованого ГТД за допомогою характеристик ГГ	6
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

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

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 контрольні, 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 здобувачи

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

№	Елемент модуля	бали	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Модуль 1				
1	виконання практичної роботи	0 – 15	1	0 – 15
2	захист практичної роботи	0 – 12	1	0 – 12
3	робота на лекційних заняттях			0 – 3
4	<i>складання модульного контролю</i>	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 1				0 – 50
Модуль 2				
1	виконання практичної роботи	0 – 9	2	0 – 18
2	захист практичної роботи	0 – 4	2	0 – 8
3	конспект лекцій	0 – 4	1	0 – 4
4	<i>складання модульного контролю</i>	0 – 20	1	0 – 20
Разом за модуль 2				0 – 50
Всього за семестр				0 – 100

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- значення конвертації авіаційних ГТД в енергоустановки;
- схеми авіаційних ГТД та наземних енергоустановок;
- шляхи конвертації авіаційних ГТД;
- розрахункові режими роботи авіаційних ГТД, їх газогенераторів та елементів;
- характеристики авіаційних двигунів;
- розрахункові режими роботи наземних ГТУ;
- особливості роботи елементів конвертованої ГТУ на нерозрахункових режимах;

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- оцінювати фактори, що спричиняють відхилення режиму роботи газогенератору від розрахункового при конвертації авіаційних ГТД в енергетику;
- визначати режим роботи газогенератора конвертованої ГТУ;
- аналізувати ефективність різних шляхів конвертації авіаційних 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 конвертованих ГТД.

Добре (75-89). Володіти основними знаннями та уміннями, 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 конвертованих 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 конвертованих 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. Кіслов О.В., Филоненко О.О. Конвертування авіаційних ГТД в енергоустановки. Методичний посібник – Х.: ХАІ, 2009.-30 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510291369
2. Дослідження експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів. Ч. 1. Газотурбінні установки / О.Г. Волов, О.Д. Дегтярев, Г.В. Павленко. - Методичний посібник. - Х.: Нац. аерокосм, ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. - 57 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510225899
3. Дослідження експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів. Ч. 2. Силові установки літаків / О.Г. Волов, О.Д. Дегтярев, Г.В. Павленко. - Збірник лабораторних робіт. - Х.: Нац. аерокосм, ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. - 59 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510252279

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;
- каталоги інформаційних ресурсів.

14. Рекомендована література

Базова

1. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів / Л.Г. Бойко, Ю.М. Терещенко та ін. // Підручник. – К.: НАУ, 2013. 596 с.
2. Теорія авіаційних двигунів. – Частина 1. / Ю.Н. Нечаєв, Р.М. Федоров, В.Н. Котовський та ін. М.: ВПА ім. Н.С. Жуковського, 2006. – 366 с.
3. Кулагін В.В. Теорія, розрахунок і проектування авіаційних двигунів і енергетичних установок: В 3 кн. Основні проблеми. Початковий рівень проектування, газодинамічна доводка, спеціальні характеристики і конверсія авіаційних ГТД. – М.: Машинобудування, 2004. – Кн. 3. – 459 с.
4. Герасименко В.П. Теорія авіаційних двигунів. // Підручник – Х.: ХАІ, 2003.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=510098412
5. Кулагін В.В. Теорія, розрахунок і проектування авіаційних двигунів і енергетичних установок: - Кн. 1 "Основи теорії ГТД. Робочий процес і термогазодинамічний аналіз". - Кн. 2 "Спільна робота вузлів двигуна і його характеристики". - М.: Машинобудування, 2002. - 616 с
6. 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.
7. Павленко Г.В. Математичне моделювання авіаційних ГТД при дослідженні їх експлуатаційних характеристик. -Х.: ХАІ, 1986. - 123 с.
https://library.khai.edu/catalog?mode=DocBibRecord&lang=ukr&caller_mode=BookList&docid=67001153

Допоміжна

1. Терещенко Ю.М., Капітанчук К.І. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів. – К.: КІ ВПС, 1997.
2. Теорія і розрахунок повітряно-реактивних двигунів. /Под ред. С.М. Шляхтенко.– М.: Машинобудування, 1987.
3. Нечаєв Ю.Н., Федоров Р.М. Теорія авіаційних газотурбінних двигунів. – Частина 2. – М.: Машинобудування, 1978.
4. Теорія двоконтурних турбореактивних двигунів; під ред. С. М. Шляхтенко і А. В. Сосунова. – М.: Машинобудування, 1979.

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>