

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



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

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

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



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Аероакустика газотурбінних двигунів»

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)	2	90/3	10	20	60	Екзамен – 2 с
Заочна	2	90/3	6	4	80	Екзамен – 2 с

Індекс: НДФ-1-142/21-ОК 1.3.3
НДФ-1-142/21-ОК 1.3.3з

СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021
		Стор. 2 із 11	

Робочу програму навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів» 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 кафедри авіаційних двигунів _____ К.Балалаєва

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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021
		Стор. 3 із 12	

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	5
2. Зміст навчальної дисципліни	5
2.1. Програма навчальної дисципліни	5
2.2. Тематичний план навчальної дисципліни	6
2.3. Самостійна робота аспірантів	7
3. Навчально-методичні матеріали	7
3.1. Методи навчання	7
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	8
3.3. Інформаційні інтернет-ресурси	8
4. Система оцінювання результатів навчання	8
4.1. Засоби діагностики результатів навчальної діяльності	8
4.2. Форми контролю результатів навчання та їх оцінювання	8
4.3. Критерії оцінювання досягнень аспірантів	9

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021
		Стор. 4 із 12	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів» 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 навчальної дисципліни є формування системи уявлень про основні джерела шуму двигунів, методикку визначення шуму вентилятора, реактивного струменя, камери згоряння і газової турбіни, а також про методи і засоби зниження шуму.

Завданнями навчальної дисципліни є:


- теоретична підготовка з питань загальних тенденцій щодо вимог до рівня шуму авіаційних двигунів та енергетичних установок літальних апаратів;
- вивчення особливостей здійснення наукових досліджень з питань зменшення шуму авіаційних двигунів та енергетичних установок літальних апаратів;
- опанування методів моделювання шуму авіаційних двигунів та енергетичних установок літальних апаратів.
- Предметом навчальної дисципліни є система методів визначення и зменшення шуму авіаційних двигунів та енергетичних установок літальних апаратів.

1.2. Очікувані результати навчання

Навчальна дисципліна «Аероакустика газотурбінних двигунів» 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.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021
		Стор. 5 із 12	

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.

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

Навчальна дисципліна «Аероакустика газотурбінних двигунів» дає можливість здобути такі *компетенції*:

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

Здатність розробляти проекти в області авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Здатність розробляти та проектувати заходи безпеки навколишнього середовища від шкідливих викидів 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 «Аероакустика газотурбінних двигунів» базується на знаннях таких дисциплін: «Філософія науки та інновацій», «Системно-синергетичне моделювання об'єктів досліджень та математичні методи обробки даних за спеціальністю «Енергетичне машинобудування» та слугує основою для вивчення таких дисциплін: «Аеротермогазодинаміка газотурбінних двигунів», «Робота газотурбінних двигунів на неусталених режимах».


2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Програма навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни складається з одного навчального модуля №1 «Аероакустика газотурбінних двигунів», яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни.

Модуль №1 «Аероакустика газотурбінних двигунів»

Інтегровані вимоги:

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021
		Стор. 6 із 12	

– 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 напрямку, отримання нових знань та здійснення інновацій.

Тема 1. Проблема авіаційного шуму.

Предмет та зміст навчальної дисципліни. Проблема авіаційного шуму на місцевості. Нормування авіаційного шуму. Статистичний підхід до оцінювання рівня шуму. Одиниці оцінювання шуму літаків. Методи акустичної сертифікації повітряних суден. Значення і місце дисципліни в плані підготовки фахівця. Короткий історичний нарис розвитку аероакустики газотурбінних двигунів.

Тема 2. Випромінювання звуку. Методи дослідження.

Випромінювання звуку. Елементарні джерела шуму: монополь, диполь, квадруполь.

Потенціал джерела, коливальна швидкість, звуковий тиск, інтенсивність звуку та потужність джерела. Близьке та далеке акустичне поле. Просторово-часові характеристики шуму літаків на місцевості. Вдосконалення параметрів та характеристик газотурбінних двигунів газодинамічними методами. Кінематичні характеристики газового потоку. Загальна картина течії в газотурбінному двигуні. Течія реального газу в каналах з теплообміном та тертям. Завдання та методи вдосконалення параметрів та характеристик газотурбінних двигунів газодинамічними методами.

Тема 3. Характеристики шуму двоконтурних турбореактивних двигунів.

Основні характеристики шуму сучасних ТРДД в статичних умовах. Джерела шуму ТРДД та загальна характеристика джерел шуму.

Тема 4. Генерація шуму газотурбінного двигуна.

Генерація шуму турбулентним потоком. Неоднорідне хвильове рівняння. Основні закономірності шуму: потужність, спрямованість та спектр акустичного випромінювання затопленого струменя та струменя в супутньому потоці.

Тема 5. Акустичні характеристики вентилятора ТРДД.

Структура потоку в осьовому вентиляторі ТРДД. Вплив зовнішніх умов на акустичні характеристики вентилятора ТРДД. Газогенератор ТРДД. Енергетичні характеристики основних джерел випромінювання (компресор, камера згоряння, газова турбіна). Методи розрахунку шуму. Методи зниження шуму ТРДД. Реактивний струмінь. Глушники шуму акустичного та механічного типу. Зниження шуму в джерелах (компресорах та турбінах). Системи шумоглушення активного та пасивного типів. Звукопоглинальні конструкції.



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 «Аероакустика газотурбінних двигунів»										
1.1	Проблема авіаційного шуму	18	2	4	12	18	2	–	16	
1.2	Випромінювання звуку. Методи дослідження	18	2	4	12	18	–	2	16	
1.3	Характеристики шуму ТРДД	18	2	4	12	18	2	–	16	
1.4	Генерація шуму газотурбінного двигуна	18	2	4	12	18	–	2	16	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.5	Акустичні характеристики вентилятора ТРДД	12	2	2	8	11	–	–	11	
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). Виконання критичного аналізу стану проблеми зниження авіаційного шуму літаків.

2). Моделювання шуму вентилятора газотурбінного двигуна в джерелі.

Завдання №1 виконується з метою виявлення сучасних тенденцій та актуальних розробок і технічних рішень для вирішення проблеми зниження авіаційного шуму літаків.

Завдання №2 виконується з метою ознайомлення з методикою моделювання шуму в джерелі вентилятора газотурбінного двигуна методами чисельного експерименту.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021
		Стор. 8 із 12	

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 «Аероакустика газотурбінних двигунів» 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). В.С. Дідковський Основи акустичної екології: навчальний посібник / Дідковський В.С., Акименко В.Я, Запорожець О.І., Савін В.Г. – Кіровоград.: Імекс ЛТД, 2002. – 520 с.
- 2). Токарев В.И., Запорожец А.И., Страхолес В.А. Снижение шума при эксплуатации пассажирских самолетов.- К.: Техника, 1990.-127 с.
- 3). Авиационная акустика. Под ред. А.Г. Мунина, В.Е. Квитки. М., 1973.
- 4). Снижение шума самолетов с реактивными двигателями. Под ред. А.М. Мхитаряна. - М., 1975.
- 5). Авиационная акустика. Часть 1 «Шум на местности дозвуковых пассажирских самолетов и вертолетов». Под ред. А.Г. Мунина. М., 1986.
- 6) Аэродинамика компрессоров газотурбинных двигателей с газодинамическим управлением течением. / Под ред. Ю.М. Терещенко. – Запорожье. АТ «Мотор Січ», 2019. – 408 с.
- 7). Аэродинамические следы в компрессорах газотурбинных двигателей / Под ред. Ю. М. Терещенко. – К.: НАУ, 2012. – 232 с.

3.2.2. Допоміжна література

- 1). Doroshenko, E. Research into aero acoustic characteristics of two-row impellers of the axial compressor / E. Doroshenko, Y. Tereshchenko, I. Lastivka, I. Kudzinovs'ka // EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. – 2018. – V. 2. – N. 8–92. P. 21–24. doi: 10.15587/1729-4061.2018.125697.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021
		Стор. 9 із 12	

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

3.3. Інформаційні інтернет-ресурси

1). Акустичний журнал. / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <http://www.akzh.ru/>.

2). Springer / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: <https://www.springer.com/gp/search?query=acoustics&submit=%D0%9E%D1%82%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D1%82%D1%8C>.

4. СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

4.1. Засоби оцінювання результатів навчальної діяльності.

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

Діяльність №1. Виконання критичного аналізу стану проблеми зниження авіаційного шуму літаків.


Діяльність №2. Моделювання шуму вентилятора газотурбінного двигуна в джерелі.

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. «Аероакустика газотурбінних двигунів»		
Діяльність №1. Критичний аналіз стану проблеми зниження авіаційного шуму літаків	30	20
Діяльність №2. Моделювання шуму вентилятора газотурбінного двигуна в джерелі	30	20
Модульна контрольна робота	–	20
Підсумкова контрольна робота	20	–
Всього за модулем	80	60
Екзамен	20	40
Підсумкова рейтингова оцінка	100	

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021
		Стор. 10 із 12	

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

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)

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


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,

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021
		Стор. 11 із 12	

захистити його з позитивною оцінкою в балах, яка буде додана до поточної модульної рейтингової оцінки.


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

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.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Аероакустика газотурбінних двигунів»	Шифр документа	СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021
		Стор. 12 із 12	

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

(Ф 03.02 – 01)

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

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

(Ф 03.02 – 02)

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

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

(Ф 03.02 – 04)

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

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

(Ф 03.02 – 03)

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

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

(Ф 03.02 – 32)

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				