


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Чорноморський національний університет імені Петра Могили  
Факультет комп'ютерних наук  
Кафедра комп'ютерної інженерії

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Перший проректор

Н. М. Іщенко

«28»  2020 року

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**  
**«МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ І ПРОЦЕСІВ»**

Спеціальність 076 «Підприємництво, торгівля та біржова діяльність»

Освітня програма «Економіка та управління підприємством»

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Розробники:

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії  
Завідувач кафедри економіки та підприємництва  
Гарант освітньої програми  
В.о. декана факультету економічних наук  
Директор ННІПО  
Начальник НМВ

Чуйко Г. П.  
Дворник О. В.  
Крайник Я. М.  
Кузьменко О. Б.  
Кузьменко О. Б..  
Філімонова О. Б.  
Норд Г.Л.  
Шкірчак С. І.



Миколаїв – 2020 рік

## 1. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

НАЙМЕНУВАННЯ ПОКАЗНИКА		ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛІНИ	
Найменування дисципліни		<b>Моделювання систем і процесів</b>	
Галузь знань		07 Управління та адміністрування	
Спеціальність		076 Підприємництво, торгівля та біржова діяльність	
Спеціалізація		–	
Освітня програма		Економіка та управління підприємством	
Рівень вищої освіти		другий (магістерський)	
Статус дисципліни		Вибіркова (цикл загальної підготовки)	
Курс навчання		6	
Навчальний рік		2020–2021 н. р.	
		Денна форма	Заочна форма
Номер(и)	семестрів (триместрів):	11 сем.	16 трим. 17 трим.
Загальна кількість кредитів ЄКТС/годин		3 кредити / 90 годин	
Структура курсу:		Денна форма	Заочна форма
1) лекції		10	6
2) практичні заняття		20	8
3) годин самостійної роботи		60	76
Відсоток аудиторного навантаження		33 %	16%
Мова викладання		Українська	
Форма проміжного контролю		–	Контр. робота
Форма підсумкового контролю		Залік	

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

### МЕТА:

навчання основам математичного моделювання систем, явищ та процесів, сигналів та інформації зокрема тих, що спостерігаються у фінансово-економічних та соціальних системах, задля проведення наукових досліджень, проектування та професійної експлуатації.

### ЗАВДАННЯ:

- опанувати основи специфічних методів аналізу явищ, сигналів, інформації, систем та процесів;

- 2) виробити навички самостійного вибору адекватних методів та засобів аналізу сигналів та інформації;
- 3) сформуванати навички математичного моделювання явищ, сигналів, інформації, систем та процесів.

#### ПЕРЕДУМОВИ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ:

Дисципліни загальної, практичної та професійної підготовки бакалавра з галузі знань 07 Управління та адміністрування.

#### ОЧІКУВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ:

У відповідності до освітньої програми «Економіка та управління підприємством» студент після вивчення дисципліни має набути наступних **загальних компетентностей**:

##### Інтегральна компетентність

- ЗК 1 Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК 2 Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

#### та спеціальних (фахових) компетентностей:

- СК 1 Здатність розробляти та реалізовувати стратегію розвитку підприємницьких, торговельних та/або біржових структур.
- СК 2 Здатність проводити оцінювання продукції, товарів і послуг в підприємницькій, торговельній та/або біржовій діяльності.
- СК 4 Здатність до вирішення проблемних питань і прийняття управлінських рішень у професійній діяльності.
- СК 5. Здатність до ініціювання та реалізації інноваційних проектів в підприємницькій, торговельній та/або біржовій діяльності.

Відповідно до освітньої програми «Економіка та управління підприємством», нормативний зміст підготовки здобувачів у термінах **програмних результатів навчання** має бути наступним:

- РН 1 Вміти адаптуватися та проявляти ініціативу і самостійність в ситуаціях, які виникають в професійній діяльності.
- РН 2 Визначати, аналізувати проблеми підприємництва, торгівлі і біржової діяльності та розробляти заходи щодо їх вирішення.
- РН 6 Визначати та впроваджувати стратегічні плани розвитку суб'єктів господарювання у сфері підприємництва, торгівлі та/або біржової діяльності.
- РН 7 Оцінювати продукцію, товари, послуги, а також процеси, що відбуваються в підприємницьких, торговельних та/або біржових структурах, і робити відповідні висновки для прийняття управлінських рішень.
- РН 9 Вміти вирішувати проблемні питання, що виникають в діяльності підприємницьких, торговельних та/або біржових структур за умов невизначеності та ризиків.
- РН 10 Впроваджувати інноваційні проекти з метою створення умов для ефективного функціонування та розвитку підприємницьких, торговельних та/або біржових структур.

В РЕЗУЛЬТАТІ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ СТУДЕНТ МАЄ:

ЗНАТИ:

- 1) основи теорії моделювання явищ, сигналів, інформації, систем та процесів;
- 2) математичні моделі із зосередженими та розподіленими параметрами;
- 3) основи моделювання виробничих процесів.

ВМІТИ:

- 1) здійснювати окремі елементи математичного моделювання виробничих систем;
- 2) працювати з математичними моделями явищ, інформації, систем та процесів;
- 3) розробляти нескладні математичні моделі явищ, інформації, систем та процесів.

### 3. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ДЕННА ФОРМА | ЗАОЧНА ФОРМА

№ з/п	Теми	Лекції	Практичні	Самостійна робота
1.	Основи теорії моделювання систем	4   __	8   __	24   __
2.	Математичні моделі з зосередженими та розподіленими параметрами	5   __	6   __	23   __
3.	Математичне моделювання виробничих систем	1   __	6   __	13   __
<b>Всього за дисципліною</b>		<b>10   __</b>	<b>20   __</b>	<b>60   __</b>

### 4. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

#### 4.1. ПЛАН ЛЕКЦІЙ

ДЕННА ФОРМА | ЗАОЧНА ФОРМА

№ заняття	Тема заняття / план	Год.
1.   __	<b>Основи теорії моделювання систем.</b> Поняття про математичне моделювання й комп'ютерне моделювання. Методологія моделювання систем і процесів.	2   __
2.   __	<b>Основи теорії моделювання систем.</b> Методи побудови математичних моделей систем і процесів. Класифікація та опис.	2   __
3.   __	<b>Математичні моделі з зосередженими параметрами.</b> Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь. Типи рішень диференціальних рівнянь другого порядку.	2   __

№ заняття	Тема заняття / план	Год.
4.   __	<b>Математичні моделі з розподіленими параметрами.</b> Математичні моделі на основі інтегральних та інтегрально-диференціальних рівнянь. Класифікація інтегральних рівнянь. Методи рішення.	2   __
5.   __	<b>Математичні моделі з розподіленими параметрами.</b> Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних. Рівняння Нав'є-Стокса, Нав'є та Ейлера.	2   __
6.   __	<b>Математичне моделювання виробничих систем.</b> Підприємство як об'єкт моделювання. Модель підприємства як відкритої системи.	1   __
<b>Разом</b>		<b>10   _</b>

## 4.2. ПЛАН СЕМІНАРСЬКИХ І ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

ДЕННА ФОРМА | ЗАОЧНА ФОРМА

№ заняття	Тема заняття / план	Год.
1.   __	<b>Вступне заняття.</b> Програма теоретичної та практичної частини дисципліни. Розподіл балів по завданнях. Критерії оцінювання завдань. Основні літературні джерела та Інтернет-ресурси. Теми індивідуальних завдань практичних робіт. Методологічні питання моделювання систем та процесів	2   __
2.   __	<b>Практична робота 1.</b> Приклади типових задач математичного моделювання.	2   –
3.   __	<b>Семінарське заняття 1.</b> Задачі, які приводять до математичних моделей у вигляді диференціальних рівнянь. Математичні моделі фізики, екології та управління.	2   __
4.   –	<b>Практична робота 2.</b> Засоби рішення диференціальних рівнянь в MAPLE. Приклади застосування.	2   –
5.   –	<b>Практична робота 3.</b> Методика знаходження рішень систем диференціальних рівнянь. Приклади моделей заданих системами диференціальних рівнянь.	2   –
6.   __	<b>Семінарське заняття 2.</b> Лінійні диференціальні рівняння математичної фізики та їх системи. Нелінійні диференціальні рівняння як моделі процесів та систем, їх особливості.	2   __
7.   __	<b>Практична робота 4.</b> Засоби розв'язання рівнянь в частинних похідних. Лінійні рівняння математичної фізики в частинних похідних.	2   –

№ заняття	Тема заняття / план	Год.
8.   –	<b>Практична робота 5.</b> Нелінійні моделі математичної фізики. Солітони Кортевега-де Вріза.	2   –
9.   –	<b>Практична робота 6.</b> Приклади економіко-математичних моделей.	2   –
10.   –	<b>Практична робота 7.</b> Особливості математичного моделювання в комп'ютерному середовищі MAPLE.	2   –
	<b>Разом</b>	<b>20   _</b>

#### 4.3. ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ з/п	Теми індивідуальних завдань (за відсутності теми МР)
1.	Моделювання використання енергії за даними Інформаційної агенції з енергетики Міністерства енергетики США. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/cla_activity4_energy_perspectives">https://www.teachengineering.org/activities/view/cla_activity4_energy_perspectives</a> .
2.	Big Data: дослідження змінних, що впливають на ринок гіпотетичних продуктів. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/und-1721-big-data-collection-manipulation-analysis">https://www.teachengineering.org/activities/view/und-1721-big-data-collection-manipulation-analysis</a> .
3.	Аналіз повені. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_watershed_lesson01_activity1">https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_watershed_lesson01_activity1</a> .
4.	Дослідження складу повітря. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_airquality_lesson01_activity3">https://www.teachengineering.org/activities/view/cub_airquality_lesson01_activity3</a> .
5.	Застосування статистики до вимірювання розмірів нанокіл вимірювань на виробництві. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/uoh_circuit_lesson01_activity1">https://www.teachengineering.org/activities/view/uoh_circuit_lesson01_activity1</a> .
6.	Аналіз ходи людини за даними GSM. url: <a href="https://www.teachengineering.org/activities/view/uno_walk_lesson01_activity2">https://www.teachengineering.org/activities/view/uno_walk_lesson01_activity2</a> .

#### 4.4. ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ

№ з/п	Інструменти / обладнання / програмне забезпечення
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Проекційне мультимедійне обладнання (проектор, екран, ноутбук/комп'ютер);</li> <li>2. Комп'ютерний клас;</li> <li>3. Доступ до мережі Internet, точка доступу Wi-Fi;</li> <li>4. OS: Windows, Android, iOS;</li> <li>5. Browsers: Chrome / Opera / Mozilla Firefox / MS Edge;</li> <li>6. Програмне забезпечення: Word, Excel, PowerPoint; Skype, Zoom, Google Meet;</li> <li>7. Система комп'ютерної математики Maple фірми Maplesoft</li> <li>8. Система електронного навчання Moodle 3.9</li> </ol>

## 5. ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ

### 5.1. ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Поняття про математичне моделювання й комп'ютерне моделювання.
2. Методологія моделювання систем і процесів.
3. Методи побудови математичних моделей систем і процесів. Класифікація та опис.
4. Математичні моделі на основі звичайних диференціальних рівнянь.
5. Типи рішень диференціальних рівнянь другого порядку.
6. Математичні моделі на основі систем звичайних диференціальних рівнянь.
7. Планарні системи та фазові портрети.
8. Модель взаємодії Лотка-Вольтера.
9. Математичні моделі з розподіленими параметрами.
10. Математичні моделі на основі інтегральних та інтегрально-диференціальних рівнянь.
11. Класифікація інтегральних рівнянь. Методи рішення.
12. Математичні моделі на основі диференціальних рівнянь у частинних похідних.
13. Рівняння Нав'є-Стокса, Нав'є та Ейлера.
14. Нелінійні моделі фізико-хімічних процесів.
15. Поняття про солітони та їх типи і властивості.
16. Математичне моделювання виробничих систем
17. Підприємство як об'єкт моделювання.
18. Модель підприємства як відкритої системи.
19. Комп'ютерні технології в задачах математичного моделювання
20. Ефективні технології для математичного моделювання систем і процесів.
21. Універсальні комп'ютерні середовища для моделювання систем та процесів.

### 6.2. ПРИКЛАД ЗАЛКОВОГО БІЛЕТУ

#### ЗАЛКОВИЙ БІЛЕТ № 0

- Завдання 1:** дайте визначення поняттю «модель» та поясніть сутність математичного моделювання та комп'ютерного моделювання.
- Завдання 2:** продемонструйте приклади математичних моделей з розподіленими параметрами, що використовуються в управлінні та адмініструванні.
- Завдання 3:** поясніть принципи та методи статистичного аналізу фінансових даних роботи підприємства.

## 6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

### ДЕННА ФОРМА

№ з/п	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1.	Заохочувальні бали	4
2.	Практична робота 1 (3 завдання)	9
3.	Практична робота 2 (2 завдання)	6
4.	Практична робота 3 (2 завдання)	6
5.	Практична робота 4 (2 завдання)	6
6.	Практична робота 5 (2 завдання)	6
7.	Практична робота 6 (2 завдання)	6
8.	Практична робота 7 (3 завдання)	9
9.	Самостійна робота	18
10.	Залік	30
	<b>Разом</b>	<b>100</b>

### ЗАОЧНА ФОРМА

№ з/п	Вид діяльності (завдання)	Максимальна кількість балів
1.	Заохочувальні бали	10
2.	Контрольна робота (для заочн. форми)	60
3.	Залік	30
	<b>Разом</b>	<b>100</b>

#### 6.1. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЗАВДАНЬ ДЛЯ ДОСЯГНЕННЯ МАКСИМАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ БАЛІВ

##### ДЕННА ФОРМА

##### **Заохочувальні бали**

В якості заохочувальних балів студенти можуть отримати 4 бали за умови присутності на всіх, без винятку, заняттях.

##### **Практичні роботи**

Розробляються та оформлюються кожним студентом в індивідуальному порядку за темами магістерських робіт. Звіт з практичної роботи подається у вигляді оформленого у Maple



і конвертованого у pdf-формат файлу, які, в свою чергу, завантажуються на Moodle. Оцінювання здійснюється за виконаними 2 або 3 завданнями, визначеними у роботах. Критерії оцінювання завдань наведені у таблиці нижче.

### Самостійна робота

Засвоєння матеріалу дисципліни, окрім лекційних та практичних занять – тобто, аудиторної роботи – значну увагу студенти повинні приділяти самостійній роботі, основні види якої такі:

- вивчення лекційного матеріалу;
- вивчення рекомендованої літератури;
- самостійне опрацювання методичних матеріалів практичних завдань.

Частина самостійної роботи виконується у вигляді індивідуального завдання та являє собою моделювання явища, процесу або технології за темою магістерської роботи (МР). У разі відсутності затвердженої теми МР студент може обрати будь-яку з таблиці п. 4.3. Звіт з виконання індивідуального завдання подається у вигляді оформленого у Maple і конвертованого у pdf-формат файлів, які завантажуються на Moodle.

Звіт з розроблення індивідуального завдання складається з 6-ти пунктів, кожен з яких оцінюється у 3 бали максимум:

1. Вступ (загальний опис, формулювання проблеми та задач; опис масиву даних: їх характер, особливості отримання).
2. Визначення понять та термінів (якими необхідно оперувати для розуміння процесу моделювання).
3. Методи та засоби (використані для рішення поставлених задач з їх обґрунтуванням, пояснення можливостей та обмежень).
4. Результати та обговорення (представлення результатів обрахунків у вигляді аналітичних виразів, таблиць, графіків, спарклайнів й т. ін.).
5. Висновки.
6. Перспективи подальших досліджень та моделювання.

Кожне завдання практичної або самостійної роботи оцінюється максимум у 3 бали за наступними критеріями:

Кількість балів	Шкала оцінювання завдань
3	Завдання повністю виконане без жодної помилки, наявні пояснення студента до виконання
2	Завдання виконано з мінімальною відповідністю критеріям
1	В цілому завдання виконано, але з некритичними помилками
0	Завдання не виконано, або потребує значного доопрацювання

### ЗАОЧНА ФОРМА

#### Заохочувальні бали

В якості заохочувальних балів студенти можуть отримати 10 балів за умови присутності на всіх, без винятку, заняттях.

#### Самостійна робота

Засвоєння матеріалу дисципліни, окрім лекційних та практичних занять – тобто, аудиторної роботи – значну увагу студенти повинні приділяти самостійній роботі, основні види якої такі:

- вивчення лекційного матеріалу;
- вивчення рекомендованої літератури;
- самостійне опрацювання методичних матеріалів практичних завдань.

Оцінювання результатів самостійної роботи враховано у балах за контрольну роботу.

### Контрольна робота

Мета контрольної роботи для студентів заочної форми навчання: перевірити засвоєння матеріалу для самостійного формулювання та вирішення задач проектування зі спеціальності. Контрольна робота виконується протягом 16-го та 17-го триместрів у вигляді окремих завдань практичних робіт, перелік яких наведено нижче). Контрольна робота складається з 6-ти завдань (за варіантом), кожне з яких оцінюється за 10-бальною шкалою (див. таблицю нижче). Максимальний бал за контрольну роботу становить 60 балів. Приклад контрольної роботи:

### Контрольна робота

#### Білет № 0

- 1) Вирішити звичайне диференціальне рівняння для генератору автоколивань Ван-дер-Поля  $\ddot{x} - (\lambda - x^2) \cdot \dot{x} + x = 0$  та пояснить трансформацію фазового портрету системи.
- 2) Вирішити систему диференціальних рівнянь для подвійного осцилятора, візуалізувати та пояснити рішення. Параметри системи:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}(t) = -k_1 x(t) + k_2 (y(t) - x(t)) \\ m_2 \ddot{y}(t) = -k_2 (y(t) - x(t)) + f(t) \end{cases}$$

$$m_1 = 2, m_2 = 1, k_1 = 4, k_2 = 2, f(t) = 40 \cdot \sin(3t).$$

- 3) Вирішити лінійне рівняння в частинних похідних, а саме: параболічне рівняння теплопровідності, в якому температура на кінцях інтервалу підтримується незмінною:

$$\frac{\partial}{\partial t} u(x, t) - k \frac{\partial^2}{\partial t^2} u(x, t) = 0.$$

- 4) Пояснити отримання солітонного рішення нелінійного рівняння Кортевега-де-Вріза та зобразити функцію з фіксованими параметрами швидкості та початку відліку координат:

$$\frac{\partial}{\partial t} u(x, t) - 6 \cdot u(x, t) \cdot \frac{\partial}{\partial t} u(x, t) + \frac{\partial^3}{\partial t^3} u(x, t) = 0.$$

- 5) Пояснити рішення задачі про оптимальний розподіл капіталу з депозитуванням на рахунок у банку та інвестуванням у виробництво.
- 6) Продемонструвати програмування ітерацій логістичної карти.

ДЕННА ФОРМА | ЗАОЧНА ФОРМА

### Залік

До заліку допускаються студенти, які накопичили не менше 30 балів протягом семестру. Заліковий білет складається з трьох завдань (п. 5.2), кожне з яких оцінюється максимум у 10 балів. Результати виконання завдань залікового білету подаються у вигляді оформленого у Maple і конвертованого у pdf-формат файлів, які завантажуються на Moodle. За відсутності хоча б одного з файлів на Moodle студент не може отримати залік. Критерії оцінювання кожного завдання:

**Кількість  
балів**

**Шкала оцінювання завдань**

Кількість балів	Шкала оцінювання завдань
10	Завдання повністю виконане без жодної помилки, наявні пояснення студента до виконання. Maple-файл оформлений у згідно з вимогами до оформлення звітів з практичних робіт. Окрім супровідного тексту відповіді, кодів та пояснень до них, наявні графіки та/або таблиці, та/або рисунки, схеми.
8	Завдання виконано з мінімальною відповідністю критеріям. Припустимим є неповна відповідність вимог до оформлення.
6	В цілому завдання виконано, але з некритичними помилками.
4	Наявні некритичні помилки, однак відсутній супровідний текст з відповіддю на питання. Майже повне недотримання вимог до оформлення.
2	Наявний лише код, що демонструє результат виконання завдання. Або наявна тільки відповідь на питання без демонстрації реалізації завдання у Maple-кодi.
0	Завдання не виконано, або завдання потребує значного доопрацювання

ПРИКЛАД МОЖЛИВОГО РОЗПОДІЛУ БАЛІВ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ЗАЛІКУ:

Вид діяльності	Залік / E	Залік / C	Залік / A
Заохочувальні бали	60	78	93
Практичні роботи	1	3	4
Самостійна робота	28	30	42
Залік	11	15	17
	20	30	30

## 7. РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

### 7.1. ОСНОВНІ

1. Математичне моделювання систем і процесів : навч. посібник / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. 244 с. URL: <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/105>.
2. Хусаїнов Д. Я., Харченко І. І., Шатирко А. В. Введення в моделювання динамічних систем : навч. посібник. Київ : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010. 128 с. URL: <http://www.csc.knu.ua/en/library/books/khusainov-17.pdf>.
3. Кветний Р. Н., Богач І. В., Бойко О. Р., Софіна О. Ю., Шушура О.М. Комп'ютерне моделювання систем та процесів. Методи обчислень. Частина 1 : навч. посібник ; за заг. ред. Р.Н. Кветного. Вінниця : ВНТУ, 2012. 193 с. URL: <http://ibogatch.vk.vntu.edu.ua/file/140131cc95bd3d0b1445f644782355ac.pdf>.

### 7.2. ДОДАТКОВІ

4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. Москва : Наука, 1978. 830 с. URL: <https://www.bookvoed.ru/files/3515/10/36/77.pdf>.

5. Мамонов К. А. Конспект лекцій з дисципліни «Економіко-математичне моделювання». Харків : Харк. нац. акад. міськ. госп-ва (ХНАМГ), 2009. 86 с. URL: <https://financial.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2017/09/%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D1%96%D1%97.pdf>.
6. Ризниченко Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии. Москва ; Ижевск : Ин-т компьютерных исследований, 2003. 184 с. URL: <http://chembaby.com/wp-content/uploads/2016/02/Riznichenko.pdf>.
7. Lynch S. Dynamical Systems with Applications using Maple. 2nd ed. Boston; Basel; Berlin : Birkhause, 2009. 509 p. URL: [https://www.researchgate.net/publication/263921574\\_Dynamical\\_Systems\\_with\\_Applications\\_using\\_Maple](https://www.researchgate.net/publication/263921574_Dynamical_Systems_with_Applications_using_Maple).
8. Таранчук В. Б. Основные функции систем компьютерной алгебры; пособие для студентов ф-та прикл. математики и информатии. Минск : БГУ, 2013. 59 с. URL: <https://elib.bsu.by/handle/123456789/46210>.
9. Basic Air Data. Home of GPS Logger and Asgard Air Data Computer. URL: <https://www.basicairdata.eu/>.
10. TeachEngineering. University of Colorado. Browse K-12 STEM Curriculum : website. URL: <https://www.teachengineering.org/curriculum/browse?q=spreadsheet>.