

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ І. І. МЕЧНИКОВА

Кафедра механіки, автоматизації та інформаційних технологій



ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи

Григорій Мухоморов

« 09 »

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ОК30 Математичні методи моделювання процесів

(назва навчальної дисципліни)

Рівень вищої освіти: Перший (бакалаврський)

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

Спеціалізація: _____

Освітньо-професійна/наукова програма: «КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ»

Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні методи моделювання процесів» – Одеса: ОНУ, 2025. – 15 с.

Розробники:

Рачинська Алла Леонідівна, канд. фіз.-мат. наук, доцент

Царенко Олексій Павлович, старший викладач

Палій Катерина Сергіївна, викладач

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри

механіки, автоматизації та інформаційних технологій

Протокол № 1 від “24” серпня 2025 року

Завідувач кафедри  (Алла РАЧИНСЬКА)
(підпис)

Погоджено із гарантом ОПІ/ОНП

«КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ»

 (Алла КАМШОВА)
(підпис)

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК)

з інформаційних технологій

Протокол № 1 від “29” 08 2025 року

Голова НМК  (Лариса МАРТИНОВИЧ)
(підпис)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри

механіки, автоматизації та інформаційних технологій

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 202_ року

Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис)

Переглянуто та затверджено на засіданні кафедри

механіки, автоматизації та інформаційних технологій

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 202_ року

Завідувач кафедри _____ (_____)
(підпис)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, спеціалізація, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Загальна кількість: кредитів - 4.5 годин - 135 змістових модулів - 3	Галузь знань <i>12 Інформаційні технології</i> (шифр і назва) Спеціальність <i>122 Комп'ютерні науки</i> (код і назва) Спеціалізації: (назва) Рівень вищої освіти: <i>Перший (бакалаврський)</i>	Обов'язкова	
		Рік підготовки:	
		3-й	5-й
		Семестр	
		6-й	10-й
		Лекції	
		34 год.	8 год.
		Практичні, семінарські	
		год.	год.
		Лабораторні	
		34 год.	6 год.
		Самостійна робота	
		67 год.	121 год.
		Форма підсумкового контролю: <i>іспит</i>	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета

Метою викладання дисципліни «*Математичні методи моделювання процесів*» є формування у студентів комплексу наукових знань з питань математичного моделювання складних систем. Суттєво важливим в теорії математичного моделювання є постійне узгодження всіх аспектів побудови моделі з завданнями та цілями дослідження. В даному курсі зосереджено увагу на деяких істотних для досліджень особливостей математичного моделювання механічних систем і процесів.

Завдання:

Методичні: сприяти оволодінню методами наукового пізнання та проведення узагальнень матеріалів найскладніших питань математичного моделювання.

Практичні: сприяти формуванню вмінь і навичок аналізувати і узагальнювати теоретичні і практичні матеріали з питань математичного моделювання механічних систем і процесів.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетентностей:

а) Інтегральні компетентності:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

б) Загальні компетентності:

ЗК8. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

в) Спеціальні (фахові, предметні) компетентності:

СК1. Здатність до математичного формулювання та досліджування неперервних та дискретних математичних моделей, обґрунтовування вибору методів і підходів для розв'язування теоретичних і прикладних задач у галузі комп'ютерних наук, аналізу та інтерпретування.

СК4. Здатність використовувати сучасні методи математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти моделі й алгоритми чисельного розв'язування задач математичного моделювання, враховувати похибки наближеного чисельного розв'язування професійних задач.

СК6. Здатність до системного мислення, застосування методології системного аналізу для дослідження складних проблем різної природи, методів формалізації та розв'язування системних задач, що мають суперечливі цілі, невизначеності та ризики.

СК7. Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів.

СК11. Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими

даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач.

СК19. Здатність розв'язувати прикладні задачі моделювання механічних процесів та систем за допомогою чисельних методів та проектних розрахунків.

СК20. Здатність застосовувати принципи, методи і алгоритми комп'ютерної графіки для інформаційних процесів.

Програмні результати навчання:

ПР1. Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук.

ПР2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації.

ПР6. Використовувати методи чисельного диференціювання та інтегрування функцій, розв'язання звичайних диференціальних та інтегральних рівнянь, особливостей чисельних методів та можливостей їх адаптації до інженерних задач, мати навички програмної реалізації чисельних методів.

ПР9. Розробляти програмні моделі предметних середовищ, вибирати парадигму програмування з позицій зручності та якості застосування для реалізації методів та алгоритмів розв'язання задач в галузі комп'ютерних наук.

ПР22. Виконувати аналіз та моделювання робототехнічних пристроїв з використанням сучасних інформаційних технологій.

ПР23. Застосовувати методи та алгоритми комп'ютерної графіки у процесі розробки графічних застосувань, систем мультимедіа, також графічного моделювання та візуалізації фізичних процесів і об'єктів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: методологію побудови математичних моделей механічних процесів та систем; як застосовувати мови програмування, мови опису інформаційних ресурсів, мови специфікацій, інструментальні засоби під час проектування та створення інформаційних систем; як здійснювати науково-дослідну роботу в області теоретичної інформатики і прикладної математики під час розробки нових інформаційних технологій.

вміти: обробляти отримані результати, аналізувати, осмислювати та подавати їх, обґрунтовувати запропоновані рішення на сучасному науково-технічному рівні; програмно реалізувати алгоритмів розв'язання задач, розроблення системного та прикладного програмного забезпечення інформаційних систем і технологій; будувати математичні моделі на основі експериментальних і статистичних даних; застосовувати набуті протягом навчання знання та навички для проведення науково-прикладного дослідження, презентування та публікування його результатів.

3. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Моделі та моделювання.

Тема 1. Поняття моделювання. Приклади моделей.

Абстракції. Явища та об'єкти. Моделі та моделювання. Концепція моделювання.

Тема 2. Моделювання систем та процесів.

Стадії моделювання. Перевірка адекватності моделі. Класифікація моделей.

Тема 3. Методологія математичного моделювання.

Задачі та цілі математичного моделювання. Математичне описання взаємодії параметрів моделі. Методи обчислення вихідних параметрів.

Тема 4. Математичні моделі та їх види.

Класифікація математичних моделей. Розрахункові математичні моделі. Відповідні математичні моделі. Подібні математичні моделі. Лінійні та нелінійні моделі. Стаціонарні та нестаціонарні моделі. Неперервні та дискретні математичні моделі. Детерміновані та стохастичні моделі.

Змістовий модуль 2. Моделювання складного руху матеріальної точки

Тема 1. Рух матеріальної точки в ідеально гладкій трубці. Аналітичне та чисельне моделювання.

Розробка детермінованої математичної моделі руху матеріальної точки в ідеально гладкій трубці. Функціональні співвідношення моделі. Методи обчислення отриманої моделі. Загальний аналітичний розв'язок. Чисельне моделювання руху та порівняльний аналіз отриманих результатів. Аналіз вхідних параметрів моделі.

Тема 2. Моделювання складного руху матеріальної точки по шорсткій трубці.

Розробка детермінованої математичної моделі руху матеріальної точки по шорсткій трубці. Функціональні співвідношення моделі. Методи обчислення отриманої моделі. Чисельне моделювання руху та аналіз вихідних параметрів для різних значень вхідних параметрів.

Тема 3. Моделювання складного руху матеріальної точки в середовищі з опором.

Розробка детермінованої математичної моделі руху матеріальної точки в середовищі з опором. Функціональні співвідношення моделі для різних середовищ. Чисельне моделювання руху, аналіз вихідних параметрів для різних значень вхідних параметрів та порівняльний аналіз отриманих результатів для різних моделей.

Тема 4. Моделювання складного руху матеріальної точки при нерівномірному обертанні пластини.

Розробка детермінованої математичної моделі руху матеріальної точки при нерівномірному обертанні пластини. Функціональні співвідношення моделей для різних законів обертання пластини. Чисельне моделювання руху, аналіз вихідних параметрів для різних значень вхідних параметрів та порівняльний аналіз отриманих результатів для різних моделей.

Змістовий модуль 3. Моделювання процесів і систем у безрозмірному вигляді.

Тема 1. Рівняння складного руху матеріальної точки в безрозмірному вигляді.

Вибір характерних параметрів моделі. Проведення безрозмірювання рівнянь руху матеріальної точки по шорсткій трубці з урахуванням сил опору при нерівномірному обертанні пластини.

Тема 2. Моделювання складного руху матеріальної точки в безрозмірному вигляді.

Чисельне дослідження отриманої математичної моделі. Аналіз отриманих результатів. Аналіз вхідних параметрів моделей.

Тема 3. Моделювання плоскою областю вибору параметрів процесу.

Критерії вибору значень параметрів моделі. Реалізація процесу моделювання плоскої області вибору параметрів. Аналіз отриманих областей.

Тема 4. Моделювання об'ємної області вибору параметрів процесу.

Реалізація процесу моделювання об'ємної області вибору параметрів. Аналіз отриманих областей.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви тем	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	у тому числі				Усього	у тому числі			
		л	п/с	лаб	ср		л	п/с	лаб	ср
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Змістовий модуль 1. Моделі та моделювання										
Тема 1. Поняття моделювання. Приклади моделей.	2	2				2.5	0.5			2
Тема 2. Моделювання систем та процесів.	6	2			4	4.5	0.5			4

Тема 3. Методологія математичного моделювання.	6	2		2	2	4.5	0.5			4
Тема 4. Математичні моделі та їх види.	8	2		2	4	4.5	0.5			4
Разом за змістовим модулем 1	22	8		4	10	16	2			14
Змістовий модуль 2. Моделювання складного руху матеріальної точки										
Тема 1. Рух матеріальної точки в ідеально гладкій трубці. Аналітичне та численне моделювання.	22	6		6	10	22	2		2	18
Тема 2. Моделювання складного руху матеріальної точки по шорсткій трубці.	20	4		6	10	21	2		2	17
Тема 3. Моделювання складного руху матеріальної точки в середовищі з опором.	20	4		6	10	19	1		1	17
Тема 4. Моделювання складного руху матеріальної точки при нерівномірному обертанні пластини.	20	4		6	10	19	1		1	17
Разом за змістовим модулем 2	82	18		24	40	81	6		6	69
Змістовий модуль 3. Моделювання процесів і систем у безрозмірному вигляді										

Тема 1. Рівняння складного руху матеріальної точки в безрозмірному вигляді.	9	2		2	5	10				10
Тема 2. Моделювання складного руху матеріальної точки в безрозмірному вигляді.	8	2		2	4	10				10
Тема 3. Моделювання плоскою області вибору параметрів процесу.	8	2		2	4	10				10
Тема 4. Моделювання об'ємної області вибору параметрів процесу.	6	2			4	8				8
Разом за змістовим модулем 3	31	8		6	17	38				38
Усього годин	135	34		34	67	135	8		6	121

5. Теми семінарських занять

Не передбачено навчальним планом

6. Теми практичних занять

Не передбачено навчальним планом

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Побудова математичної моделі складного руху матеріальної точки	4	1
2	Комп'ютерне моделювання складного руху матеріальної точки з використанням аналітичного рішення	2	1
3	Комп'ютерне моделювання складного руху матеріальної точки з використанням чисельного рішення.	4	1
4	Порівняльний аналіз моделей аналітичного і чисельного рішення	4	
5	Побудова математичної моделі складного руху матеріальної точки з урахуванням сили тертя	4	1
6	Побудова математичної моделі складного руху матеріальної точки з урахуванням сили опору середовища	4	1

7	Побудова математичної моделі складного руху матеріальної точки для нерівномірного обертання	4	1
8	Моделювання сил зв'язку при русі матеріальної точки по трубці	4	
9	Побудова математичної моделі складного руху матеріальної точки з урахуванням сил тертя, опору та нерівномірного руху матеріальної точки	4	
	Разом	34	6

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми/ види завдань	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Складний рух матеріальної точки/[1]	6	12
2	Метод Рунге-Кутта розв'язання системи диференціальних рівнянь/[1]	6	12
3	Відносна та абсолютна похибка /[1]	4	6
4	Використання компоненту побудови графіків/[1]	6	12
5	Моделі опору середовища в механічних процесах/[1]	6	12
6	Моделі нерівномірного рух твердого тіла в механічних процесах/[1]	6	12
7	Характерні параметри математичної моделі механічного процесу/[1]	8	16
8	Використання 2-D графіки в процесі моделювання/[1]	8	16
9	Використання 3-D графіки в процесі моделювання/[1]	17	23
	Разом	67	121

В якості самостійної роботи здобувач може пройти професійні курси, тренінги, професійне стажування. онлайн-курси. громадську освіту, отримати відповідний сертифікат на освітніх платформах, що може бути зараховано як періодичний, поточний та фрагмент підсумкового контролю. Пропонуються до розгляду такі курси, які можуть бути визнані як періодичний, поточний контроль та/або бонусні бали (за бажанням здобувача):

Назва освітньої платформи, назва он-лайн курсу, короткий опис, посилання	Дотично до теми (та/або компетентності, результати навчання, що формуються)
---	--

EDX <i>Modeling and Simulation of Multibody Systems</i> https://www.edx.org/	СК 4, 7, 11, 20 ПР 22, 23
COURSERA <i>Mathematical Modeling Modeling and Simulation of Dynamical Systems</i> https://www.coursera.org/	СК 1, 6, 11, 19 ПР 1, 2, 6, 9

Здобувач може самостійно обрати ресурси, які будуть відповідати навчальній дисципліні.

Для зарахування в якості періодичного, поточного або фрагмента підсумкового контролю здобувач має подати документ, що підтверджує неформальну освіту, програму, зробити опис компетентностей та результатів навчання, сформованих під час неформальної освіти.

Викладач залишає за собою право перевірити сформованість перелічених компетентностей та результатів навчання.

9. Методи навчання

Словесні: лекції з аналізом конкретних прикладів, консультації.

Наочні: ілюстрація матеріалу у вигляді мультимедійних презентацій.

Практичні: лабораторні роботи.

10. Форми контролю і методи оцінювання

Методи поточного\періодичного контролю: оцінювання виконання лабораторних робіт та індивідуальних контрольних завдань.

Підсумковий контроль: Іспит.

Критерії оцінювання на поточному контролі:

Відмінно: додатки лабораторних робіт розроблено повністю згідно технічного завдання.

Добре: додатки лабораторних робіт мають неповний функціонал користувача, але вирішує основні задачі технічного завдання або не виконано не всі технічні завдання.

Задовільно: виконане візуальне проектування додатків, частково вирішено основні задачі технічного завдання або не виконано не всі технічні завдання.

Незадовільно: візуальне проектування додатків лабораторних робіт виконане частково, не вирішено ні однієї задачі технічного завдання лабораторних робіт.

Критерії оцінювання на підсумковому контролі:

Відмінно: Здобувач у повному обсязі володіє навчальним матеріалом, вільно, розгорнуто, обґрунтовано та аргументовано його викладає під час усних виступів та письмових відповідей. Здобувач демонструє чітке знання відповідних категорій, їх змісту, розуміння їх взаємозв'язку, правильно формулює тлумачення відповідних понять, демонструє знання змісту передбачених програмою робить самостійні висновки. Здобувач вміє самостійно знаходити додаткову інформацію та використовувати її для реалізації поставлених завдань, вільно використовує нові інформаційні технології для поповнення знань.

Добре: Здобувач виявляє загалом високий рівень знань щодо всієї програми навчальної дисципліни, на достатньому рівні володіє навчальним матеріалом, застосовує знання для розв'язання стандартних ситуацій, але не вміє самостійно аналізувати деякі питання, не повністю переконливо аргументувати свої відповіді, допускає незначні неточності.

Задовільно: Здобувач не повною мірою розуміє предмет навчальної дисципліни, наявні недоліки у розкритті змісту понять. Здобувач надає нечіткі характеристики відповідних явищ, викладає свої думки з істотним порушенням логіки подання матеріалу.

Незадовільно: Здобувач неправильно розкриває сутність базових питань навчальної дисципліни, допускає суттєві змістові помилки, володіє навчальним матеріалом поверхнево й фрагментарно, безсистемне виокремлює випадкові ознаки вивченого, не вміє сформулювати свою думку та викласти її в логічній послідовності, робити узагальнення та висновки.

11. Питання для підсумкового контролю

1. Що називається моделлю системи?
2. Які моделі Ви знаєте?
3. Які існують класифікації моделей?
4. Які існують способи побудови моделей?
5. Які моделі називають фізичними?
6. Які існують методи моделювання?
7. Що розуміють під терміном аналітичне моделювання? імітаційне моделювання? математичне моделювання?
8. Сформулюйте постановку задачі моделювання.
9. Наведіть суть та охарактеризуйте завдання етапу дослідження об'єкту при моделюванні.
10. Що називається добре організованими системами?
11. Що таке модель, чим вона відрізняється від оригіналу?
12. Що таке моделювання?

13. На які типи поділяються моделі за характерними особливостями вираження властивостей оригіналу і особливостям функціонування моделі?
14. На які типи поділяються моделі з підстав для перетворення властивостей моделі в якості оригіналу моделі?
15. Що таке перевірка адекватності моделі?
16. Наведіть суть та охарактеризуйте завдання етапу аналізу моделей.
17. Що включає в себе математичний опис моделі?
18. Як моделюється складний рух матеріальної точки?
19. Чим відрізняється аналітичне та чисельне дослідження задачі?
20. Як моделюється неідеальна поверхня трубки?
21. Як моделюється опір середовища?
22. Що таке характерні параметри механічного процесу?
23. Який сенс мають безрозмірні величини?
24. Чи може моделюватися механічний процес для довільних параметрів задачі?
25. Які обмеження можуть бути встановлені на параметри моделі складного руху матеріальної точки?
26. Який аналіз отриманих результатів можна провести?
27. Який порівняльний аналіз був проведений в роботах?
28. Чим відрізняються різні складові сили реакції зв'язку?
29. Які сили інерції моделюються в роботах?
30. Чим відрізняються моделі рівномірного та нерівномірного обертання пластини?
31. Які закони руху пластини дають більш реалістичні результати?
32. Яким чином можна обчислити закон рух пластини?
33. Які ще математичні моделі можливо спроектувати для задачі складного руху матеріальної точки?
34. Наведіть приклади складного руху матеріальної точки в житті, в техніці.
35. Скільки моделей було досліджено в роботах?
36. Яка модель в роботах була найбільш реалістичною?
37. Скільки результативних детермінованих рядів було отримано в роботах?
38. Яка результативна інформація найкраще описує модель системи?
39. Які переваги комп'ютерного моделювання ви бачите?
40. Які перспективи комп'ютерного моделювання складних систем ви бачите?

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Змістовий модуль № 2					Іспит	Сума балів
ЛР1	ЛР2	ЛР3	ЛР4	ЛР5	25	100
15	15	15	15	15		

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
85-89	B	добре	
75-84	C		
70-74	D	задовільно	
60-69	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов’язковим повторним вивченням дисципліни

13. Методичне забезпечення

1. Електронний конспект лекцій за дисципліною «Математичні методи моделювання процесів», що розташований у папці на Google Drive викладача.
2. Лабораторні роботи за дисципліною «Математичні методи моделювання процесів», що розташовані у папці на Google Drive викладача.

14. Рекомендована література

Основна

1. Томашевський В. М. Моделювання систем : підручник. Київ : Видавнича група ВНУ, 2005. 352 с.
2. Махней О. В. Математичне моделювання: навч. посіб. Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2015. 372 с.
3. Томашевський В.Н., Жданова О.Г., Жолдоков О.О. Вирішення практичних завдань методами комп'ютерного моделювання.: навч. посіб. Київ : Корнійчук, 2001. 268 с.
4. Стеценко І.В. Моделювання систем: навч. посіб. Черкаси : ЧДТУ, 2010. 399 с.
5. Теорія інформаційних процесів та систем / О.В. Полоневич, В.Р. Косенко, К.П. Сторчак, О.М. Ткаленко: навч. посіб. Київ : ДУТ, 2018. 101 с.
6. Павловський М.А. Теоретична механіка: підручник. Київ : Техніка, 2002. 511 с.
7. Кінематика та динаміка точки. Комп'ютерний курс: підручник / М.А. Павловський та ін. Київ: Либідь, 1993. 243 с.

8. Лященко М. Я., Головань М. С. Чисельні методи : підручник. Київ : Либідь, 1996. 288 с.
9. Павленко П. М. Основи математичного моделювання систем і процесів : навч. посіб. Київ : Книжкове вид-во НАУ, 2013. 201 с.

Додаткова

1. Скітер І.С., Ткаленко Н.В., Трунова О.В. Математичні методи прийняття управлінських рішень: навч. посіб. Чернігів: ЧДІЕУ, 2011. 250 с.
2. Лященко І.М., Коробова М.В., Столяр А.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних та соціальних процесів: навч. посіб. Тернопіль : Навчальна книга - Богдан, 2006. 304 с.
3. Основи системного проектування та системного аналізу складних об'єктів: підручник / за ред. В.І.Бикова. Київ : Либідь, 2000. 270с.
4. Струтинський В.Б. Математичне моделювання процесів та систем механіки: підручник. Житомир: ЖІТІ, 2001. 612 с.
5. Математичне програмування : навчальний посібник / А. Ф Барвінський та ін. Львів : Національний університет "Львівська політехніка" (Інформаційно-видавничий центр "Інтелект+" Інститут післядипломної освіти) "Інтелект - Захід", 2004. 448 с.
6. Вітлінський В. В., Наконечний С. І., Терещенко Т. О. Математичне програмування : навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. Київ: КНЕУ, 2001. 248 с.
7. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень : навч. посіб. / Р. Н. Кветний та ін. ; Вінниц. нац. техн. ун-т. Вінниця : ВНТУ, 2013. 191 с.
8. Rachinskaya A. Modeling the motion of a solid body under the action of the moment of light pressure in the medium with resistance // Herald of advanced information technology. – 2019. – №01(02). – С. 47-56.