

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара

---

Механіко-математичний факультет

Кафедра теоретичної та комп'ютерної механіки

**Е. Л. Гарт**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**до самостійної роботи з вивчення дисципліни**  
**“Математичне моделювання”**

для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня  
спеціальності 113 Прикладна математика

Дніпро – 2020

## I. Мета дисципліни

Метою викладання дисципліни «Математичне моделювання» для здобувачів вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності «Прикладна математика» є придбання ними:

- знання принципів побудови математичних моделей, класифікації моделей, математичного апарату, що використовується для реалізації дослідження;

- здатності складати математичні моделі різного виду для технічних систем та процесів;

- навичок виконання розрахунків та обчислювальних експериментів з використанням сучасних математичних пакетів прикладних програм.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Математичне моделювання» здобувач вищої освіти повинен

### знати:

- принципи побудови математичних моделей, класифікації моделей, математичного апарату, що використовується для реалізації дослідження;

- основні задачі, методи дослідження, новітні теорії, технології, методи та методики у галузях прикладної математики, механіки і математичного моделювання.

### вміти:

- формулювати проблему та обирати метод дослідження;
- аналізувати результати дослідження та надавати рекомендації щодо практичного використання;

- виявляти, ставити та вирішувати проблеми при розв'язуванні задач прикладної математики, механіки і математичного моделювання;

- бути здатним до самостійного проведення досліджень на високому науковому рівні.

## II. Тематика самостійної роботи з вивчення дисципліни

Тема самостійної роботи	Рекомендована література
<b>Тема 1</b> ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (Визначення математичних моделей. Приклади математичних моделей)	[1], [4], [8], [10], [11], [14]
<b>Тема 1</b> КЛАСИФІКАЦІЇ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ( Математичні моделі та їх класифікація. Основні властивості математичних моделей)	[1], [3], [4], [8], [10-12], [14]
<b>Тема 2</b> ЗАГАЛЬНА СХЕМА МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ (Два основні підходи до побудови математичної моделі. Методики аналізу моделі. Похибка результатів математичного моделювання. Визначення адекватності побудованої моделі)	[1], [3], [5], [7], [10], [14], [15]
<b>Тема 3</b> СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ(Метод Монте-	[1], [2], [6], [8-

Карло. Рівномірні випадкові послідовності. Алгоритм фон Неймана. Загальні методи генерування випадкових послідовностей із заданими законами розподілу. Моделювання багатовимірних випадкових векторів)	11], [13], [15-18]
<b>Тема 4 ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ</b> (Основні етапи імітаційного моделювання. Побудова концептуальної моделі. Логічні структурні схеми імітаційних моделей. Операторні схеми імітаційних моделей. Реалізація імітаційних моделей)	[1], [3], [5-9], [11, 12] [15-20]
<b>Тема 5 РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ</b> (Загальна характеристика методів та задач регресійного аналізу. Лінійні моделі. Поліноміальні моделі)	[1], [3], [6], [8], [13-16]

**Форма контролю** (елементи контролю):

- тестовий контроль (бліц-опитування);
- виступи, презентації (аналітичний огляд),
- усне опитування на практичних (семінарських) заняттях;
- виконання індивідуальних розрахункових завдань (звіт та захист).

### III. Методи навчання та інформаційно-методичне забезпечення

Згідно з робочою навчальною програмою дисципліни використовуються такі **методи навчання**: подання теоретичного матеріалу — на лекційних заняттях; поглиблення та закріплення теоретичного матеріалу на практичних (семінарських) заняттях та під час самостійної роботи здобувачів вищої освіти.

**Перевірка** отриманих знань та навичок — проведення тестових контролів (бліц-опитування), виступ з доповіддю та презентацією з обраної теми аналітичного огляду; перевірка залишкових знань — усне опитування на практичних (семінарських) заняттях та виконання самостійних індивідуальних завдань.

Передбачено індивідуальне консультування при виконанні здобувачами вищої освіти індивідуальних розрахункових завдань. Робота виконується в рамках часу на контрольовану самостійну роботу. Полягає в **розробці математичної моделі по темі дисертаційного дослідження і виконанні її розрахунку**. **Звіт з виконаної роботи повинен містити**: 1) аналіз розробок, що раніше виконувалися, 2) підтвердження актуальності роботи, 3) постановку задачі, 4) загальний опис методики дослідження, 5) розрахункову частину, 6) аналіз результатів, 7) висновки, 8) список використаної літератури.

**Для самостійного опанування** завдань дисципліни рекомендовано:

1. <http://repository.dnu.dp.ua:1100/>
2. <http://mmf.dnu.dp.ua/index.php/studentu/books/>,
3. <https://docplayer.net/39217144-Matematichni-osnovi-modelyuvannya-sistem.html>
4. Інтернет-ресурси

## 5. Навчально-методична література:

### *Основна:*

1. *Бахрушин В.Є.* Математичні основи моделювання систем: навч. посібник. – Запоріжжя, 2009. – 224 с.
2. *Колодницький М. М.* Основи теорії математичного моделювання систем. – Житомир, 2001. – 718 с.
3. *Павленко П.М.* Основи математичного моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2013. – 201 с.
4. *Павленко П.М., Філоненко С.Ф., Чередніков О.М., Трейтяк В.В.* Математичне моделювання систем і процесів: навч. посіб. – К.: НАУ, 2017. – 392 с.
5. *Станжицький О.М., Таран Є.Ю., Гординський Л.Д.* Основи математичного моделювання: навч. посібник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр “Київський університет”, 2006. – 96 с.

### *Додаткова:*

6. *Білецький В.С., Смирнов В.О., Сергеев П.В.* Моделювання процесів переробки корисних копалин: Посібник / НТУ «Харківський політехнічний інститут». – Львів: «Новий Світ- 2000», 2020. – 399 с.
7. *Стеценко І.В.* Моделювання систем: навч. посіб. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 399 с.
8. *Струтинський В.Б.* Математичне моделювання процесів та систем механіки. - Житомир: ЖІТІ, 2001. - 612 с.
9. *Попович М.Г., Ковальчук О.В.* Теорія автоматичного керування. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
10. *Томашевський В.М.* Моделювання систем. - К.: Вид. група ВНУ, 2005. – 352 с.
11. Математическое моделирование в технике. Учеб. для вузов / Под ред. В.С. Зарубина, А.П. Крищенко. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 496 с.
12. *Васильев В.В., Симак Л.А., Рыбникова А.М.* Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK. Учебное пособие. — К.: Нац. авиац. ун-т, 2008. – 91 с.
13. *Дьяконов В.П.* Компьютерная математика. Теория и практика. М.: Нолидж, 2001, 1295 с.
14. *Самарский А.А., Михайлов А.П.* Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2005. – 320 с.
15. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. Учебное пособие для ВУЗов. – М.: Наука, 1986. - 299 с.
16. *Шеннон Р.* Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 420 с.
17. *Гарт Э. Л.* Численное моделирование влияния угловых подкреплений прямоугольных отверстий в пластине на её напряжённо-деформированное состояние // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Сер.: Механіка. – 2014. – Вип. 18, т. 2. – С. 28– 36.
18. *Гудрамович В. С., Гарт Э. Л., Струнин К. А.* Численное моделирование поведения упругих конструкций с локальными подкрепляющими элементами //

Космическая техника. Ракетное вооружение. Сб. науч.-техн. ст. – Днепр: ГП "КБ "Южное". – 2019. – Вып. 2 (118). – С. 25–34.  
<https://doi.org/10.33136/stma2019.02.025>

19. *Hart E. L., Hudramovich V. S., Ryabokon' S. A., Samarskaya E. V.* Numerical simulation of stress-strain state for nonhomogeneous shell-type structures based on the finite element method // *Modeling and Numerical Simulation of Material Science*. – 2013. – Vol. 3, No 4. – P. 155–157. <http://www.scirp.org/journal/MNSMS/>

20. *Hart E. L., Hudramovich V. S.* Projection-iterative schemes for the realization of the finite-element method in problems of deformation of plates with holes and inclusions // *Journal of Mathematical Sciences*. – 2014. – Vol. 203, No. 1. – P. 55–69. <https://doi.org/10.1007/s10958-014-2090-x>

#### IV. Перелік тем для аналітичного огляду

Здобувач вищої освіти третього (освітньо-наукового) рівня обирає одну із запропонованих тем з розділу «**Методи математичного моделювання**» та готує виступ з доповіддю та презентацією з обраної теми аналітичного огляду на практичному (семінарському) занятті за відповідним графіком:

**Тема 1** СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Метод Монте-Карло. Рівномірні випадкові послідовності. Алгоритм фон Неймана. Приклади.

**Тема 2** СТАТИСТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Загальні методи генерування випадкових послідовностей із заданими законами розподілу. Приклади.

**Тема 3** ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Основні етапи імітаційного моделювання. Побудова концептуальної моделі. Приклади.

**Тема 4** ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Логічні структурні схеми імітаційних моделей. Операторні схеми імітаційних моделей. Приклади.

**Тема 5** ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ. Реалізація імітаційних моделей. Приклади.

**Тема 6** РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ. Загальна характеристика методів та задач регресійного аналізу. Приклади.

**Тема 7** РЕГРЕСІЙНІ МОДЕЛІ. Лінійні моделі. Поліноміальні моделі.

#### V. Питання для самоконтролю

1. Що називають моделюванням?
2. Що називають моделлю?
3. Які моделі називають реальними? Наведіть приклади таких моделей.
4. Які моделі називають абстрактними? Наведіть приклади абстрактних моделей.
5. Які моделі називають математичними? Наведіть приклади таких моделей.
6. Якими є основні методи встановлення подібності між моделлю та оригіналом? Наведіть приклади їх застосування.
7. Які моделі називають пізнавальними? Наведіть приклади пізнавальних моделей.
8. З якою метою розробляють пізнавальні моделі?

9. Які моделі називають прагматичними? Наведіть приклади таких моделей.
10. Для чого використовують прагматичні моделі?
11. Які моделі називають статичними? Наведіть приклади таких моделей.
12. Які моделі називають динамічними? Наведіть приклади динамічних моделей.
13. У чому полягає властивість скінченності моделей? Чим вона зумовлена?
14. У чому полягає властивість наближеності моделей? Наведіть приклади наближень, що найчастіше використовуються при створенні математичних моделей систем.
15. У чому полягає властивість неповноти моделей? Чим визначається необхідна ступінь повноти моделі?
16. Що називають адекватністю моделі? Наведіть приклади адекватних й неадекватних моделей.
17. Що називають істинністю моделі. Наведіть приклади істинних та помилкових моделей.
18. Яким є зв'язок між істинністю й адекватністю моделі? Чи можуть неадекватні моделі бути істинними, або помилкові моделі - адекватними? Чи обов'язково адекватні моделі є істинними, а істинні - адекватними?
19. Що розуміють, говорячи, що модель є цільовим відображенням оригіналу?
20. Які фактори визначають якість моделі? Наведіть приклади.
21. Чим зумовлена необхідність вивчення моделей систем замість оригіналів?
22. Який вид моделювання називають концептуальним? Наведіть приклади концептуальних моделей систем і постановки завдань концептуального моделювання.
23. Який вид моделювання називають інтуїтивним? Наведіть приклади інтуїтивного моделювання систем.
24. Який вид моделювання називають фізичним? Наведіть приклади фізичних моделей систем і постановки завдань фізичного моделювання.
25. Який вид моделювання називають структурно-функціональним? Наведіть приклади структурно-функціональних моделей систем і постановки завдань такого моделювання.
26. Який вид моделювання називають математичним? Наведіть приклади математичних моделей систем і постановки завдань математичного моделювання.
27. Який вид моделювання називають імітаційним? Наведіть приклади імітаційних моделей систем і постановки завдань імітаційного моделювання.
28. Який тип моделі називають чорним ящиком? Які завдання вирішують за допомогою таких моделей?
29. Що називають входами та виходами системи? Для чого вони потрібні?
30. Що називають моделлю складу системи? Наведіть приклади моделей складу.
31. Що називають елементами й підсистемами? Наведіть приклади підсистем і елементів певної системи.

- 32.Що називають моделлю структури системи? Наведіть приклади моделей структури.
- 33.Що називають зв'язками системи? Які основні типи зв'язків вирізняють при дослідженні систем? Наведіть приклади зв'язків різного типу.
- 34.Що називають структурною схемою системи? Наведіть приклади структурних схем.
- 35.У чому полягає різниця між управлінням за розімкненим циклом та управлінням за замкненим циклом? Наведіть структурні схеми, що реалізують відповідні способи управління.
- 36.Що називають деревом цілей?
- 37.У чому полягають особливості аналітичних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою? Наведіть приклади.
- 38.У чому полягають особливості статистичних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою? Наведіть приклади.
- 39.У чому полягають особливості теоретико-множинних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою? Наведіть приклади.
- 40.У чому полягають особливості логічних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою? Наведіть приклади.
- 41.У чому полягають особливості лінгвістичних і семіотичних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою? Наведіть приклади.
- 42.У чому полягають особливості графічних методів формалізованого подання систем? Які завдання можна вирішувати за їх допомогою?
- 43.Що називають математичною моделлю системи?
- 44.Назвіть та охарактеризуйте основні методи дослідження математичних моделей.
- 45.Які моделі називають статичними? Наведіть приклади статичних математичних моделей.
- 46.Які моделі називають динамічними? Наведіть приклади динамічних математичних моделей.
- 47.Які моделі називають детермінованими? Наведіть приклади детермінованих математичних моделей.
- 48.Який математичний апарат найчастіше застосовують для побудови детермінованих математичних моделей?
- 49.Які моделі називають стохастичними? Наведіть приклади стохастичних математичних моделей.
- 50.Який математичний апарат найчастіше застосовують для побудови стохастичних математичних моделей?
- 51.Які моделі називають неперервними? Наведіть приклади неперервних математичних моделей.

52. Які моделі називають дискретними? Наведіть приклади дискретних математичних моделей.
53. Які моделі називають лінійними? Наведіть приклади лінійних математичних моделей.
54. Які моделі називають нелінійними? Наведіть приклади нелінійних математичних моделей.
55. Які моделі називають одновимірними? Наведіть приклади одновимірних математичних моделей.
56. Які моделі називають стаціонарними? Наведіть приклади стаціонарних математичних моделей.
57. Які моделі називають нестаціонарними? Наведіть приклади нестаціонарних математичних моделей.
58. Якими є основні завдання аналітичного дослідження математичних моделей?
59. Якими є основні методи аналітичного дослідження математичних моделей?
60. Яке програмне забезпечення можна використовувати для аналітичного дослідження математичних моделей?
61. Якими є типові проблеми, що обмежують область застосовності аналітичних методів дослідження математичних моделей складних систем?
62. Які методи використовують для спрощення математичних моделей? Наведіть приклади.
63. Які завдання вирішують за допомогою чисельних методів аналізу математичних моделей?
64. Якими є основні проблеми, що виникають при застосуванні чисельних методів дослідження математичних моделей?
65. Якими є основні методи чисельного дослідження математичних моделей?
66. Які математичні задачі називають некоректними? Наведіть приклади некоректних математичних задач.
67. Що називають стійкістю розв'язку? Чому розв'язки задач, одержуваних при чисельному дослідженні математичних моделей мають бути стійкими?
68. Що називають аналоговим дослідженням математичних моделей? Як можна реалізувати таке дослідження на практиці?
69. Якими є основні складові похибки моделювання?
70. Що називають похибкою математичної моделі, якими є її основні джерела, як можна зменшити цю похибку?
71. Що називають похибкою емпіричних даних, якими є її основні джерела, як можна зменшити цю похибку?
72. Що називають похибкою розрахункового алгоритму, якими є її основні джерела, як можна зменшити цю похибку?
73. Що називають похибкою обчислювань, якими є її основні джерела, як можна зменшити цю похибку?
74. Які складові похибки моделювання є усувними, і які з них є неусувними?
75. Чому при побудові моделі прагнуть до балансу похибок різного типу?
76. Які способи найчастіше використовують для подання математичних моделей систем?

77. На які основні підмножини поділяють сукупність величин, що описує функціонування системи?
78. Наведіть приклади типових математичних схем, які використовують для подання систем різного типу.
79. Якими є основні етапи побудови математичної моделі системи?
80. Якими є основні підходи до визначення структури моделі і способів математичного подання її окремих блоків?
81. Як оцінюють якість алгоритму числового дослідження математичної моделі?