

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний авіаційний університет  
Навчально-науковий Аерокосмічний інститут  
Кафедра авіаційних двигунів



ЗАТВЕРДЖУЮ\*

В.о. ректора

« 26 » 10 2017 р.



Система менеджменту якості

## НАВЧАЛЬНА ПРОГРАМА

підготовки докторів філософії  
з навчальної дисципліни

**«Фізичне та математичне моделювання процесів в газотурбінних  
двигунах і енергетичних установках»**

Галузь знань: 14 «Електрична інженерія»  
Спеціальність: 142 «Енергетичне машинобудування»  
Спеціалізація: «Газотурбінні установки і компресорні станції»

Семестр – 3

Аудиторні заняття – 18 Екзамен – 3 семестр

Самостійна робота – 72  
Усього (годин/кредитів ECTS) – 90/3

Індекс НДФ-14-142/16-2.1.4.

СМЯ НАУ НІ 07.01.03-01-2017



Навчальну програму дисципліни «Фізичне та математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках» розроблено на основі освітньо-наукової програми, навчального плану НДФ-14-142/16 від 29.09.16 підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії, спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування», спеціалізації «Газотурбінні установки і компресорні станції». Програма розроблена на основі **Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої навчальної програми дисципліни СМЯ МВ 03.02.(01)-03-2015 НАУ** та відповідних нормативних документів.

Навчальну програму розробив:  
доцент кафедри авіаційних двигунів

К. Дорошенко

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні кафедри авіаційних двигунів, протокол № 7 від «26» червня 2017 р.

Завідувач кафедри

М. Кулик

Навчальну програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради Навчально-наукового Аерокосмічного інституту, протокол № 11 від «05» 07 2017 р.

Голова НМРР

В. Кравцов

УЗГОДЖЕНО  
Директор Навчально-наукового  
Аерокосмічного інституту

  
«31» 08

В. Шмаров  
2017 р.

УЗГОДЖЕНО  
Директор Центру  
новітніх технологій

  
«25» 10

В. Казак  
2017 р.

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



## 1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

Навчальна програма навчальної дисципліни «Фізичне та математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках» розроблена на основі «Методичних вказівок до розроблення та оформлення навчальної та робочої навчальної програм дисциплін», введених в дію розпорядженням від 16.06.2015 №37/роз.

Дисципліна «Фізичне та математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках» відноситься до циклу дисциплін вільного вибору інституту.

Знання основ теорія фізичного та математичного моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках дадуть можливість аспірантам самостійно вирішувати професійні завдання. Матеріали дисципліни дадуть можливість аспіранту глибше уявити роль та значення фахівця в системі енергомашинобудування, розширити коло знань з суміжним спеціальностям.

Метою викладання дисципліни є формування системи знань і умінь щодо застосування основних положень фізичного та математичного моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках для вирішення наукових задач у проблемі вдосконалення параметрів та характеристик теплових двигунів широкого спектру призначення.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

– оволодіння навичками творчого використання евристичних прийомів і алгоритмів, методів і засобів теоретичних і прикладних дисциплін, сучасних можливостей обчислювальної техніки і прикладного програмного забезпечення для розв'язання практичних задач вдосконалення параметрів та характеристик газотурбінних двигунів та енергетичних установок.

У результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

### **Знати:**

– сучасні методи та засоби фізичного та математичного моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках;

### **Вміти:**

– моделювання процесів в елементах газотурбінних двигунів та енергетичних установках.

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів: модуль №1 «Фізичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках», модуль №2 «Математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і



енергетичних установках», що є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Навчальна дисципліна «Фізичне та математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках» базується на знаннях таких дисциплін, як «Філософсько-світоглядні засади сучасної науки і цивілізації», «Сучасні методи моделювання в наукових дослідженнях», «Термогазодинаміка газотурбінних двигунів і енергетичних установок» є базою для вивчення дисциплін, «Експлуатаційна надійність вузлів і систем двигунів і енергетичних установок», «Експлуатація та ремонт двигунів та енергоустановок», «Системи і агрегати двигунів і енергоустановок», «Діагностика технічного стану двигунів і енергоустановок», а також є основою для забезпечення виконання наукових досліджень аспірантами за напрямом, що обрано.

## **2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **2.1. Модуль №1 «Фізичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках»**

#### **Тема 2.1.1. Вступ. Основи фізичного моделювання.**

Вступ. Основи фізичного моделювання. Основні етапи фізичного експерименту. Планування фізичного експерименту. Основи теорії подібності. Критерії подібності. Теореми подібності.

#### **Тема 2.1.2. Фізичний експеримент.**

Фізичний експеримент. Теорія і техніка експериментальних досліджень. Експеримент і практиці двигунобудування. Класифікація видів експериментальних досліджень. Похибка результатів експериментальних досліджень. Стенди для фізичних досліджень в елементах газотурбінного двигуна.

### **2.2. Модуль №2 «Математичне моделювання процесів в газотурбінних двигунах і енергетичних установках»**

#### **Тема 2.2.1. Основи математичного моделювання.**

Основні гіпотези і визначення. Рівняння Нав'є – Стокса. Огляд чисельних методів. Поняття дискретизації. Метод кінцевих різниць. Метод кінцевих об'ємів. Метод кінцевих елементів. Побудова сіток. Загальні положення. Побудова регулярних сіток. Побудова неструктурованих сіток. Вибір топології сітки для різних класів задач.



### **Тема 2.2.2. Моделювання фізичних явищ в газотурбінних двигунах.**

Моделювання турбулентності. Загальна характеристика моделей турбулентної в'язкості. Вибір моделі турбулентної в'язкості. І граничні та вхідні умови. Моделювання нестационарної течії. Розрахунок ламінарно-турбулентного переходу. Моделювання дозвукової та трансзвукової течії.

## **3. СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ**

### **3.1. Основні рекомендовані джерела**

3.1.1. А.А. Юн, Б.А. Крылов. Расчет и моделирование турбулентных течений с теплообменом, смешением, химическими реакциями и двухфазных течений в программном комплексе Fastest-3D: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 2007. – 116 с.: ил.

3.1.2. Азбука КОМПАС3D V14. Электронный учебник, 2013. – 412с.

3.1.3. Разностные схемы на нерегулярных сетках Монография / Самарский А.А., Колдоба А.В., Повещенко Ю.А., Тишкин В.Ф., Фаворский А.П. - Минск: ЗАО "Критерий", 1996. - 276 с.

3.1.4. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике. – 2003.

3.1.5. Хрустальов О.Ф. Основи математичного моделювання: навч. Посібник. – Севастополь, 2009. – 212с.

3.1.6. Теорія теплових двигунів, п/р Терещенко Ю.М. – Київ, Вища школа, 2001,-382с.

3.1.7. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента / Зажигаев Л. С., Кишьян А. А., Романиков Ю. И. – Москва: Атомиздат, 1978. – 231с.

### **3.2. Додаткові рекомендовані джерела**

3.2.1. Чжен П. Управление отрывом потока. М. Мир. 1979, 352с.

3.2.2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. М. Наука. 1069. 717 с

3.2.3. Забара С.С. Моделювання систем у середовищі MATLAB: Навч. посіб. / С.С. Забара, О.О. Гагарін, І.М. Кузьменко Ю.Д. Щербашин. К.: Университет «Україна», 2011. – 317 с.



