



# МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ФІЗИЧНИХ ПРОЦЕСІВ В ПРИЛАДОБУДУВАННІ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
Спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма	Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні
Статус дисципліни	Вибіркова/сертифікатна програма
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	3 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4кр.(120 год.)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік/ поточний контроль, МКР
Розклад занять	Згідно з розкладом на сайті <a href="http://rozklad.kpi.ua/">http://rozklad.kpi.ua/</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н., проф. Бурау Надія Іванівна, <a href="mailto:nburau@ukr.net">nburau@ukr.net</a> , <a href="mailto:n.i.burau@gmail.com">n.i.burau@gmail.com</a> Комп'ютерний практикум: к.т.н. доц. Півторак Діана Олександрівна , <a href="mailto:p_diana@i.ua">p_diana@i.ua</a>
Розміщення курсу	<a href="https://do.ipi.kpi.ua/course/">https://do.ipi.kpi.ua/course/</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Навчальна дисципліна «Математичні моделі фізичних процесів в приладобудуванні» забезпечує підготовку бакалаврів з методів математичного опису фізичних процесів, що протікають в приладах і автоматичних системах, а також з методів аналізу та визначення характеристик фізичних процесів.

Метою дисципліни є підсилення у студентів здатностей:

- **ФК 1.** Здатність застосовувати знання математики, в обсязі, необхідному для використання математичних методів для аналізу і синтезу систем автоматизації

Предметом вивчення є фізичні процеси в приладобудуванні та математичні методи для їх опису та аналізу, що необхідно для розуміння процесів в системах автоматизації, виконання теоретичних досліджень об'єктів автоматизації, обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації, проектування систем автоматизації та розроблення прикладного програмного забезпечення різного призначення.

Основні завдання дисципліни

Після засвоєння дисципліни студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

- **ПРН 1.** Знати лінійну та векторну алгебру, диференціальне та інтегральне числення, функції багатьох змінних, функціональні ряди, диференціальні рівняння для функції однієї та

багатьох змінних, операційне числення, теорію функції комплексної змінної, теорію ймовірностей та математичну статистику, теорію випадкових процесів в обсязі, необхідному для користування математичним апаратом та методами у галузі автоматизації;

а також

- знати методи математичного опису та аналізу детермінованих і випадкових процесів, які відбуваються в автоматичних та комп'ютерно-інтегрованих системах
- вміти програмно генерувати детерміновані та випадкові процеси;
- вміти застосовувати аналітичні та програмні методи аналізу детермінованих та випадкових процесів.

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

Для вивчення та успішного засвоєння дисципліни студенти повинні опанувати такі дисципліни: «Вища математика», «Спеціальні розділи вищої математики». У подальшому знання та вміння, одержані при вивченні цієї дисципліни, використовуються у дисциплінах циклу професійної підготовки («Теорія автоматичного керування», «Технічні засоби автоматизації» та ін.), у спеціальних і професійно-орієнтованих дисциплінах, та при виконанні випускної кваліфікаційної роботи.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Фізичні процеси в приладобудуванні**

- Тема 1. Детерміновані процеси та їх аналіз.

Загальна характеристика та класифікація детермінованих процесів. Періодичні процеси. Розкладання періодичних процесів в ряд Фур'є, спектр. Усереднення періодичних процесів. Теорема Парсевалю. Неперіодичні процеси, їх класифікація. Спектральне зображення неперіодичних процесів, перетворення Фур'є та його властивості. Стандартні процеси: функція Дірака та її спектр; функція Хевісайда та її спектр. Енергетичні характеристики детермінованих процесів: спектральна щільність енергії; енергія взаємодії; автокореляційна функція; взаємна кореляційна функція.

- Тема 2. Імовірнісний підхід до фізичних процесів

Визначення імовірності, основні теореми теорії ймовірності. Імовірнісні функції випадкових величин: функція розподілу імовірності; щільність імовірності. Статистичне усереднення. Середні значення та моменти випадкових величин. Сукупність випадкових величин та їх характеристики. Гаусівський розподіл щільності ймовірності випадкової величини, інші розподіли.

- Тема 3. Випадкові процеси та їх аналіз.

Поняття та класифікація випадкових процесів. Імовірнісні характеристики випадкових процесів (одновимірні, двовимірні та багатовимірні функції розподілу та щільності розподілу ймовірності). Числові характеристики (моментні функції) випадкових процесів. Класифікація випадкових процесів за їх імовірнісними характеристиками (стаціонарні, нестаціонарні, ергодичні процеси). Енергетичні характеристики випадкових процесів: спектральна щільність енергії; кореляційна функція. Формули Вінера-Хінчина. Кореляційні функції стаціонарних випадкових процесів та їх властивості. Нормована кореляційна функція, час кореляції. Спектральні щільності стаціонарних процесів та їх властивості. Класифікація випадкових процесів за їх спектральною щільністю: вузько смугові; широко смугові; поняття білого шуму.

## **4. Навчальні матеріали та ресурси**

1. *Основи теорії процесів в інформаційних системах: Аналіз детермінованих процесів / М.Б. Гумен, В.М. Співак, С.К. Мещанінов, Г.Г. Власюк, Т.Ф. Гумен. – 2-е вид., зі змінами і доповн. – К: Кафедра. - 2017. – 281 с.*
2. *Несвіт М.І. Випадкові процеси: Навчально-методичний посібник / М.І. Несвіт, Є.В. Поклонський.–Х.:ХНУБА, 2013 – 51с.*
3. *Бурау Н.І. Спеціальні розділи математики: Математичні моделі фізичних процесів: практикум/ Н.І. Бурау, С.О. Цибульник– К.: НТУУ «КПІ», 2019. – 54 с.*

#### *Додаткова*

4. *Теорія процесів інформаційних систем / М.Б. Гумен, Г.Г. Власюк, В.М. Співак, Т.Ф. Гумен. за загальною редакцією академіка НАН України М.З. Згуровського . – К.: Освіта України, 2010. – 602 с.*
5. *Випадкові процеси:, навч. посібник / І.В. Новицький, С.А. Ус. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 125 с.*
6. *Лазарев Ю.Ф. Моделювання на ЕОМ: навчальний посібник/ Ю.Ф. Лазарев. – К.: Корнійчук, 2007. – 290 с.*

### **Навчальний контент**

#### **5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

*Основні форми навчання - лекції, комп'ютерний практикум, самостійна робота студентів.*

*На лекціях студентам викладаються теоретичні основи дисципліни.*

#### *Лекційні заняття.*

1. *Загальна характеристика та класифікація детермінованих процесів. Періодичні процеси.*
2. *Розкладання періодичних процесів в ряд Фур'є, спектр.*
3. *Усереднення періодичних процесів. Теорема Парсеваля.*
4. *Неперіодичні процеси, їх класифікація. Спектральне зображення неперіодичних процесів, перетворення Фур'є та його властивості.*
5. *Стандартні процеси: функція Дірака та її спектр; функція Хевісайда та її спектр.*
6. *Енергетичні характеристики детермінованих процесів: спектральна щільність енергії; енергія взаємодії.*
7. *Енергетичні характеристики детермінованих процесів: автокореляційна функція; взаємна кореляційна функція.*
8. *Визначення імовірності, основні теореми теорії ймовірності.*
9. *Імовірнісні функції випадкових величин: функція розподілу імовірності; щільність імовірності.*
10. *Статистичне усереднення. Середні значення та моменти випадкових величин.*
11. *Сукупність випадкових величин та їх характеристики. Гаусівський розподіл щільності ймовірності випадкової величини, інші розподіли.*
12. *Поняття та класифікація випадкових процесів. Імовірнісні характеристики випадкових процесів (одновимірні, двовимірні та багатовимірні функції розподілу та щільності розподілу ймовірності).*
13. *Числові характеристики (моментні функції) випадкових процесів.*

14. Класифікація випадкових процесів за їх імовірнісними характеристиками (стаціонарні, нестаціонарні, ергодичні процеси).
15. Енергетичні характеристики випадкових процесів: спектральна щільність енергії; кореляційна функція. Формули Вінера-Хінчина.
16. Кореляційні функції стаціонарних випадкових процесів та їх властивості. Нормована кореляційна функція, час кореляції.
17. Спектральні щільності стаціонарних процесів та їх властивості.
18. Класифікація випадкових процесів за їх спектральною щільністю: вузько смугові; широкосмугові; поняття білого шуму.

#### *Комп'ютерний практикум*

1. Генерування періодичних процесів (гармонічних, полігармонічних, періодичних послідовностей імпульсів).
2. Визначення та побудова графіків спектрів періодичних процесів.
3. Генерування неперіодичних процесів, визначення та побудова графіків спектрів неперіодичних процесів.
4. Визначення та побудова графіків кореляційних функцій періодичних процесів.
5. Визначення та побудова графіків кореляційних функцій неперіодичних процесів
6. Визначення та побудова графіків спектральної щільності потужності періодичних процесів.
7. Визначення та побудова графіків спектральної щільності потужності неперіодичних процесів.
8. Генерування випадкових процесів.
9. Визначення статистичних характеристик стаціонарних випадкових процесів.
10. Визначення та побудова спектральних щільностей випадкових процесів.
11. Визначення енергетичних характеристик випадкових процесів: кореляційної функції; спектральної щільності енергії.

#### *Індивідуальні завдання*

*Індивідуальні завдання передбачають закріплення теоретичного матеріалу та підготовку до комп'ютерних практикумів. Модульна контрольна робота виконується у вигляді тестових завдань, які охоплюють вивчений матеріал і мають практичне спрямування. Модульна контрольна робота виконується на останньому комп'ютерному практикумі.*

#### **6. Самостійна робота студента**

*Самостійна робота студентів передбачає закріплення знань за матеріалами лекцій та їх поглиблення, підготовку до комп'ютерних практикумів та виконання модульної контрольної роботи.*

*На самостійну роботу студентів виділяється 48 годин, з яких 6 годин – на підготовку до заліку і 42 годин на опрацювання матеріалів лекцій, комп'ютерних практикумів та навчальної літератури відповідно до структури дисципліни.*

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Перед студентом ставляться наступні вимоги:

- **правила відвідування занять:**
  - у режимі очного навчання заняття відбуваються в аудиторії згідно розкладу занять;
  - у режимі дистанційного навчання заняття відбуваються у вигляді онлайн-конференції у програмі Zoom - посилання на конференцію видається на початку семестру:  
<https://us04web.zoom.us/j/79246007501?pwd=iE1aAaJlhMfM3mL4zgC3ttl6GuFtvR.1>
  
- **правила поведінки на заняттях:**
  - забороняється займатися будь-якою діяльністю, яка безпосередньо не стосується дисципліни;
  - дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку необхідної для виконання завдань інформації в Інтернеті або на платформі дистанційного навчання Moodle;
  - забороняється будь-яким чином зривати проведення занять;
  
- **правила захисту комп'ютерних практикумів:**
  - захист проходить на комп'ютерному практикумі;
  - до захисту допускаються студенти з виконаним комп'ютерним практикумом та заповненим протоколом;
  - захист полягає у співбесіді за теоретичними та практичними завданнями відповідно до протоколу;
  - студент надсилає оформлений протокол виконаного комп'ютерного практикуму на електронну адресу викладача, Telegram канал або розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle (при дистанційному навчанні);
  - в окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального захисту;
  
- **правила виконання модульної контрольної роботи:**
  - виконання модульної контрольної роботи проходить на комп'ютерному практикумі;
  - студент надсилає виконане завдання на електронну адресу викладача, Telegram канал або на розміщені на платформі дистанційного навчання Moodle ресурси (при дистанційному навчанні);
  - у окремих випадках (за наявності документально підтверджених вагомих причин) допускається можливість індивідуального виконання;
  
- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**
  - штрафні бали призначаються за несвоєчасний захист комп'ютерного практикуму та завдань модульної контрольної роботи, заохочувальні – за виконання ускладнених завдань на практичних заняттях;
  - 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;
- вчасним захист вважається в межах двох занять наступної теми (поточною вважається тема, завдання з якої хоче захистити студент) навчального часу відповідно до силабусу та/або календарного плану;
- невчасним вважається захист робіт з затримкою більше ніж на два практичні заняття наступної теми, порушення даного дедлайну призводить до зменшення кількості балів за роботи та оцінюється на 1 бал нижче, ніж вказано п.8 «Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання» за кожні наступні три заняття наступних тем;
- **політика округлення рейтингових балів:**
  - округлення рейтингового балу відбувається до цілого числа;
  - при округленні до цілого числа всі цифри, що йдуть за наступним розрядом замінюються нулями;
  - якщо цифра розряду, що залишився, 5 або більша, то ціле число збільшується на одиницю, а розряд прирівнюється до нуля;
  - якщо цифра розряду, що залишився, менша за 5, то ціле число не змінюється, а розряд прирівнюється до нуля.
- **політика оцінювання контрольних заходів:**
  - оцінювання контрольних заходів відбувається відповідно до Положення про систему оцінювання результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, Положення про поточний, календарний та семестровий контролі результатів навчання в КПІ ім. Ігоря Сікорського, а також інших Положень та рекомендацій, які діють в КПІ ім. Ігоря Сікорського;
  - нижня межа позитивного оцінювання кожного контрольного заходу має бути не менше 60% від балів, визначених для цього контрольного заходу;
  - негативний результат оцінюється в 0 балів.

#### **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**

Студенти мають право підняти будь-яке питання, яке стосується процедури проведення або оцінювання контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто комісією.

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

Поточний контроль:

№	Назва контрольного заходу	Кількість	Ваговий бал	Усього
1	виконання та захист комп'ютерних практикумів (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	11	8	88
2	виконання модульної контрольної роботи (відповідно до п.5 «Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)» силабусу)	1	12	12

**Виконання та захист комп'ютерних практикумів**, кожен практикум оцінюється в 8 балів:

- повне і безпомилкове правильне виконання завдання, повні та обґрунтовані відповіді на запитання – 8 балів;
- повне виконання завдання з деякими помилками (правильно вирішено не менше 75% завдання), відповіді достатньо обґрунтовані – 6-7 балів;
- завдання виконано з суттєвими помилками (правильно вирішено не менше 60% завдання), відповіді неточні, пояснення обмежені – 5 балів;
- завдання не виконано, або виконано з помилками (правильно виконано менше 60% завдання), – 0 балів.

**Виконання модульної контрольної роботи:** модульна контрольна робота складається з 12 тестових завдань, правильна відповідь на кожне тестове завдання оцінюється в 1 бал, неправильна відповідь – 0 балів, таким чином, робота оцінюється в 12 балів. Модульна контрольна робота вважається виконаною успішно та зараховується, якщо в результаті її виконання отримано не менше 7 балів (правильно надано відповідь на 60% тестових завдань). Модульна контрольна робота не зараховується, якщо в результаті її виконання отримано менше 7 балів (правильно надано відповідь на менше 60% тестових завдань).

**Календарний контроль:** проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Для отримання «зараховано» з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менш ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 40 балів).

Для отримання «зараховано» з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менш 40 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом «ідеальний» студент має отримати 80 балів).

**Семестровий контроль:** залік

Умови допуску до семестрового контролю: оцінка з модульної контрольної роботи не менше 7 балів, семестровий рейтинг не менше 60 балів.

Студенти, які набрали 60 і більше балів, можуть отримати залікову оцінку у відповідності до наведеного в таблиці перерахунку.

Студенти, які виконали МКР, але набрали менше 60 балів, або які бажають підвищити оцінку в системі ECTS, можуть виконувати залікову контрольну роботу, яка складається з двох запитань теоретичного характеру, відповідь на кожне питання оцінюється в 10 балів. У цілому студент може одержати за залікову контрольну роботу або підвищити оцінку не більше, ніж на 20 балів:

- безпомилкова та повна відповідь на теоретичне запитання - 10 балів
- повна відповідь з деякими помилками (правильно – не менше 75% наведеної інформації)- 8-9 балів;
- відповідь є обмеженою та з деякими помилками (правильно – не менше 60% наведеної інформації)- 6-7 балів;
- відповідь відсутня, або відповідь неправильна (правильно – менше 60% наведеної інформації)- 0 балів.

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, що виносяться на залік:

1. Загальна характеристика фізичних процесів у приладобудуванні.
2. Детерміновані процеси та їх класифікація.
3. Періодичні процеси, їх загальна характеристика.
4. Розкладання періодичних процесів у ряд Фур'є (тригонометричні форми)
5. Розкладання періодичних процесів у ряд Фур'є (комплексна форма)
6. Усереднення періодичних процесів.
7. Наведіть загальну характеристику неперіодичних процесів.
8. Спектральне зображення неперіодичних процесів. Перетворення Фур'є.
9. Властивості інтегрального перетворення Фур'є (принцип суперпозиції, теорема запізнення, теорема зсуву).
10. Властивості інтегрального перетворення Фур'є (теорема згортання, перетворення похідної та інтегралу функції часу).
11. Функція Дірака, її властивості.
12. Функція Хевісайда, її властивості.
13. Спектральна щільність енергії детермінованих процесів.
14. Енергія взаємодії детермінованих процесів.
15. Кореляційні функції детермінованих процесів і їх властивості.
16. Поняття та класифікація випадкових процесів.
17. Визначення ймовірності. Основні правила ймовірності.
18. Функція розподілу та щільність ймовірності випадкових величин, їх властивості.
19. Усереднення за множиною і математичне сподівання випадкових величин. Властивості математичного сподівання.
20. Моменти розподілу випадкових величин.
21. Дисперсія випадкової величини та її властивості.
22. Сумісна функція розподілу та щільність ймовірності сукупності випадкових величин.
23. Статистична незалежність випадкових величин.
24. Кореляція випадкових величин. Властивості коефіцієнта кореляції.
25. Загальна характеристика нормального закону розподілу ймовірності випадкових величин.
26. Імовірнісні характеристики випадкових процесів.
27. Числові характеристики (моментні функції) випадкових процесів.
28. Класифікація випадкових процесів за імовірнісними характеристиками.
29. Спектр випадкового процесу.
30. Кореляційні функції випадкових процесів та їх властивості.
31. Нормована кореляційна функція випадкового процесу, час кореляції.
32. Двобічні спектральні щільності стаціонарних процесів та їх властивості.
33. Однобічні спектральні щільності стаціонарних процесів.
34. Однобічні взаємні спектральні щільності двох стаціонарних процесів, функція когерентності.
35. Зв'язок часу кореляції з шириною спектра стаціонарного процесу.
36. Класифікація стаціонарних процесів за їх спектральною щільністю. Вузькосмугові процеси.
37. Класифікація стаціонарних процесів за їх спектральною щільністю. Білий шум.
38. Обмежений за частотою білий шум. Випадкові процеси з дискретним спектром.



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

**Складено завідувачем кафедри комп'ютерно-інтегрованих оптичних та навігаційних систем, д.т.н., проф. Бурау Н.І., доцентом кафедри к.т.н., доц. Півторак Д.О.**

**Ухвалено кафедрою КІОНС ((протокол № 12 від 31.05.2023 року)**

**Погоджено Методичною комісією приладобудівного факультету<sup>1</sup> (протокол № 7/23 від 22.06.2023 року)**

---

<sup>1</sup>Методичною радою університету– для загальноуніверситетських дисциплін.