

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Голова науково-методичної ради
факультету фізико-технічного

 Олександр ЗОЛОЛТЬКО

«16» вересня 2024р.

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 13Механічна інженерія

спеціальність 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка

освітня програма Авіаційна та ракетно-космічна техніка
(назва)

рік набору 2024/2025 форма навчання денна термін навчання 4 роки

вид дисципліни _____ обов'язкова _____

Розробник Олександр Золотько, доцент кафедри двигунобудування, доцент

Погоджено гарант ОП


(підпис)

Сергій ДАВИДОВ

(ім'я та прізвище)

Робоча програма схвалена на засіданні кафедри ракетно-космічних та інноваційних технологій

Протокол від «12» вересня 2024 року № 2

Ухвалено на засіданні науково-методичної ради факультету фізико-технічного

Протокол від «13» вересня 2024 року № 6

**Дніпро
2024**

Опис навчальної дисципліни

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		
2024/25	2	3	1					3	90	22	22			68

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.

Вивчення дисципліни забезпечує формування компетентностей за ОП:

ЗК04. Здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності.

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках.

СК03. Здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в авіаційній та ракетно-космічній техніці та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК04. Здатність застосовувати при плануванні, проведенні та обробки експериментальних досліджень сучасних інформаційних технологій, спеціалізованого програмного забезпечення та новітнього автоматизованого обладнання.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни.

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

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

№	Результати навчання за дисципліною	Програмні результати навчання	Номери тем
1	<p>Знати алгоритми складання фізичних та математичних моделей досліджуємих робочих процесів.</p> <p>Вміти вибрати або розробити математичну та комп'ютерну модель робочого процесу, який визначає функціонування системи чи агрегат та двигунної установки або літального апарата</p>	<p>РН06. Розуміти загальні принципи та методи технічних та природничих наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері авіаційної та ракетно-космічної техніки, дотичних міждисциплінарних напрямів та у викладацькій практиці.</p>	Т1
2	<p>Знати особливості розробки математичних моделей робочих процесів, які протікають у системах та агрегатах ракетно-космічної техніки. Знати способи реалізації математичних моделей робочих процесів.</p> <p>Вміти розробляти математичні і комп'ютерні моделі процесів, які відбуваються в об'єктах ракетно-космічної техніки. Вміти вибрати або розробити математичну та комп'ютерну модель робочого процесу, який визначає функціонування системи чи агрегата двигунної установки або літального апарата</p>	<p>РН03. 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 напрямах.</p>	Т2, Т3
4	<p>Знати порядок організації та планування теоретичних досліджень.</p> <p>Вміти проводити аналіз та оцінку визначальних характеристик робочих процесів, що протікають у конструктивних елементах об'єктів аерокосмічної техніки</p>	<p>РН04. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з проблем створення перспективних виробів авіаційної та ракетно-космічної техніки 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.</p>	Т4
5	<p>Знати статистичні методи аналізу даних великого обсягу складної</p>	<p>РН07. Розробляти та реалізовувати наукові та/або</p>	Т5

	структури, спеціалізовані бази даних та методи використання сучасних інформаційних систем. Вміти застосовувати сучасних інформаційні систем для пошуку та обробки даних обчислювального та фізичного експерименту	інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми авіаційної та ракетно-космічної техніки з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів. Захищати інтелектуальну власність на створені нові технічні рішення.	
6	Знати методи обробки результатів наукових досліджень. Вміти проводити ґрунтовний аналіз отриманих результатів та критично оцінювати результати власних досліджень та результати досліджень інших авторів.	PH02. Вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефахівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми авіаційної та ракетно-космічної техніки державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях.	T6

4. Структура навчальної дисципліни.

№ п/п	Номер і назва теми	Кількість годин*			
		Лекції	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота
1	Тема1. Моделювання теплового режиму паливного баку з криогенними компонентами палива.	2			10
2	Тема2. Моделювання процесу термічної стратифікації компонентів ракетного палива.	4			12
3	Тема3. Моделювання процесу прогрівання компонентів ракетного палива при роботі системи гарячого наддування.	4			10
4	Тема4. Моделювання процесів тепломасообміну у парогазовому об'ємі паливного баку.	4			12
5	Тема5. Моделювання теплового режиму стінки камери ракетного двигуна.	4			12
6	Тема6. Метод поетапного моделювання	4			12
	ВСЬОГО	22			68

Тематика самостійної роботи

№ Теми	Тема самостійної роботи	Кількість годин	Рекомендована література (№ з переліку)
Тема 1	Нестационарна теплопровідність. Теплообмін у складних технічних системах. Моделювання теплового режиму стінки камери рідинного ракетного двигуна малої тяги	10	№ 2, 6; додаткова № 5, 6
Тема 2	Рівняння Нав'є-Стокса. Методи чисельного дослідження нелінійних динамічних систем. Дослідження процесів з фазовими переходами. Моделювання процесу охолодження камери двигуна кріогенним окислювачем	12	№ 3, 6, 8 додаткова № 3
Тема 3	Нелінійні властивості складних термодинамічних систем. Моделювання процесів у рідинних кріогенних системах	10	№ 1, 8, 10 додаткова № 1,
Тема 4	Нелінійна термогазодинаміка. Відкриті термодинамічні системи із змінною кількістю речовини. Мікрохарактеристики процесу кипіння у паливному баку кріогенної двигунної установки	10	№ 1, 7, 9 додаткова № 2
Тема 5	Аналітичні та чисельні методи розв'язання задач нестационарної теплопровідності. Моделювання процесів з фазовими переходами у магістралях ракетної двигунної установки	10	№ 2, 11, 12, 14 додаткова № 6, 7
Тема 6	Сучасні методи моделювання теплового режиму технічних систем складної ієрархічної структури. Моделювання процесів при виключенні камери рідинного ракетного двигуна	10	№ 4, 5, 13 додаткова № 4
Всього годин		66	-

5. Схема формування оцінки.

5.1 Шкала відповідності оцінювання:

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

5.2 Форми та організація оцінювання:

Поточний контроль:

Форма оцінювання	Строки проведення оцінювання (тижні викладання)	Максимальна кількість балів
Поточна перевірка знань за матеріалом тем, що були вивчені, та питаннями для самостійної роботи за темами		1 тестування x 10 б. = 10 б
1, 2	6	20 балів
3, 4	14	20 балів
5, 6	16	20 балів
Максимальна кількість балів за поточне оцінювання		60

Семестровий контроль:

Форма оцінювання	Максимальна кількість балів
Екзамен	40

5.3 Критерії оцінювання:

Критерії оцінювання знань здобувачів*	
Поточна перевірка знань за матеріалом тем, що були вивчені, та питаннями для самостійної роботи - тестування	
Бали	Критерій
0-6 балів «незадовільно»	До 59% невірних відповідей
6-7 балів «задовільно»	Від 60 до 74 % вірних відповідей
7,5-8,5 балів «добре»	Від 75 до 89 % вірних відповідей
9-10 балів «відмінно»	Від 90 до 100 % вірних відповідей

6. Методи навчання, інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна:

Методи навчання:

Методи навчання:

- Самостійне навчання (опанування завдань для самостійної роботи у результаті аналізу та переосмислення рекомендованої навчальної та наукової літератури з інноваційної діяльності науковця).
- Інтерактивне навчання (дискусії, співбесіди).
- Словесні методи (лекції, пояснення)
- Наочні методи (презентації).

Інструменти та обладнання:

Мультимедійне обладнання.

Програмне забезпечення:

MS Office 365, MS Teams, MS Forms, MS PowerPoint, MS SharePoint, Zoom, програмні пакети Mathcad, Matlab

7. Рекомендована література:

Основна:

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 (дата звернення 10.10.2019).
3. Павленко П. М., Філоненко С. Ф., Чередніков О. М., Третійяк В. В. 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.
5. Strogatz, S., Friedman, M., Mallinckrodt, A. J., та ін. Nonlinear Dynamics and Chaos: With Applications to Physics, Biology, Chemistry, and Engineering. Computers in Physics. 1994. Vol. 8, No. 5.
6. Виклюк, Я. І., Камінський, Р. М., Пасічник, В. В. Моделювання складних систем: посібник: Львів: Новий Світ – 2000, 2020. 404 с
7. Barbu V. Differential Equations. – Springer, Switzerland, 2016. – 230 p.
8. Басок Б.І., Кулінченко В.Р., Зав'ялов В.Л. Динаміка росту парової фази при кипінні рідин в умовах природної конвекції.–Пром. теплотехніка. 2003, Т.25, № 6.– С.34–41.
9. Lezzi A., Prosperetti A. Bubble dynamics in a compressible liquid. Part II. Second order theory.– J. Fluid Mech. 1987, 185.– P. 289–322.
10. Li J., Zhang Zh-F., Liu D-Y. Bubble Dynamics of Boiling Explosion in Pure Liquid Induced by Pulsed Heating. Phenomena in Microscale System. New York: Begell House Inc. 2000.– P. 209–216.
11. Василенко С.М., Українець А.І., Ольшевський В.В. Основи тепломасообміну: Підручник. – К.: НУХТ, 2004.– 250 с.
12. Rajendra Karwa Heat and mass transfer: Second edition, Springer, - 2020, - p.1147
13. Charles H. Forsberg Heat Transfer Principles and Applications, Academic Press, - 2020, - p. 545
14. Greg F. Naterer Advanced Heat Transfer Second Edition, CRC Press – 2018,- p. 514

Додаткова:

1. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Введення в моделювання динамічних систем: Навч. посібник.- КНУ.- 2010.- 132 с.
2. 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. – 804с.
3. Башняков О. М., Гаращенко Ф. Г., Пічкур В. В. Практична стійкість, оцінки та оптимізація. – К.: Київський університет, 2008. – 383 с.
4. Самойленко А. М., Кривошея С. А., Перестюк М. О. Диференціальні рівняння в задачах. – К.: Либідь, 2003. – 450 с.
5. Charles H. Forsberg Heat Transfer Principles and Applications, Academic Press, - 2020, - p. 545
6. Awrejcewicz J., Krysko V.A., Krysko A.V. Thermo-Dynamics of plates and shells (foundations of engineering mechanics). Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. 789 p.
7. Мусій Р.С., Мельник Н.Б., Бандирський Б. Й., Гошко Л. В., Шиндер В.К. Визначення нестационарного температурного поля поперечно нагрітої неоднорідної ізотропної циліндричної оболонки. Прикладні питання математичного моделювання. Т.3. No 2.2. 2020. С. 202–211.

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/>
4. Національна бібліотека України імені В.І. Вернадського - <http://www.nbuv.gov.ua/>
5. Український інститут науково - технічної та економічної інформації – <http://www/uin-tei.kiev.ua/>
6. Науково-практичний журнал «Наука та інновації» – <http://scinn.nas.gov.ua/>