МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Аерокосмічний факультет
Кафедра авіаційних двигунів

УЗГОДЖЕНО
Проректор з наукової роботи
_____ Є. Романенко
«22» 09 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
_____ А. Полухін
«23» 09 2021 р.

УЗГОДЖЕНО
Декан аерокосмічного факультету
_____ М. Кулик
«22» 09 2021 р.

Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
« Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах»

Освітньо-наукова програма: «Енергетичне машинобудування»
Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»
Статус дисципліни: обов'язковий компонент

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/ кредитів ECTS)	Лекції	Практичні/ лабораторні заняття (семінари)	Самостійна робота	Форма семестрового контролю
Очна (денна/ вечірня)	3	90/3	10	20	60	Екзамен – 3 с
Заочна	3	90/3	6	4	80	Екзамен – 3 с

Індекс: НДФ–1–142/21–ОК 1.3.5
НДФ–1–142/21–ОК 1.3.5з

СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021

Робочу програму навчальної дисципліни «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах» розроблено на основі освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування», навчального № НДФ–1–142/21 та робочих № РДФ–1–142/21, № РДФ–1–142/21з навчальних планів підготовки здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Робочу програму розробив
професор _____ Ю. Терещенко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» – кафедри авіаційних двигунів, протокол № 10 від « 13 » 09 2021 р.

Завідувач кафедри _____ Ю. Терещенко

Гарант освітньо-наукової програми _____ Ю.Терещенко

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради аерокосмічного факультету, протокол № 1 від «20 » 09 2021 р.

Голова НМРР _____ К. Балалаєва

УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантурою та докторантурою _____ А. Лелеченко
« 21 » 09 2021 р.

Рівень документа – 3б
Плановий термін між ревізіями – 1 рік
Контрольний примірник

ЗМІСТ

стор.

Вступ 4

1. Пояснювальна записка 4
1.1. Мета та завдання навчальної дисципліни..... 4
1.2. Очікувані результати навчання 4
1.3. Передумови вивчення навчальної дисципліни..... 4
2. Зміст навчальної дисципліни..... 5
2.1. Програма навчальної дисципліни 5
2.2. Тематичний план навчальної дисципліни 7
2.3. Самостійна робота аспірантів..... 7
3. Навчально-методичні матеріали 8
3.1. Методи навчання 8
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна) 8
3.3. Інформаційні інтернет-ресурси..... 8
4. Система оцінювання результатів навчання 9
4.1. Засоби діагностики результатів навчальної діяльності 9
4.2. Форми контролю результатів навчання та їх оцінювання 9
4.3. Критерії оцінювання досягнень аспірантів..... 10

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах» розроблена на основі Методичних рекомендацій щодо розроблення робочих програм навчальних дисциплін з підготовки здобувачів ступеня доктора філософії у Національному авіаційному університеті, затверджених наказом ректора від 01.06.2021 р., №321/од.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Мета, завдання навчальної дисципліни

Метою викладання дисципліни є розкриття сучасних наукових концепцій, понять, методів та технологій, які використовуються при експлуатації газотурбінних двигунів на неусталених режимах роботи.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

– Ознайомлення з науковими концепціями, поняттями, методами та технологіями, які використовуються при експлуатації газотурбінних двигунів на неусталених режимах роботи.

1.2. Очікувані результати навчання

Навчальна дисципліна «**Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах**» дає можливість досягти таких *програмних результатів*:

Планувати і виконувати експериментальні та / або теоретичні дослідження з двигунобудування 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, застосовувати сучасні методи наукометрії та лідерство під час реалізації наукових проєктів.

Глибоко розуміти загальні принципи та методи технічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері двигунобудування та у викладацькій практиці.

Знати основні методи керування пограничним шаром у лопаткових машинах

Знати та розуміти: теоретичні підстави вирішення важливих науково-практичних завдань створення нового або оптимізацію існуючого елемента авіаційного двигуна та енергетичної установки.

Знати та розуміти особливості комплексної оцінки експлуатаційних показників авіаційних двигунів та енергетичних установок, їх вплив на забруднення навколишнього середовища.

Знати та розуміти теоретичні основи робочих процесів, конструкцію і призначення систем та елементів, особливості експлуатації авіаційних двигунів та енергетичних установок

Використовувати професійно-профільовані знання й практичні навички для підвищення енергетичної, економічної, екологічної ефективності, надійності та довговічності авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Використовувати професійно-профільовані знання й практичні навички для дослідження аеродинамічних і теплових процесів та вирішення практичних завдань в авіаційному двигунобудуванні.

Навчальна дисципліна «**Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах**» дає можливість здобути такі *компетентності*:

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у двигунобудуванні та дотичних до нього міждисциплінарних напрямах з авіації та суміжних галузей.

Здатність розробляти проекти в області авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Здатність до розробки методів реалізації і моделюванню процесів в авіаційних двигунах та енергетичних установках.

1.3. Передумови вивчення навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах» базується на знаннях таких дисциплін: «Філософія науки та інновацій», «Системно-синергетичне моделювання об'єктів досліджень та математичні методи обробки даних за спеціальністю «Енергетичне машинобудування», "Прикладна аеротермогазодинаміка", "Аероакустика газотурбінних двигунів" та слугує основою для вивчення дисциплін з циклу вибіркових дисциплін з рекомендованого каталогу та написання дисертаційного дослідження.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Програма навчальної дисцинліни

Навчальний матеріал дисципліни складається з одного навчального модуля №1 «**Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах**», який є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни.

Модуль №1 «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах»

Інтегровані вимоги:

– мати передові концептуальні та методологічні знання з двигунобудування і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напряму, отримання нових знань та здійснення інновацій.

Тема 1. Основні проблеми вдосконалення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Предмет та зміст навчальної дисципліни. Значення і місце дисципліни в плані підготовки фахівця. Короткий історичний нарис вирішення проблеми газодинамічної стійкості газотурбінних двигупів. Роль вітчизняних вчених у вирішенні проблеми газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів

Тема 2. Методи забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Характеристики газотурбінних двигунів. Визначення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів. Загальна картина течії в елементах газотурбінного двигуна. Сумісна робота елементів газотурбінного двигуна. Лінія робочих режимів газотурбінного двигуна на неусталених режимах. Визначення запасу газодинамічної стійкості газотурбінного двигуна. Завдання та методи забезпечення стійкої роботи газотурбінних двигунів.

Тема 3. Режими запирання течії в осьовому багатоступінчастому компресорі.

Основні параметри та характеристики компресорів. Критичні режими течії в лопаткових вінцях осьового компресора. Течія в дозвукових та надзвукових ступенях осьового компресора. Режими запирання течії в ступенях осьового компресора. Узагальнені характеристики режимів запирання течії в компресорних решітках.

Тема 4. Газодинамічній вплив на течію в осьовому компресорі на неусталених режимах.

Течія реального газу в лопаткових вінцях ступенів осьового компресора на неусталених режимах. Кільцевий вдув в осьовому компресорі. Вплив кільцевого вдування на газодинамічну стійкість осьового компресора. Характеристики ступенів осьового компресора із газодинамічним впливом на течію.

Тема 5. Біфуркаційні характеристики компресора газотурбінного двигуна.

Концепція біфуркацій характеристик багатоступінчастого осьового компресора газотурбінного двигуна. Вплив аеродинамічних слідів за елементами проточної частини осьового компресора на газодинамічну стійкість осьового компресора. Аналіз сумісної роботи елементів газотурбінного двигуна з урахуванням біфуркацій характеристик компресора. Методи та засоби газодинамічного впливу на газодинамічну стійкість компресорів газотурбінних двигунів.

2.2. Тематичний план навчальної дисципліни

№ пор	Назва теми (тематичного розділу)	Обсяг навчальних занять (год.)							
		Очна форма навчання				Заочна форма навчання			
		Усього	Лекції	Практ./лабор. заняття семінари)	СРС	Усього	Лекції	Практ./лабор. заняття семінари)	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Модуль №1 «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах»									
1.1	Основні проблеми вдосконалення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів	18	2	4	12	18	2	–	16
1.2	Методи забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів	18	2	4	12	18	–	2	16
1.3	Режими запирання течії в осьовому багатоступінчастому компресорі	18	2	4	12	18	–	2	16
1.4	Газодинамічній вплив на течію в осьовому компресорі на неусталених режимах	12	2	2	8	11	–	–	11
1.5	Біфуркаційні характеристики компресора газотурбінного двигуна								
1.6	Модульна контрольна робота	–	–	–	–	7	2	–	5
1.7	Підсумкова контрольна робота	6	–	2	4	–	–	–	–
Усього за модулем №1		**90**	**10**	**20**	**60**	**90**	**6**	**4**	**80**
Усього за навчальною дисципліною		**90**	**10**	**20**	**60**	**90**	**6**	**4**	**80**

2.3. Самостійна робота аспірантів.

Самостійна робота з дисципліни складається з таких видів роботи:

1). Моделювання течії в компресорі на режимах запирання.

2). Аналіз нових методів та пристроїв для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Завдання №1 виконується з метою оволодіння навиками дослідження параметрів течії в компресорі на режимі запирання.

Завдання №2 виконується з метою ознайомлення з новими тенденціями, новими методами та пристроями для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Орієнтовна тематика рефератів / завдання для виконання контрольних робіт / перелік питань для підготовки до екзамену тощо розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми, затверджується на засіданні кафедри та доводяться до відома аспірантів. При здійсненні самостійної роботи аспіранти мають керуватися відповідними методичними рекомендаціями кафедри.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни «**Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах** » використовуються такі методи навчання:

– пояснювально-ілюстративний метод;
– метод проблемного викладання;
– репродуктивний метод;
– дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному розв'язанні завдань, роботі з навчальною літературою, аналізі та розв'язанні завдань з оцінкою безпеки експлуатації технологічного обладнання.

3.2. Рекомендована література

3.2.1. Базова література

1). Теорія теплових двигунів. / під ред. Ю. М. Терещенко. – К.: Вища школа, 2001. – 382 с.

2). Аэродинамика компрессоров с управлением отрывом потока. / монографія / Ю. М. Терещенко, М. М. Митрахович – К.: Труды Института математики Национальной академии наук Украины, 1996. – 248 с.

3). Аэродинамические следы в компрессорах газотурбинных двигателей. монография / Под ред. Ю. М. Терещенко. – К.: НАУ, 2012. – 232 с.

4). Аэродинамика компрессоров газотурбинных двигателей с газодинамическим управлением течения. / под ред. Ю. М. Терещенко. – Запорожье: АТ «Мотор Січ», 2019. – 406 с.

3.2.2. Допоміжна література

1). Аэродинамика в вопросах и задачах /под ред. Н. Ф. Краснова. – М.: Высш. шк., 1985. – 563 с.

2). Терещенко Ю. М. Аэродинамическое совершенствование лопаточных аппаратов компрессоров. – М.: Машиностроение, 1988. – 168 с.

3.3. Інформаційні інтернет-ресурси

1). Вісник двигунобудування. / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://journal.zntu.edu.ua/vd/index.php?page=index

2). Авіаційно-космічна техніка і технологія / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: https://khai.edu/ua/nauka/naukovi-vidannya/aviacijno-kosmichna-tehnika-i-tehnologiya/arhiv4/.

4. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

4.1. Засоби оцінювання результатів навчальної діяльності.

Діагностика навчальних досягнень аспірантів здійснюється шляхом обов'язкового виконання аспірантами таких видів начальної діяльності:

Самостійна робота з дисципліни складається з таких видів роботи:

1). Моделювання течії в компресорі на режимах запирання.

2). Аналіз нових методів та пристроїв для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Завдання №1 виконується з метою оволодіння навиками дослідження параметрів течії в компресорі на режимі запирання.

Завдання №2 виконується з метою ознайомлення з новими тенденціями, новими методами та пристроями для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

Діяльність №1. Моделювання течії в компресорі на режимах запирання..

Діяльність №2. Аналіз нових методів та пристроїв для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.

4.2. Форми контролю результатів навчання та їх оцінювання

4.2.1. Оцінювання навчальної роботи аспіранта здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

Вид навчальної діяльності	Максимальна кількість балів	
	Очна форма навчання	Заочна форма навчання
Модуль №1. «**Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах** »		
Діяльність №1. Моделювання течії в компресорі на режимах запирання.	30	20
Діяльність №2. Аналіз нових методів та пристроїв для забезпечення газодинамічної стійкості газотурбінних двигунів.	30	20
Модульна контрольна робота	–	20
Підсумкова контрольна робота	20	–
Всього за модулем	**80**	**60**
Екзамен	**20**	**40**
Підсумкова рейтингова оцінка	**100**	

4.2.2. Переведення підсумкової рейтингової оцінки в балах в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS здійснюється відповідно до табл. 4.2.

4.2.3. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, індивідуального навчального плану аспіранта та до академічної довідки про виконання освітньо-наукової програми.

Таблиця 4.2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	**Відмінно** (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	**Дуже добре** (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	**Добре** (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	**Задовільно** (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	**Достатньо** (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	**Незадовільно** (з можливістю повторного складання)
1-34		F	**Незадовільно** (з обов'язковим повторним курсом)

4.3. Критерії оцінювання досягнень аспірантів.

4.3.1. Критерієм успішного проходження аспірантом оцінювання є досягнення ним мінімальних рівнів оцінок за кожним запланованим видом навчальної діяльності.

Виконані види навчальної роботи зараховуються аспіранту, якщо він отримав за них позитивну оцінку (за національною шкалою) відповідно до даних табл. 4.3.

4.3.2. Аспірант допускається до виконання модульної контрольної роботи за умови наявності у нього поточної модульної рейтингової оцінки величиною не менше 60% максимальної поточної модульної рейтингової оцінки.

Слід мати на увазі, що отримання аспірантом лише мінімальних оцінок за виконання окремих видів навчальної роботи з певного модуля може виявитися недостатнім для отримання допуску до виконання модульної контрольної роботи

та потребуватиме виконання ним додаткового індивідуального завдання, захистити його з позитивною оцінкою в балах, яка буде додана до поточної модульної рейтингової оцінки.

4.3.3. До екзамену аспірант допускається за умови отримання позитивних (за національною шкалою) контрольних модульних рейтингових оцінок.

У разі отримання незадовільних контрольної модульної чи екзаменаційної рейтингових оцінок аспірант повинен повторно пройти відповідний контроль в установленому порядку. При повторному його проходженні максимальна величина рейтингової оцінки в балах не повинна перевищувати максимальне значення оцінки «Добре» за національною шкалою.

Таблиця 4.3

Відповідність рейтингових оцінок за окремі види навчальної роботи в балах оцінкам за національною шкалою

Рейтингова оцінка в балах						Оцінка за національною шкалою
Оцінка за діяльність 1		Оцінка за діяльність 2		Модульна контрольна оцінка	Підсумкова контрольна оцінка	
Очна форма навчання	Заочна форма навчання	Очна форма навчання	Заочна форма навчання			
27-30	18-20	27-30	18-20	18-20	18-20	Відмінно
23-26	15-17	23-26	15-17	15-17	15-17	Добре
18-22	12-14	18-22	12-14	12-14	12-14	Задовільно
менше 18	менше 12	менше 18	менше 12	менше 12	менше 12	Незадовільно

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайом-лення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульо-ваного			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				