



# МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

– Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	15 Приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредити (120 годин): 36 годин лекцій, 18 годин практичних робіт, 66 годин СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/модульна контрольна робота, поточний контроль
Розклад занять	У відповідності до розкладу занять розміщеному на сайті <a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Вислоух Сергій Петрович, <a href="mailto:vsp1@ukr.net">vsp1@ukr.net</a> Практичні: к.т.н., доцент, Філіппова Марина В'ячеславівна, <a href="mailto:m.filippova@kpi.ua">m.filippova@kpi.ua</a>
Розміщення курсу	Дистанційний курс розміщено на платформі «Сікорський» <a href="https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4180">https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=4180</a>

– Програма навчальної дисципліни

## 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Математичне моделювання процесів і систем» призначена для забезпечення підготовки майбутніх магістрів з використання засобів комп'ютерної техніки для проведення математичного моделювання процесів і систем, які є предметом професійного інтересу.

Метою дисципліни є формування у студентів здатностей:

- здатність проведення досліджень на відповідному рівні;
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність проектувати та впроваджувати високонадійні системи автоматизації та їх прикладне програмне забезпечення, для реалізації функцій управління та опрацювання інформації, здійснювати захист прав інтелектуальної власності на нові проектні та інженерні рішення;
- здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;
- здатність використовувати поглиблені знання спеціального математичного інструментарію для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації та процесів, що в них протікають;
- здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації;

**Предметом** дисципліни є математичне моделювання процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі **результати навчання**:

– застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;

– застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних виробництв;

– використовувати спеціальний математичний інструментарій для моделювання, аналізу та ідентифікації приладів і систем автоматизації, та процесів, що в них протікають;

– вільно користуватись сучасними математичними та інформаційними технологіями для вирішення професійних завдань, програмувати та використовувати прикладні та спеціалізовані комп'ютерно-інтегровані середовища для вирішення задач автоматизації.

– володіти методами математичного моделювання, що базуються на використанні сучасних методів моделювання, включаючи методи багатовимірного статистичного аналізу, методів планування експериментів, теорії подібностей та аналізу розмірностей, теорії графів, штучних нейронних мереж, евристичної самоорганізації моделей, багатозначної логіки, імітаційного та структурного моделювання тощо;

– володіти основними прийомами розробки алгоритмів вибраного методу, їх програмної реалізації із використанням алгоритмічних мов програмування.

– володіти основними прийомами відлагодження програм та аналізу отриманих результатів.

– виконувати розрахунки за допомогою створених програм та аналіз їх результатів.

– вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, та комп'ютерні методи для розроблення математичних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій;

– правильно обирати відповідний метод для розв'язування задачі.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Вивчення дисципліни базується на знаннях з отриманих на попередньому рівні вищої освіти.

У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, наукових дослідженнях за темою магістерської дисертації та при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Тема 1. Основи теорії моделювання процесів і систем.

Принципи системного підходу. Основні поняття моделювання систем. Методологія комп'ютерного моделювання систем. Моделі складних систем

Тема 2. Чисельні методи моделювання параметрів процесів і систем

Інтерполяція функцій. Апроксимація функцій.

Тема 3. Експериментально статистичні методи моделювання

Основи регресійного аналізу. Вибір та кодування факторів. Натуральна та кодовані шкали. Рандомізація. Повний факторний експеримент (ПФЕ). Врахування нелінійності добутку факторів. Дробовий факторний експеримент. Плани другого порядку. Статистична обробка результатів експерименту.

Тема 4. Моделювання на основі теорії подібностей та аналізу розмірностей

Основні положення теорії подібностей. Методи обчислення  $\pi$ -критеріїв.

Тема 5. Основи теорії графів.

Шляхи і маршрути графів. Вага і довжина шляху графа. Особливості моделювання графів на ЕОМ

Тема 6. Моделювання методами евристичної самоорганізації моделей.

Основи індуктивного методу самоорганізації моделей. Алгоритми самоорганізації моделей.

Тема 7. Штучні нейронні мережі (ШНМ) як метод моделювання складних систем.

Алгоритми навчання та використання ШНМ

Тема 8. Моделювання та оптимізація роботи виробничих систем.

Основи імітаційного моделювання виробничих систем. Моделювання виробничих систем методами мереж Петрі.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Комп'ютерне моделювання процесів та систем. Чисельні методи: підручник / С.П. Вислоух, О.В. Волошко, Г.С. Тимчик, М.В. Філіппова. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2021. – 228 с. ISBN 978-966-990-028-9. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/48860>

2. Андруник, Василь Адамович. Чисельні методи в комп'ютерних науках : навчальний посібник / В.А. Андруник, В.А. Висоцька, В.В. Пасічник, Л.Б. Чирун, Л.В. Чирун ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет "Львівська політехніка". – Львів : Видавництво "Новий Світ–2000", 2021. – 2 томи.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000637137&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000637137&local_base=KPI01)

3. Бойко, Лідія Трохимівна. Основи чисельних методів : навчальний посібник / Л.Т. Бойко. – Дніпропетровськ : Вид-во Дніпропетров. нац. ун-ту, 2009. – 244 с.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000246786&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000246786&local_base=KPI01)

4. Виклюк, Ярослав Ігорович. Моделювання складних систем : навчальний посібник / Я.І. Виклюк, Р.М. Камінський, В.В. Пасічник ; Міністерство освіти і науки України. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. – 403 с.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000608879&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000608879&local_base=KPI01)

5. Зеленський, Кирило Харитонович. Комп'ютерне моделювання систем : навч. посіб. / К.Х. Зеленський, Г.В. Кіт, О.І. Чумаченко ; Мін-во освіти і науки України, Відкритий міжнародний ун-т розвитку людини "Україна". – Київ : Україна, 2014. – 314 с.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000399401&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000399401&local_base=KPI01)

6. Кваско, Михайло Зіновійович. Числові методи комп'ютерного моделювання автоматичних систем. Алгоритми і програми : Навч. посібник для студ. внз за напр. "Автоматизація комп'ютерно-інтегровані технології" / М.З. Кваско, А.І. Кубрак, А.І. Жученко ; НТУУ "КПІ". – Київ : Політехніка, 2003. – 360 с.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000151034&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000151034&local_base=KPI01)

7. Обод, Іван Іванович. Математичне моделювання систем : навчальний посібник для студентів спеціальностей "Комп'ютерна інженерія", "Комп'ютерні науки та інформаційні технології" / І.І. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид ; Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут". – Харків : Друкарня Мадрид, 2019. – 267 с.

[https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc\\_number=000608529&local\\_base=KPI01](https://opac.kpi.ua/F/?func=direct&doc_number=000608529&local_base=KPI01)

8. Чуйко Г. П. Математичне моделювання систем і процесів : навч. посіб. / Г. П. Чуйко, О. В. Дворник, О. М. Яремчук. – Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили, 2015. – 244 с. <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/handle/123456789/105>

Додаткова література

9. F. Pfeiffer, H. Bremer. The Art of Modeling Mechanical Systems.–Cham: Springer International Publishing, 2016.– 386p.

10. Crista Arangala, Nicolas S Luke, Karen A Yokley. Mathematical Modeling: Branching Beyond Calculus. – Milton: CRC Press, 2018. – 316 p.

11. Joachim Piprek. Handbook of Optoelectronic Device Modeling & Simulation (Two-Volume Set). – CRC Press, 2017. – 1720 p.

1. 12. Зайченко Ю.П. Основи проектування інтелектуальних систем. Навчальний посібник. – К.: Видавничий дім «Слово», 2004. – 352 с.

13. Лазарев Ю.Ф. Моделювання на ЕОМ. Навчальний посібник./ Ю.Ф. Лазарев – К: Політехніка, 2007. – 290 с.

14. Вислоух С.П. Інформаційні технології в задачах технологічної підготовки приладо- та машинобудівного виробництва: моногр. / С.П. Вислоух. – К.: НТУУ "КПІ", 2011. – 488 с.

15. Моделювання процесів та систем. Практикум. [Електронне видання] Навч. посібник для студентів спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані системи та технології” / Уклад.: Кравченко І.В. – К.: НТУУ “КПІ”, 2020. – 132с.

16. Моделювання інформаційно-вимірювальних систем: Конспект лекцій [Електронне видання] / Уклад.: Кравченко І.В. – К.: НТУУ “КПІ”, 2017. – 79с.

## – Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни

Для опанування навчальної дисципліни передбачено лекційний матеріал, практичні роботи та самостійна підготовка студентів.

**Лекції** передбачають теоретичні матеріали (електронний конспект лекцій та презентації), що дадуть студентам базові знання щодо математичного моделювання та оптимізації. Для практичного закріплення теоретичного матеріалу за кожним розділом передбачено **практичні роботи**. Огляд сучасного стану питань математичного моделювання з можливості практичної реалізації виноситься на **самостійну роботу** студентів.

### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Тема 1. Основи теорії моделювання процесів і систем. Лекція 1. Принципи системного підходу. Основні поняття моделювання систем
2	Лекція 2. Методологія комп’ютерного моделювання систем
3	Лекція 3. Моделі складних систем.
4	Тема 2. Чисельні методи моделювання. Лекція 4. Інтерполяція функцій
5	Лекція 5. Апроксимація функцій
6	Тема 3. Експериментально статистичні методи моделювання. Лекція 6. Основи регресійного аналізу. Вибір та кодування факторів. Натуральна та кодовані шкали. Рандомізація. Повний факторний експеримент (ПФЕ).
7	Лекція 7. Побудова планів ПФЕ. Властивості планів ПФЕ.
8	Лекція 8. Визначення коефіцієнтів регресійної моделі.
9	Лекція 9. Врахування не лінійності добутку факторів. Дробовий факторний експеримент.
10	Лекція 10. Виключення грубих похибок експерименту. Перевірка однорідності вимірів і дисперсій.
11	Лекція 11. Визначення коефіцієнтів рівняння регресії та перевірка адекватності отриманої моделі.
12	Тема 4. Основні положення теорії подібностей. Лекція 12. Послідовність реалізації теорії подібностей. Поняття $\pi$ -критеріїв.
13	Лекція 13. Обчислення $\pi$ -критеріїв. Визначників метод визначення $\pi$ -критеріїв; Отримання $\pi$ -критеріїв методом порівняння показників степенів.
14	Тема 5. Основи теорії графів. Лекція 14. Шляхи і маршрути графів. Вага і довжина шляху графа. Особливості моделювання графів на ЕОМ
15	Тема 6. Основи індуктивного методу самоорганізації моделей. Лекція 15. Переваги використання індуктивного методу. Алгоритми самоорганізації моделей.
16	Лекція 16. Однорядний алгоритм самоорганізації. Багаторядний алгоритм самоорганізації з пороговим само відбором. Багаторядний алгоритм самоорганізації з обнулінням коефіцієнтів.
17	Тема 7. Штучні нейронні мережі (ШНМ) як метод моделювання складних систем. Лекція 16. Алгоритми навчання та використання ШНМ.
18	Тема 8. Моделювання та оптимізація роботи виробничих систем. Лекція 18. Основи імітаційного моделювання виробничих систем. Моделювання виробничих систем методами мереж Петрі.

### Практичні роботи

Виконання практичних робіт має на меті набуття навичок розв'язання різноманітних задач математичного моделювання відповідними методами. При цьому обчислення виконуються за індивідуальним завданням згідно з методикою, що відповідає темі практичної роботи. Результати розрахунків представляються для перевірки та відповідного оцінювання викладачеві в вигляді контрольної роботи згідно з методикою оформлення практичних робіт.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань
1	Моделювання процесів і систем методами поліноміальної інтерполяції многочленами Ньютона та Лагранжа
2	Моделювання процесів і систем многочленами Ньютона при нерівновіддалених вузлах і сплайнами
3	Моделювання процесів і систем методами апроксимації функцій та вибір найкращого виду моделі
4	Моделювання процесів і систем шляхом регресійного аналізу з використанням планування експериментів ПФЕ.
5	Моделювання процесів і систем шляхом регресійного аналізу з використанням планування експериментів ДФЕ та планів другого порядку.
6	Моделювання процесів і систем з використанням методів теорії подібностей та аналізу розмірностей
7	Моделювання процесів і систем з використанням методів теорії графів
8	Моделювання процесів і систем з використанням методів штучних нейронних мереж

## 6. Самостійна робота студента

Для закріплення матеріалу на самостійну роботу студентам виноситься пошук додаткової інформації, що стосується технічної частини лекційного матеріалу. Представлення опрацьованої інформації у вигляді коротких доповідей на заняттях після проходження відповідної теми.

## – Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Для успішного проходження та складання курсу дотримуватися наступних правил:

- **правила відвідування занять:**
  - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
  - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються в синхронному режимі у вигляді онлайн-конференції у програмі Zoom - посилання на конференцію видається на початку семестру, в разі не можливості відвідування занять в синхронному режимі, студенти самостійно ознайомлюються з матеріалами лекцій та виконують практичні роботи в асинхронному режимі з дотриманням календарного плану виконання. Матеріали курсу розміщені на платформі дистанційних курсів «Сікорський».
- **правила поведінки на заняттях:**
  - при запізненні більш ніж на 15 хв., заходити на другу пів пару, щоб не відволікати присутніх;
  - попереджати через старосту про пропуск заняття з поважної причини чи у раз хвороби (підтвердити ксерокопією медичної довідки).
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка прямо не стосується дисципліни або може зашкодити здоров'ю;
  - дозволяється використання засобів зв'язку лише для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в інтернеті;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять.
- **правила захисту практичних робіт:**
  - захист практичної роботи проходить під час проведення практичної роботи, а у випадку дистанційного навчання – у режимі онлайн-конференції на платформі Zoom, викладач індивідуально задає запитання, на які пропонується відповісти усно або, у випадку асинхронного навчання робота розміщується на платформі «Сікорський» та оцінюється викладачем згідно вимог, без захисту;
  - у окремих випадках допускається можливість захисту під час проведення консультацій.
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**

- докладна інформація із приводу штрафних та заохочувальних балів наведена у п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання»;
- максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів визначається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контроль результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського.
- **політика дедлайнів та перескладань:**
  - перескладання будь-яких контрольних заходів передбачено тільки за наявності документально підтверджених вагомих причин відсутності на занятті;
  - захист практичних робіт вважається вчасним, якщо він відбувається у межах встановлених календарним планом після її проведення;
  - перескладань для підвищення балів не передбачено.
- **політика округлення рейтингових балів:**
  - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа за правилами округлення.

#### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі КПІ ім. Ігоря Сікорського. Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

#### **Оскарження результатів контрольних заходів**

У випадку незгоди із результатами контрольних заходів студенти можуть виконувати і/або захищати їх у присутності комісії, яка формується із викладачів кафедри виробництва приладів

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

### **Поточний контроль**

*Виконання практичних робіт та модульної контрольної роботи*

Практичні роботи, кожна робота оцінюється в 7 балів.

- повне та вчасне виконання завдання без помилок – 7 балів;
- повне та вчасне виконання завдання з незначними помилками (вірно виконано не менше 75% завдання) – 5-6 балів;
- повне виконання завдання з незначними помилками, але з запізненням виконання, або виконання з помилками (вірно виконано не менше 60% завдання)– 4 бали;
- завдання не виконано, або виконано з грубими помилками (вірно виконано менше 60% завдання) - 0 балів.

Модульна контрольна робота: Виконується у вигляді тесту.

Максимальний бал за тест – 4 бали.

### **Календарний контроль**

Проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого календарного контролю є отримання не менше 15 балів, другого – отримання не менше 30 балів.

Максимальна сума балів стартової складової дорівнює 60.

### **Семестровий контроль**

#### **ЕКЗАМЕН**

Умовою допуску до семестрового контролю є виконання всіх практичних робіт та модульної контрольної роботи

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Кожне завдання містить три теоретичних питання і практичну роботу. Перелік питань наведено в методичних рекомендаціях до засвоєння кредитного модуля. Теоретичні питання оцінюються у 24 бали, а практична робота – 16 балів.

Система оцінювання теоретичних питань, кожне питання оцінюється у 8 балів:

- повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 8 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації, або незначні неточності) – 7 – 6 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 5 балів;
- відповідь відсутня, або незадовільна відповідь (менше 60% потрібної інформації) – 0 балів.

Система оцінювання практичних завдань:

- повне безпомилкове розв'язування задачі – 16-15 балів;
- повне розв'язування задачі з несуттєвими неточностями – 14-12 балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 11-10 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

Кількість балів на екзамені – 40.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

#### **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль відповідає назвам підтем, розглянутих на лекціях.

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

Складено доцентом кафедри виробництва приладів, к.т.н., доцентом Вислоухом Сергієм Петровичем.

Ухвалено кафедрою виробництва приладів (протокол № 6\_ від 16.07.2022 р.)

Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету (протокол № 7/22 від 07.07.2022 р.)