

**ДНПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА**

Факультет \_\_\_\_\_ фізико-технічний \_\_\_\_\_  
Кафедра \_\_\_\_\_ двигунобудування \_\_\_\_\_



**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ОК 2.3 Моделювання процесів у системах та агрегатах  
ракетно-космічної техніки

**для здобувачів вищої освіти**

рівень вищої освіти \_\_\_\_\_ третій (освітньо-науковий) \_\_\_\_\_

галузь знань \_\_\_\_\_ 13 Механічна інженерія \_\_\_\_\_

спеціальність (осі) \_\_\_\_\_ 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

освітня програма \_\_\_\_\_ Авіаційна та ракетно-космічна техніка \_\_\_\_\_  
(назва)

факультет/центр \_\_\_\_\_ фізико-технічний \_\_\_\_\_  
(назва)

вид дисципліни \_\_\_\_\_ обов'язкова \_\_\_\_\_  
(обов'язкова/вибіркова)

**Дніпро  
2021**

Розробник (-и): Золотько Олександр Євгенович, доцент каф. двигунобудування,  
к.т.н., доцент

(вказати розробників: ПІБ, посада, науковий ступінь, вчене звання)

Гарант ОНП «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» Сергій ДАВИДОВ

(підпис) (ім'я та прізвище)

Робоча програма схвалена на засіданні кафедри двигунобудування

Протокол від « 06 » 09 2021 року № 2

Завідувач кафедри двигунобудування

(назва кафедри)

Мітків Ю.О.  
(підпис)

( Мітків Ю.О. )

(прізвище та ініціали)

Погоджено із завідувачами випускових кафедр проектування та конструкцій, технології виробництва, космічних інформаційних технологій зі спеціальності 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньо-науковою програмою «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

Шевцов (Василь ШЕВЦОВ)

Санін (Анатолій САНІН)

Ткачов (Юрій ТКАЧОВ)

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету

фізико-технічний

(назва)

Протокол від. « 08 » 09 2021 року № 1

Голова НМРФ Кулабухов

(підпис)

(Анатолій КУЛАБУХОВ)

(ім'я та прізвище)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри двигунобудування на наступний навчальний рік

2022/2023 н. р. протокол № 2, від «07» вересня 2022 р.

20\_\_/20\_\_ н. р. протокол № \_\_\_\_, від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

20\_\_/20\_\_ н. р. протокол № \_\_\_\_, від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

20\_\_/20\_\_ н. р. протокол № \_\_\_\_, від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Навчальний рік	Курс	Семестр	Підсумк. контроль			Індивід. завдання		Кредитів ECTS	Обсяг роботи студента (години)					
			екзамен	залік	курс. робота	форма	кількість		всього	аудиторні				самостійна робота
										всього аудиторні	лекції	практичні	лабораторні роботи	
<b>Денна форма навчання</b>														
2021/22	2	3	+				3	90	24	24				66
2022/23	2	3	+				3	90	24	24				66
202__/_														
20__/_														

### 1. Мета дисципліни.

Засвоєння основних положень теорії моделювання робочих процесів у системах та агрегатах ракетно-космічної техніки. Дослідження робочих процесів, які відбуваються у паливних баках ракет. Дослідження теплового режиму конструкції ракетного двигуна.

### Опанування компетентностей за ОП:

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з механічної інженерії та суміжних галузей.

СК02. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК04. Здатність застосовувати знання в галузі авіаційної та ракетно-космічної техніки для розробки математичних моделей пов'язаних задач за спеціалізацією.

СК05. Навички планування, проведення та обробки експериментальних досліджень з використанням новітнього автоматизованого обладнання.

### 2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни (за наявності).

Дисципліна вивчається після опанування курсів: «Інноваційно-дослідницька діяльність», «Теорія моделювання».

### 3. Результати навчання за дисципліною та їх співвідношення із програмними результатами навчання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати:

- алгоритми складання фізичних та математичних моделей досліджуємих робочих процесів;

- особливості розробки математичних моделей робочих процесів, які протікають у системах та агрегатах ракетно-космічної техніки;
- способи реалізації математичних моделей робочих процесів;
- порядок організації та планування теоретичних досліджень.

**вміти:**

- вибрати або розробити математичну та комп'ютерну модель робочого процесу, який визначає функціонування системи чи агрегата двигунної установки або літального апарата;
- проводити аналіз та оцінку визначальних характеристик робочих процесів, що протікають у конструктивних елементах об'єктів аерокосмічної техніки.

**Програмні результати навчання за ОП:**

ПРО3. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних міждисциплінарних напрямках.

ПРО4. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з проблем створення перспективних виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасних інструментаріїв.

ПРО5. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, обробки та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

ПРО9. Вміти критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

**4. Структура навчальної дисципліни.**

**3 семестр**

**Форма навчання** \_\_\_\_\_ денна \_\_\_\_\_

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				Примітки**			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	2022/23н.р.	20__/___н.р.	20__/___н.р.	20__/___н.р.
1	<b>Тема1.</b> Моделювання теплового режиму паливного баку з кріогенними компонентами палива.	4			8				
2	<b>Тема2.</b> Моделювання процесу термічної стратифікації компонентів ракетного палива.	4			12				
3	<b>Тема3.</b> Моделювання процесу прогрівання компонентів ракетного палива при роботі системи гарячого наддування.	4			10				
4	<b>Тема4.</b> Моделювання процесів тепломасообміну у парогазовому об'ємі паливного баку.	4			12				

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*				Примітки**			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	2022/23н.р.	20__/__н.р.	20__/__н.р.	20__/__н.р.
5	<b>Тема5.</b> Моделювання теплого режиму стінки камери ракетного двигуна.	4			12				
6	<b>Тема6.</b> Метод поетапного моделювання	4			12				
	<b>ВСЬОГО</b>	<b>24</b>			<b>66</b>	<b>24/66</b>			

Примітки:

\* Години зазначають для денної, заочної та вечірньої форм навчання в окремих таблицях (у разі потреби)

\*\* Значається збільшення (зменшення) годин за темами у разі потреби.  
(Наприклад: +2л, -4пр.)

## 5. Схема формування оцінки.

### 5.1 Шкала відповідності оцінювання:

Відмінно/Excellent	Зараховано/Passed	90-100
Добре/Good		82-89
Задовільно/Satisfactory		75-81
		64-74
		60-63
Незадовільно/Fail	Не зараховано/Fail	0-59

### 5.2 Форми та організація оцінювання:

#### Поточне оцінювання :

*пропонується такий перелік форм оцінювання, який може бути доповнено (скорочено)*

Форма оцінювання	Терміни оцінювання (тиждень)	Максимальна кількість балів
<i>Контрольне тестування за темами</i>		
1, 2	6	20
3, 4	14	20
5, 6	16	20
<b>Максимальна кількість балів за поточне оцінювання 60</b>		

*Примітка:* сумарна максимальна кількість балів: 40 балів у разі наявності лише лекційних занять з навчальної дисципліни, 60 балів у іншому випадку (у разі екзамену); 100 балів за семестр (у разі диференційованого заліку, заліку).

### **Підсумкове оцінювання:**

умови до складання екзамену: до екзамену допускають здобувачів вищої освіти, які пройшли оцінювання за всіма формами поточного контролю, передбаченого робочою програмою

Форма оцінювання	Терміни оцінювання (тиждень)	Максимальна кількість балів
Диференційний залік	17	40

### **6. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна (у разі потреби).**

Персональні комп'ютери, програмні пакети Mathcad, Matlab.

### **7. Рекомендована література:**

#### ***Основна: (Базова)***

1. Timoshenko V.I. Theoretical foundations of the technical gas dynamics. (Kyiv: Naukova Dumka, 2013)
2. DiMatteo Fr., DeRosa M., Onofri M. Start-Up Transient Simulation of a Liquid Rocket Engine. AIAA 2011-6032 47th AIAA/ASME/SAE/ASEE Joint Propulsion Conference & Exhibit (31 July — 03 August 2011), San Diego, California (15 p.). URL: [www.enu.kz/repository/2011/AIAA-2011-6032.pdf](http://www.enu.kz/repository/2011/AIAA-2011-6032.pdf) (дата звернення 10.10.2019).
3. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Трейтяк В. В. М34 Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: НАУ, 2017. – 392 с.
4. Комп'ютерне моделювання процесів і систем [Електронний ресурс]: навч. посіб. / Д.О. Півторак, Ю.Ф. Лазарев, С.Л. Лакоза; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 207 с.

#### ***Додаткова:***

- 1 Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. Посібник.- КНУ.- 2010.- 132 с.
- 2 Мартинець Л. М. Сучасні моделі освіти: навч.-метод. посібник. – 2-е вид., доповн. та переробл. / Лілія Асхатівна Мартинець. – Донецьк, 2015. – 102 с.
- 3 Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського - <http://www.nbu.gov.ua/>
- 4 Український інститут науково - технічної та економічної інформації – [http://www/uin-tei.kiev.ua/](http://www.uin-tei.kiev.ua/)
- 5 Науково-практичний журнал «Наука та інновації» – <http://scinn.nas.gov.ua/>
- 6 Дубовой В.М. Моделювання та оптимізація системи: підручник / Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усова А.В. – Вінниця: ПП «ТД Едельвейс», 2017. – 804 с.

### **8. Інформаційні ресурси**

1. Бібліотека ДНУ <http://library.dnu.dp.ua/>
2. Репозиторій ДНУ <http://repository.dnu.dp.ua:1100>
3. Електронний каталог бібліотеки ДНУ <http://lib.dnu.dp.ua/>

## Тематика самостійної роботи

<b>Тема самостійної роботи</b>	<b>Кількість годин</b>
Тема 1. Моделювання процесів при роботі системи гарячого наддуву паливних баків ракет	<b>6</b>
Тема 2. Моделювання процесів при роботі системи холодного та надхолодного наддуву паливних баків ракет	<b>4</b>
Тема 3. Моделювання теплового режиму стінки камери рідинного ракетного двигуна малої тяги	<b>6</b>
Тема 4. Моделювання процесу охолодження камери двигуна кріогенним окислювачем	<b>6</b>
Тема 5. Моделювання процесу охолодження камери двигуна кріогенним паливом	<b>6</b>
Тема 6. Моделювання процесів у рідинних кріогенних системах	<b>6</b>
Тема 7. Мікрохарактеристики процесу кипіння у паливному баці кріогенної двигунної установки	<b>8</b>
Тема 8. Моделювання процесів з фазовими переходами у магістралях ракетної двигунної установки	<b>8</b>
Тема 9. Моделювання теплового режиму стінки камери твердопаливного ракетного двигуна	<b>8</b>
Тема 10. Моделювання процесів при виключенні камери рідинного ракетного двигуна	<b>8</b>
<b>Разом</b>	<b>66</b>