

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра комп'ютеризованих систем управління
(повна назва кафедри)

Код РНПД

ЗАТВЕРДЖЕНО



Проректор
з науково-педагогічної роботи
Сергій СЛОБОДЯН

« 21 » 05 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
PROGRAM OF THE DISCIPLINE

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ
MATHEMATICAL MODELLING OF AUTOMATIC SYSTEMS

рівень вищої освіти _____ третій (освітньо-науковий) _____
тип дисципліни _____ обов'язкова _____
мова(и) викладання _____ українська _____
Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» _____
Спеціальність G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» _____
ОНП «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» _____

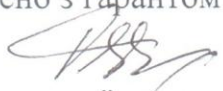
Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання автоматизованих систем» є однією із складових комплексної підготовки фахівців третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти галузі знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

11 травня 2025 р. – 15 с.

Розробник: **Топалов Андрій Миколайович**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри комп'ютеризованих систем управління, методист 1 кат. Махнова І.В..

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне моделювання автоматизованих систем" узгоджено з гарантом освітньої програми

Гарант освітньої програми



Віктор ТИМЧЕНКО

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне моделювання автоматизованих систем" розглянуто на засіданні кафедри комп'ютеризованих систем управління

Протокол від «12» травня 2025 р. № 10.

Завідувач кафедри
д.т.н., професор

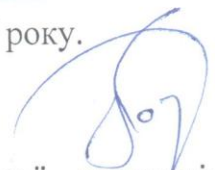


Олександр ЧЕРНО

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне моделювання автоматизованих систем" розглянуто Методичною радою Навчально-наукового Інституту автоматики та електротехніки

Протокол № 05 від «15» травня 2025 року.

Заступник голови



Сергій НОВОГРЕЦЬКИЙ

Проект робочої програми навчальної дисципліни "Математичне моделювання автоматизованих систем" погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу
к.т.н., доцент



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни "Математичне моделювання автоматизованих систем" затверджена Навчально-методичною радою НУК

Протокол № 05 від «21» травня 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

© НУК, 2025

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Опис навчальної дисципліни.....	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	5
3. Передумови для вивчення дисципліни.....	6
4. Очікувані результати навчання	6
5. Програма навчальної дисципліни	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування	8
7. Форми поточного та підсумкового контролю	9
8. Критерії оцінювання результатів навчання	10
9. Засоби навчання.....	11
10. Рекомендовані джерела інформації	11

ВСТУП

Анотація

Програма дисципліни «Математичне моделювання автоматизованих систем» відноситься до дисциплін професійної підготовки та складена відповідно до освітньої програми спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Предметом вивчення навчальної дисципліни є формування та вдосконалення теоретичних знань та практичних навичок з математичного моделювання систем автоматизації: вивчення математичних методів опису, аналізу та побудови математичних моделей автоматизованих технічних систем, надбання знань з алгоритмізації та програмної реалізації математичних моделей, набуття навичок використання сучасних прикладних пакетів та програм моделювання складних технічних систем.

Дисципліна розрахована на здобувачів наукового ступеню, які отримали базові знання з математики, автоматизації та комп'ютеризованих систем управління.

Вимоги до знань та умінь визначаються галузевими стандартами вищої освіти України.

Ключові слова: система автоматизації, математична модель, моделювання, керування, параметри регулятора.

Abstract

The program of the discipline "Mathematical modeling of automated systems" refers to the disciplines of professional training and is compiled in accordance with the educational program of specialty G7 "Automation, computer-integrated technologies and robotics".

The subject of study of the academic discipline is the formation and improvement of theoretical knowledge and practical skills in mathematical modeling of automation systems: the study of mathematical methods of description, analysis and construction of mathematical models of automated technical systems, the acquisition of knowledge of algorithmization and software implementation of mathematical models, the acquisition skills in using modern application packages and simulation programs of complex technical systems.

The discipline is designed for academic degree holders who have acquired basic knowledge of mathematics, automation and computerized control systems.

Requirements for knowledge and skills are determined by industry standards of higher education in Ukraine.

Key words: automation system, mathematical model, modeling, control, parameters of the regulator.

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»	Обов'язкова	
Модулів – 1		Рік підготовки:	
Змістових модулів – 2		1-й	1-й
Загальна кількість годин –90	Спеціальність G7 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» освітньо-наукова програма «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані тех- нології та робототехніка»	Семестр	
		1-й	1-й
Лекцій			
15 год.		8 год.	
Практичні, семінарські			
15 год.		8 год.	
Лабораторні			
-		-	
Електронний адрес РПНД на сайті Уні- верситету:	Освітній рівень: третій (освітньо-науковий)	Самостійна робота	
Індивідуальне науково-дослідне за- вдання не передбачено		60 год.	74год.
		Індивідуальні завдання: -	
		Вид контролю: екзамен	
		Форма контролю: комбінована	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2; самостійної роботи здобувача – 4.			

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Математичне моделювання автоматизованих систем» є формування у здобувачів наукового ступеня відповідно до освітньо-професійної програми таких компетентностей:

- *здатність генерувати нові ідеї (креативність) (у відповідності до ОПП ЗК1),*
- *здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел (у відповідності до ОПП ЗК2),*
- *здатність застосовувати сучасні методи дослідження, синтезу, проектування систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій, їх програмних та апаратних компонентів, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та викладацькій діяльності (у відповідності до ОПП СК3).*
- *здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в галузі автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та міждисциплінарні проекти у суміжних галузях, проявляти лідерство під час їх реалізації (у відповідності до ОПП СК4).*

3. Передумови для вивчення дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни немає.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у здобувачів наукового ступеня таких результатів навчання:

- *розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі об'єктів і процесів автоматизації, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних розробок у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій та дотичних міждисциплінарних напрямках. (у відповідності до ОПП РНЗ);*
- *планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження систем автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих комплексів та їх складових з використанням сучасних методів дослідження, технічних, програмних засобів та з дотриманням норм академічної і професійної етики. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків результати теоретичного аналізу, експериментальних досліджень і математичного та/або комп'ютерного моделювання, наявні літературні дані. (у відповідності до ОПП РН4).*

5. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Методи та прикладні програми моделювання технічних систем.

Тема 1. Способи представлення моделей автоматизованих технічних систем. Основні підходи до моделювання. Сучасні прикладні пакети програм для дослідження технічних систем з зосередженими та розподіленими параметрами. [1] с. 9...27, [2] с. 8...63, [3] с. 9..42.

Тема 2. Методи моделювання електромеханічних систем. Математичні моделі електромеханічних і статичних перетворювачів електроенергії та систем керування ними. [4] с. 237...270, с. 404...424.

Тема 3. Основи обчислювальної гідродинаміки. Моделювання твердих і гнучких тіл у потоках. [5], [6].

Змістовий модуль 2. Моделювання об'єктів морської робототехніки.

Тема 4. Моделюючі комплекси для дослідження засобів морської робототехніки, що працюють в умовах невизначеностей. [7] с. 164-165, [8], [9] с. 53...97.

Тема 5. Моделі та алгоритми дослідження динаміки безекіпажних надводних суден методами комп'ютерного експерименту. [10...12].

Тема 6. Моделі та алгоритми дослідження підводних комплексів з гнучкими зв'язками методами комп'ютерного експерименту. [9] с. 98...124, [13] с. 40...59.

Тема 7. Моделі та алгоритми дослідження автономних самохідних підводних апаратів методами комп'ютерного експерименту. [14] с. 36...56, [15].

Тема 8. Моделі та алгоритми дослідження ефективності систем автоматичного керування засобами морської робототехніки методами комп'ютерного експерименту. [15] с. 57...83.

Тематичний план навчальної дисципліни

№ з/п	Назва змістових модулів і тем	Кількість годин							
		денна форма навчання				заочна форма навчання			
		всього	у тому числі			всього	у тому числі		
			лекції	пр. зан.	сам. роб.		лекції	пр. зан.	сам. роб.
Змістовий модуль 1. Методи та прикладні програми моделювання технічних систем.									
1.1	Тема 1. Способи представлення моделей автоматизованих технічних систем. Основні підходи до моделювання. Сучасні прикладні пакети програм для дослідження технічних систем з зосередженими та розподіленими параметрами.	8	2	2	4	8	-	-	8
1.2	Тема 2. Методи моделювання електромеханічних систем. Математичні моделі електромеханічних і статичних перетворювачів електроенергії та систем керування ними.	12	2	2	8	12	2	2	8
1.3	Тема 3. Основи обчислювальної гідродинаміки. Моделювання твердих і гнучких тіл у потоках.	10	1	1	8	10	-	-	10
Всього за змістовим модулем 1:		30	5	5	20	30	2	2	26
Змістовий модуль 2. Моделювання об’єктів морської робототехніки									
2.1	Тема 4. Моделюючі комплекси для дослідження засобів морської робототехніки, що працюють в умовах невизначеностей.	12	2	2	8	12	2	-	10
2.2	Тема 5. Моделі та алгоритми дослідження динаміки безкіпажних надводних суден методами комп’ютерного експерименту.	12	2	2	8	12	-	2	10
2.3	Тема 6. Моделі та алгоритми дослідження підводних комплексів з гнучкими зв’язками методами комп’ютерного експерименту.	12	2	2	8	12	2	-	10
2.4	Тема 7. Моделі та алгоритми дослідження автономних самохідних підводних апаратів методами комп’ютерного експерименту.	12	2	2	8	12	-	2	10
2.5	Тема 8. Моделі та алгоритми дослідження ефективності систем автоматичного керування засобами морської робототехніки методами комп’ютерного експерименту.	12	2	2	8	12	2	2	8
Всього за змістовим модулем 2:		60	10	10	40	60	6	6	48
Всього:		90	15	15	60	90	8	8	74

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна форма	заочна форма
1.	Вивчення можливостей прикладних пакетів програм для дослідження технічних систем з зосередженими та розосередженими параметрами (Simulink в MATLAB, Computational Fluid Dynamics, CFD).	2	-
2.	Синтез математичних моделей автоматизованих електромеханічних систем (на прикладі рушійно-кермового пристрою морського рухомого об'єкта).	2	2
3.	Вивчення особливостей комп'ютерного експерименту з використанням прикладного пакету програм CFD (на прикладі рушійно-кермового пристрою морського рухомого об'єкта, що працює у косому потоці води).	1	-
4.	Розробка структури спеціалізованого моделюючого комплексу для дослідження морського рухомого об'єкта (на прикладі підводного апарата-робота).	2	-
5.	Синтез комп'ютерної моделі та дослідження ефективності функціонування безкіпажного надводного судна.	2	2
6.	Синтез комп'ютерної моделі та дослідження ефективності функціонування підводного комплексу з гнучкими зв'язками (на прикладі самохідного прив'язного підводного апарата).	2	-
7.	Синтез комп'ютерної моделі та дослідження ефективності функціонування автономного самохідного підводного апарата.	2	2
8.	Синтез комп'ютерної моделі та дослідження ефективності функціонування системи автоматичного керування крено-диферентною системою підводного апарата.	2	2
Всього		15	8

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для аспірантів денної та заочної форми навчання:

- підготовка до лекційних занять –1-2 год. / 1 лекцію;
- підготовка до практичних занять –1-2 год. / 1 заняття;
- підготовка до контрольних заходів – 5-10 год.

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Підготовка до лекцій	10	18
2	Підготовка до практичних занять	10	16
4	Підготовка до МКР	20	20
5	Підготовка до екзамену	20	20
Разом		60	74

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Набуття здобувачами компетенцій забезпечується через засвоєння навчального матеріалу у вигляді лекційних, практичних занять та самостійної роботи студентів.

Основними методами навчання з дисципліни є:

1. Пояснювально-ілюстративний метод, за допомогою повідомлення та засвоєння інформації на лекційних та практичних заняттях словесними й наочними засобами.

2. Проблемний метод, коли на практичних заняттях утворюються пошукові ситуації, розвивається активність, самостійність, творчі здібності здобувачів освіти.

Як наочний матеріал на лекціях застосовуються мультимедійні слайди та лекційні демонстрації.

З метою роз'яснення найбільш складних питань дисципліни та підвищення якості виконання завдань практичних робіт проводяться групові та індивідуальні консультації за розкладом кафедри.

Під час карантину заняття повністю проводяться дистанційно у Google Meet.

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є:

- екзамен;
- стандартизовані тести;
- презентації результатів виконаних практичних завдань;
- презентації результатів виконаних досліджень;
- презентації здобувачів та виступи на наукових заходах.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення здобувача оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки екзамену. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках здобувач може набрати до 60 балів. Питома вага заключного екзамену в загальній системі оцінок – 40 балів. Право скласти заключний екзамен надається кожному здобувачу наукового ступеня, якій з урахуванням набраних балів проміжних оцінок має не менше 60 балів. Складання заключного екзамену є обов'язковим, якщо здобувач на протязі вивчення курсу за результатами проміжного контролю набрав щонайменше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки за екзамен.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів із зазначених тем.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Результуюча оцінка виставляються відповідно до шкали оцінювання ECTS.

Шкала оцінювання ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90...100	A
82...89	B
74...81	C
64...73	D
60...63	E
35...59	FX
0...34	F

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей	6	5	4	3	2	1
Балів	30	25	20	15	10	5

У відповідності до програми передбачено 2 поточних модульних контролі, таким чином максимальна оцінка за даний компонент програми 60 балів. Кожний тест передбачає 6 тестових запитань.

Критерії оцінювання екзамену

Здобувач має відповісти на чотири письмові питання. Кожна відповідь на питання оцінюється максимум у 10 балів. Загалом за екзамен можна отримати максимум 40 балів.

Кількість балів	Критерії оцінювання на екзамені
10	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
8	Відповідь надана відносно повна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
6	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
4	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
2	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей прикладного використання даного теоретичного матеріалу.
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню.
<i>Максимальна оцінка здобувача за відповіді на письмові питання 40 балів (4 питання по 10 балів).</i>	

Структурна ідентифікація		Вид роботи	Кількість балів
Змістовний модуль 1	ПМК	Тестування за темами ЗМ 1	30
Змістовний модуль 2	ПМК	Тестування за темами ЗМ 2	30
Підсумковий контроль		Екзамен	40
Загалом			100

9. Засоби навчання

1. Опорний конспект лекцій з дисципліни в електронному варіанті.
2. Підручники та посібники, зазначені у списку літератури.
3. Нормативні документи.
4. Таблиці, схеми і плакати, виготовлені на кафедрі, а також типографічним способом.
5. Поточні Інтернет-ресурси.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Переверзєв А.В. Моделювання в електроніці: [підручник] / А.В. Переверзєв, В.І. Бойко, А.А. Зорі та ін. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2010. – 352 с.
2. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навчальний посібник / Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р. та інші; за заг. ред. Р. Н. Кветного. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 191 с.
3. Бобало Ю.Я. Математичні моделі та методи аналізу електронних кіл: навч. посібник / Ю.Я. Бобало, Р.І. Желяк, М.Д. Кіселичник та ін.; за ред. Ю.Я. Бобала та Б.А. Мандзія. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 320 с.
4. Кириленко О.В. Математичне моделювання в електроенергетиці: підручник / О.В. Кириленко, М.С. Сегеда, О.Ф. Буткевич, Т.А. Мазур. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 608 с.
5. Yuriy Korol, (2021) Computational Fluid Dynamics Methods for Designing the Propeller-Steering Complex of Submarine. Modern Environmental Science and Engineering (ISSN 2333-2581), Volume 7, No. 3, pp. 223-231 Doi: 10.15341/mese(2333-2581)/03.07.2021/005
6. Остапенко А. О., Ліпунов Д. О. Моделювання багатофазних течій засобами сучасних пакетів прикладних програм. – «Наука та виробництво», вип. 23, 2020. – С.274-287. <file:///C:/Users/SLpro/Downloads/241172-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%82%D1%96-553328-1-10-20210930.pdf>
7. Інноваційні технології проектування та побудови суден і засобів океанотехніки / С.С. Рижков, В.С. Блінцов, Ж.Г. Голобородько, В.Ф. Квасницький, К.В. Кошкін, М.П. Романчук, Ю.В. Солоніченко, О.М. Шамрай, Ю.Д. Жуков, В.М. Ілюшенко, Г.В. Єгоров, В.В. Севрюков. Під редакцією С.С. Рижкова. – Миколаїв: НУК. 2009. – 253 с.
8. Блінцов В.С., Кирилюк О.М. Моделюючий комплекс для дослідження технологій моніторингу акваторій з застосуванням самохідного прив'язного підводного робота. // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2008. – № 6 (423). – С. 130-136.
9. Блінцов, О. В. Автоматичне керування підводними комплексами з гнучкими зв'язками : наукова монографія. – Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2017. – 356 с.
10. Jiu-Cai J., Jie Z., Feng S. Modelling, manoeuvring analysis and course following for two unmanned surface vehicles driven by a single propeller and double propellers Proceedings of 27th Chinese Control and Decision Conference (CDC) (2015)
11. Peter H. Heins, Bryn Ll. Jones, Dominic J. Taunton. Design and validation of an unmanned surface vehicle simulation model. – Applied Mathematical Modelling Volume 48, August 2017, Pages 749-774. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2017.02.028>
12. F A Setiawan, R E A Kadir, N Gamayanti, A Santoso, Y Bilfaqih and Z Hidayat. Dynamic modelling and controlling unmanned surface vehicle. Published under licence by IOP Publishing Ltd. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 649, Sustainable Islands Development Initiatives – International Conference 2019. 2 – 3 September 2019, Surabaya, Indonesia. DOI 10.1088/1755-1315/649/1/012056
13. Блінцов О.В., Надточій В.А. Автоматизація керування одноланковими самохідними прив'язними підводними системами. Навчальний посібник – Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, 2014. – 124 с.
14. Блінцов С. В. Теоретичні основи автоматичного керування автономними підводними апаратами: Монографія – Миколаїв : Національний університет кораблебудування імені ад-

мірала Макарова, 2014. – 222 с.

15. Y. Valeriano-Medina, A. Martinez, L. Hernandez, H. Sahli, Y. Rodriguez, J.R. Canizares. Dynamic model for an autonomous underwater vehicle based on experimental data. Math. Comput. Model. Dyn. Syst., 19 (2) (2013), pp. 175-200. DOI:[10.1080/13873954.2012.717226](https://doi.org/10.1080/13873954.2012.717226)

Додаткова література

16. Кравченко І. В., Микитенко В. І., Тимчик Г. С. Комп'ютерне моделювання: системи і процеси: підручник. К. – КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 215 С. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/50552/1/Kompiuterne_modeliuvannia.pdf

17. Доля П. Г. Основи моделювання в COMSOL Multiphysics. 2019 р. Режим доступу: http://geometry.karazin.ua/resources/documents/20191219182458_3cc8431d.pdf

Інформаційні ресурси в мережі Інтернет

18. Обчислювальна термо-гідродинаміка (CFD).

<https://cde.nuft.edu.ua/enrol/index.php?id=1533>

19. Науковий журнал «Computer Modeling: Analysis, Control, Optimization». [Режим доступу <http://kmauo.org/en/about-journal-eng/>

20. Математичне моделювання. <http://aspirant.com.ua/ua/art10.htm>

21. Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки. <http://mcm-tech.kpnu.edu.ua/>

22. Репозитарії профільних ВНЗ України:

- НТУУ "КПІ" ім. Ігоря Сікорського: <https://ela.kpi.ua/>;
- Національного авіаційного університету: <https://er.nau.edu.ua/>;
- НУ "Львівська політехніка": <https://ena.lpnu.ua/>;
- Харківського НУ радіоелектроніки: <https://openarchive.nure.ua/>;
- Харківського НУ імені В.Н. Каразіна: <http://dspace.univer.kharkov.ua/>