

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний авіаційний університет

Аерокосмічний факультет
Кафедра авіаційних двигунів

УЗГОДЖЕНО

Проректор з наукової роботи

_____ Є. Романенко

« 24 » 09 2021 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

_____ А. Полухін

« 24 » 09 2021 р.



УЗГОДЖЕНО

Декан аерокосмічного факультету

_____ М. Кулик

« 24 » 09 2021 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА

навчальної дисципліни

«Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок»

Освітньо-наукова програма: «Енергетичне машинобудування»

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»

Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»


Статус дисципліни: варіативний компонент

| Форма навчання | Семестр | Усього (годин/кредитів ECTS) | Лекції | Практичні/ лабораторні заняття (семінари) | Самостійна робота | Форма семестрового контролю |
|----------------------|---------|------------------------------|--------|---|-------------------|-----------------------------|
| Очна (денна/вечірня) | 2 | 150/5 | 20 | 30 | 100 | Залік – 4 с |
| Заочна | 2 | 150/5 | 6 | 10 | 134 | Залік – 4 с |

Індекс: НДФ-1-142/21-ОК 2.1.2

НДФ-1-142/21-ОК 2.1.2з

СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021

| | | | |
|---|--|----------------|----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 2 із 11 | |

Робочу програму навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» розроблено на основі освітньо-наукової програми «Енергетичне машинобудування», навчального №НДФ–1–142/21 та робочих № РДФ–1–142/21, № РДФ–1–142/21 з навчальних планів підготовки здобувачів ступеня доктора філософії за спеціальністю 142 «Енергетичне машинобудування».

Робочу програму розробив
 професор кафедри авіаційних двигунів _____ К. Балаласва
 завідувач кафедри авіаційних двигунів _____ 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» вересня 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. Балаласва


УЗГОДЖЕНО

Завідувач аспірантурою та докторантурою А. Лелеченко А. Лелеченко
 «23» 09 2021 р.

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 3 із 11 | |

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 «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 4 із 11 | |

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» 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 щодо дослідження шляхів покращення параметрів та характеристик двигунів та енергетичних установок шляхом застосування енергетичного впливу на течію.

Завданнями навчальної дисципліни є оволодіти знаннями щодо параметрів та характеристик елементів двигунів з енергетичним впливом на течію.

1.2. Очікувані результати навчання

Навчальна дисципліна «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» дає можливість досягти таких *програмних результатів*:

Знати та розуміти енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок та вміти застосовувати отримані знання для вирішення практичних задач щодо покращення параметрів та характеристик двигунів та енергетичних установок.

В процесі вивчення дисципліни аспіранти отримують наступну *компетентність*: здатність до вирішення задач щодо покращення параметрів та характеристик двигунів та енергетичних установок шляхом застосування енергетичних методів впливу на течію.


1.3. Передумови вивчення навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» базується загальних та фахових знаннях у сфері двигунобудування. Знання з дисципліни можуть бути використані при написанні дисертаційної роботи.

2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Програма навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни складається з одного навчального модуля №1 «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та

| | | | |
|---|--|-------------------|-----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03– 01-2021 |
| | | Стор. 5 із 11 | |

енергетичних установок», який є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни.

Модуль №1 «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок»

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 напрямку, отримання нових знань та здійснення інновацій.

Тема 1. Енергетичний вплив на течію у вхідних пристроях. Енергетичний вплив на течію в камерах згоряння.


Вступ. Основні методи управління пограничним шаром. Методи енергетичного впливу на течію у вхідних пристроях. Методи енергетичного впливу на течію в камерах згоряння.

Тема 2. Енергетичний вплив на течію у компресорах.

Задачі енергетичного впливу на течію у компресорах. Активні і пасивні методи управління пограничним шаром в елементах компресора. Вплив управління пограничним шаром в компресорі на акустичні характеристики.

Тема 3. Енергетичний вплив на течію в газових турбінах. Енергетичний вплив на течію у вихідних пристроях.

Задачі управління пограничним шаром в елементах газових турбін та вихідних пристроях. Активні і пасивні методи управління пограничним шаром в елементах турбіни та вихідних пристроях.

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021 |
| | | Стор. 6 із 11 | |

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 | Енергетичний вплив на течію у вхідних пристроях. Енергетичний вплив на течію в камерах згорання. | 50 | 8 | 10 | 32 | 50 | 2 | 2 | 46 | |
| 1.2 | Енергетичний вплив на течію у компресорах. | 50 | 8 | 10 | 32 | 50 | 2 | 4 | 44 | |
| 1.3 | Енергетичний вплив на течію в газових турбінах. Енергетичний вплив на течію у вихідних пристроях. | 44 | 4 | 8 | 32 | 44 | 2 | 2 | 40 | |
| 1.6 | Модульна контрольна робота | - | - | - | - | 6 | - | 2 | 4 | |
| 1.7 | Підсумкова контрольна робота | 6 | - | 2 | 4 | - | - | - | - | |
| Усього за модулем №1 | | 150 | 20 | 30 | 100 | 150 | 6 | 10 | 134 | |
| Усього за навчальною дисципліною | | 150 | 20 | 30 | 100 | 150 | 6 | 10 | 134 | |

2.3. Самостійна робота аспірантів.

Самостійна робота з дисципліни складається з таких видів роботи:


1). Підготовка літературного огляду стану проблеми управління пограничним шаром в елементах газотурбінного двигуна.

2). Моделювання течії у вхідному пристрої з енергетичним впливом на течію.

Завдання №1 виконується з метою виявлення сучасних тенденцій та актуальних розробок і технічних рішень для вирішення проблеми управління пограничним шаром в елементах газотурбінного двигуна.

Завдання №2 виконується з метою ознайомлення з методикою моделювання течії у вхідному пристрої з енергетичним впливом на течію.

Орієнтовна тематика рефератів / завдання для виконання контрольних робіт / перелік питань для підготовки до екзамену тощо розробляються провідним

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 7 із 11 | |

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 «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» 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) Аэродинамика компрессоров газотурбинных двигателей с газодинамическим управлением течением. / Под ред. Ю.М. Терещенко. – Запорожье. АТ «Мотор Січ», 2019. – 408 с.
- 2). Аэродинамические следы в компрессорах газотурбинных двигателей / Под ред. Ю. М. Терещенко. – К.: НАУ, 2012. – 232 с.
- 3). Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Москва: Наука, 1974. – 712 с.
- 5). Чжен П. К.Отрывные течения: монография в 3-х томах/ перевод с англ.: Голубинского А. И.; под ред.: Майкапа Г. И. – Москва: Мир, 1972.
- 6). Терещенко Ю.М., Мітрахович М.М. Авіаційні газотурбінні двигуни, Київ, ІВВЦ, 2001, 302 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.
- 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://vd.zntu.edu.ua/>

| | | | |
|---|--|-------------------|----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 8 із 11 | |

2). Springer / [Електронний ресурс]. - Режим доступу:
<https://www.springer.com/gp/search?query=boundary+layer+control&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. Підготовка літературного огляду стану проблеми управління пограничним шаром в елементах газотурбінного двигуна.

Діяльність №2. Моделювання течії у вхідному пристрої з енергетичним впливом на течію.

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. «Аеродинаміка осевих компресорів газотурбінних двигунів» | | |
| Діяльність №1. Підготовка літературного огляду стану проблеми управління пограничним шаром в елементах газотурбінного двигуна. | 30 | 20 |
| Діяльність №2. Моделювання течії у вхідному пристрої з енергетичним впливом на течію. | 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.

| | | | |
|--|--|-------------------|----------------------------------|
| | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03–01-2021 |
| | | Стор. 9 із 11 | |

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

| | | | |
|---|--|-------------------|-----------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03– 01-2021 |
| | | Стор. 10 із 11 | |


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 «Енергетичні методи впливу на параметри та характеристики двигунів та енергетичних установок» | Шифр документа | СМЯ НАУ РПДН 07.01.03-01-2021 |
| | | Стор. 11 із 11 | |

(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 ознайомлення | 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 | Анульованого | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

| | Підпис | Ініціали, прізвище | Посада | Дата |
|-----------|--------|--------------------|--------|------|
| Розробник | | | | |
| Узгоджено | | | | |
| Узгоджено | | | | |