

**Одеський національний університет імені І. І. Мечникова**  
**Факультет математики, фізики та інформаційних технологій**  
**Кафедра комп'ютерних систем та технологій**

**Силабус курсу**

**ОК26 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ**

<b>Обсяг</b>	<b>Загальна кількість: кредитів – 5; годин – 150</b>
<b>Семестр, рік навчання</b>	<b>4 семестр, 2 рік</b>
<b>Дні, час, місце</b>	<b>За розкладом</b>
<b>Викладач (-і)</b>	<b>Приходько Сергій Борисович</b>
<b>Контактний телефон</b>	<b>+380(99)3876131</b>
<b>E-mail</b>	<b>sergiy.prykhodko@onu.edu.ua</b>
<b>Робоче місце</b>	<b>Кафедра комп'ютерних систем та технологій ОНУ імені І.І. Мечникова, вул. Дворянська, 2</b>
<b>Консультації</b>	<b>Google Class, Google Meet, Zoom</b>

### **КОМУНІКАЦІЯ**

Комунікація зі студентами буде здійснюватися аудиторно, в Google Class, Google Meet, Zoom.

### **АНОТАЦІЯ КУРСУ**

**Предмет:** Дисципліна «Моделювання систем» є обов'язковим освітнім компонентом професійно–орієнтованого циклу для підготовки бакалавра за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки».

**Пререквізити** курсу: вміння користуватися комп'ютером, знати операційні системи та програмування.

**Мета:** Мета викладання дисципліни «Моделювання систем» полягає у засвоєнні основних положень, методів і засобів моделювання систем та застосуванні їх на практиці.

**Завдання** дисципліни «Моделювання систем» є: опанувати знання про основні поняття моделювання систем; принцип системного підходу в моделюванні систем; основні підходи до моделювання систем; математичне

моделювання систем і процесів; статистичне моделювання систем і процесів на комп'ютері; ідентифікацію систем; навчити розробляти програмні генератори псевдовипадкових чисел та перевіряти їх якість; моделювати на комп'ютері випадкові процеси, детерміновані та стохастичні системи; виконувати параметричну ідентифікацію систем; здійснювати аналіз та обробку результатів моделювання систем.

Під час навчання студент має набути здатність розв'язувати обумовлені учбовим планом спеціалізовані задачі та практичні проблеми в області інформаційних систем та технологій, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, які потребують застосування різних теорій та методів інформаційних технологій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен

**знати:** методології та сучасні технології моделювання; методи проектування моделей складних систем; основні класи математичних моделей і методи моделювання систем; принципи побудови математичних та імітаційних моделей процесів функціонування систем, методи та етапи їх формалізації та алгоритмізації; програмні засоби реалізації методів математичного та імітаційного моделювання; інформаційні технології, що забезпечують реалізацію методів математичного та імітаційного моделювання.

**вміти:** застосовувати методи моделювання складних об'єктів і систем з використанням відповідного програмного забезпечення; оцінювати ступінь повноти, адекватності, істинності та реалізованості моделей реальних систем; вибирати та використовувати методи математичного моделювання при проектуванні та експлуатації систем; розробляти алгоритми для моделювання технічних, технологічних, організаційних, інформаційних систем; застосовувати моделі для дослідження різноманітних систем і процесів.

## ОПИС КУРСУ

### *Форми і методи навчання*

Курс буде викладений у формі лекцій (36 год.) та лабораторних занять (36 год.), організації самостійної роботи студентів.

Основна підготовка студентів здійснюється на лекційних та лабораторних заняттях, але у значній мірі покладається на самостійне вивчення матеріалу студентами денної форми навчання протягом навчального року.

Під час викладання дисципліни використовуються словесні та наочні методи навчання:

лекції, бесіда, пояснення; практичні методи навчання – виконання лабораторних робіт, розв'язання розрахункових завдань, робота з літературними джерелами.

## **Зміст навчальної дисципліни**

### **Змістовий модуль 1. Основні поняття моделювання систем та підходи до побудови моделей систем**

#### **Тема 1. Вступ. Основні поняття моделювання систем**

Інформація щодо занять з дисципліни; вимог з оформлення завдань (постановку задачі, методику рішення задачі, алгоритм рішення задачі, побудову програми за розробленим алгоритмом, верифікацію програми, аналіз результатів, висновки); поточний та кінцевий контроль успішності.

Мета та завдання дисципліни. Основні поняття моделювання систем. Фізичне, абстрактне, математичне та імітаційне моделювання. Основні підходи до побудови математичних моделей систем. Похибки, які виникають при моделюванні систем на комп'ютері. Оцінювання машинного епсілон.

#### **Тема 2. Основні підходи до побудови математичних моделей систем**

Неперервно-детерміновані моделі. Неперервно-стохастичні моделі. Дискретно-детерміновані моделі. Дискретно-стохастичні моделі. Ідентифікація систем.

#### **Тема 3. Неперервно-детерміновані моделі та їх побудова**

Неперервно-детерміновані моделі. Приклади побудови неперервно-детермінованих моделей. Реалізація неперервно-детермінованих моделей на комп'ютері.

### **Змістовий модуль 2. Статистичне моделювання систем**

#### **Тема 4. Статистичне моделювання систем на комп'ютері**

Загальна характеристика метода статистичного моделювання систем. Стохастичні моделі (регресійна модель, СДР, СМО). Способи генерування випадкових чисел. Псевдовипадкові числа та процедури їх генерування на комп'ютері. Перевірка якості генераторів псевдовипадкових чисел.

#### **Тема 5. Перевірка якості генераторів псевдовипадкових чисел**

Необхідність перевірки якості генераторів псевдовипадкових чисел. Існуючі тести для оцінювання якості генераторів псевдовипадкових чисел: графічні та оціночні тести. Критерії перевірки гіпотези про закон розподілу. Перевірка незалежності елементів отриманої псевдовипадкової послідовності.

#### **Тема 6. Моделювання випадкових величин**

Характеристики, які використовують для моделювання випадкових величин. Моделювання дискретних випадкових величин. Моделювання неперервних випадкових величин. Метод виключень. Моделювання систем випадкових величин.

#### **Тема 7. Моделювання гаусівських випадкових величин**

Характеристики, які використовують для моделювання гаусівської випадкової величини. Методи моделювання гаусівських випадкових величин. Моделювання систем гаусівських випадкових величин.

### **Тема 8. Моделювання випадкових процесів**

Випадкова функція. Випадковий процес. Характеристики випадкових процесів, які використовуються для їх моделювання. Статистичне моделювання випадкових процесів на комп'ютері. Стохастичне диференціальне рівняння. Білий шум. Моделювання білого шуму на комп'ютері.

### **Тема 9. Моделювання стаціонарних випадкових процесів**

Метод формуючих фільтрів. Моделювання стаціонарних випадкових процесів за методом формуючих фільтрів. Визначення початкового значення кроку інтегрування за часом при моделювання випадкових процесів. Умови збіжності при моделювання випадкових процесів за різницевиими рівняннями.

### **Тема 10. Побудова неперервно-стохастичної моделі випадкового процесу**

Побудова СДР випадкового процесу за методом формуючих фільтрів. Побудова різницевих рівнянь для моделювання випадкового процесу.

### **Тема 11. Моделювання стохастичних диференційних систем**

Статистичне моделювання стохастичних систем на комп'ютері. Моделювання стохастичних диференційних систем (СДС). Моделювання випадкових впливів на систему. Моделювання випадкового впливу на систему за допомогою білого шуму. Визначення інтенсивності білого шуму у разі його застосування у якості моделі випадкового впливу на систему. Визначення початкового значення кроку інтегрування за часом при моделювання СДС у разі застосування різних моделей випадкових впливів. Умови збіжності при моделювання СДС за різницевиими рівняннями у разі застосування різних моделей випадкових впливів.

### **Змістовий модуль 3. Ідентифікація систем як методологія побудови їх моделей**

#### **Тема 12. Ідентифікація стохастичних систем**

Задача ідентифікації. Класифікація ідентифікації. Структурна ідентифікація. Параметрична ідентифікація. Існуючі підходи до вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Функція втрат та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Функція правдоподібності та її застосування для вирішення задач ідентифікації систем і процесів. Побудова функції правдоподібності.

#### **Тема 13. Методи параметричної ідентифікації стохастичних систем**

Існуючі методи параметричної ідентифікації стохастичних систем. Оцінювання параметрів математичних моделей за методом найменших квадратів, за методом максимальної правдоподібності, за методом моментів, за узагальненим методом моментів.

#### **Тема 14. Оцінювання параметрів математичних моделей стохастичних систем як задача нелінійної оптимізації**

Методи оптимізації (лінійної, нелінійної, безумовної, умовної). Застосування методів нелінійної оптимізації для оцінювання параметрів математичних моделей стохастичних систем.

#### **Тема 15. Параметрична ідентифікація нелінійної стохастичної диференціальної системи**

Приклад параметричної ідентифікації нелінійної стохастичної диференціальної системи.

#### **Тема 16. Побудова математичних моделей стохастичних систем як задача структурної ідентифікації**

Задача структурної ідентифікації. Побудова математичних моделей стохастичних систем.

#### **Тема 17. Заключна. Побудова математичних моделей на основі нормалізуючих перетворень**

Нормалізуючі перетворення та їх застосування до побудова математичних моделей стохастичних систем. Приклади побудови математичних моделей стохастичних систем на основі нормалізуючих перетворень.

### **Перелік рекомендованої літератури**

#### **Основна**

1. Обод, І.І., Заволодько, Г.Е., Свид І.В. Математичне моделювання систем: навч. посіб. для студентів спеціальностей «Комп'ютерна інженерія», «Комп'ютерні науки та інформаційні технології». – Харків : Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с.
2. Моделювання та оптимізація систем: підручник /[Дубовой В. М., Кветний Р. Н., Михальов О. І., А.В.Усов А. В.] – Вінниця : ПП «ТД«Еднльвейс», 2017. – 804 с.
3. Основи комп'ютерного моделювання: навч. посібник / М.С. Барабаш, П.М. Кір'язев, О.І. Лапенко, М.А. Ромашкіна. 2-е вид. стер. – К.: НАУ, 2019. – 492 с.

#### **Додаткова**

1. Дубовой, В.М. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів і систем керування : навчальний посібник / В. М. Дубовой. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 308 с.
2. Костоглод, К.Д. Економіко-математичні методи та моделі: навч. посіб. / [К. Д. Костоглод, А. В. Калініченко, Н. М. Протас та ін.]. Полтава : Видавництво «Сімон», 2018. – 236 с.
3. Ловейкін, В.С. Теорія технічних систем / В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич. – К.: ЦП „КОМПРИНТ”, 2017. – 291 с.

4. Павленко П.М. Основи математичного моделювання систем і процесів: Навчальний посібник. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2010. – 198с.
5. 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.
6. Бахрушин, В.Є. Математичні основи моделювання систем: Навчальний посібник для студентів. – Запоріжжя: Класичний приватний університет, 2009. – 224 с.
7. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Математичне моделювання систем і процесів та методи оптимізації» [Текст] / С. Б. Приходько, Н. В. Приходько, Л. М. Макарова, А. В. Пухалевич. – Миколаїв: НУК, 2020. – 40 с.
8. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_B$  [Текст] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2012. – т.2, №1. – С. 64-69.
9. Приходько, С.Б. Використання перетворення Джонсона для отримання випадкових чисел з рівномірним розподілом за значеннями випадкової величини з довільним розподілом [Текст] / С. Б. Приходько // Системи обробки інформації. – 2012. – Вип. 4 (102), Т.2. – С. 128-130. – ISSN 1681-7710.
10. Приходько, С.Б. Моделювання залежних гаусівських випадкових величин на основі декомпозиції кореляційної матриці та перетворення Джонсона [Текст] / С. Б. Приходько // Проблеми інформаційних технологій. – 2013. – №2 (014) – С. 75-77. – ISSN 1998-7005
11. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Текст] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2015. – т.5, №1. – С. 92-97.
12. Heinz, S. Mathematical Modeling. – Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. – 476 p.
13. Fabien, B.C. Analytical System Dynamics. Modeling and Simulation. – N.-Y.: Springer, 2009. – 337 p.
14. Prykhodko, S. Mathematical Modeling of Non-Gaussian Dependent Random Variables by Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations / S. Prykhodko, N. Prykhodko // In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020). MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265, 2021. – P. 166-174. Springer, Cham. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4\\_16](https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_16)

## Інформаційні ресурси

1. <http://nbuv.gov.ua/> - Сайт Національної бібліотеки України імені В. І. Вернадського.
2. <http://www.dnpb.gov.ua/> - Сайт Державної науково-педагогічної бібліотеки України імені В.О. Сухомлинського.
3. <http://onu.edu.ua/> - Сайт бібліотеки ОНУ імені І.І. Мечникова.
4. <http://odnb.odessa.ua/> - Сайт Одеської національної наукової бібліотеки.
5. Стеценко, І.В. Моделювання систем: навч. посібник [Електронний ресурс] / І. В. Стеценко. – Черкаси: ЧДУ, 2010. – 399 с. – Режим доступу: [http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r\\_81/cgiirbis\\_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&Image\\_file\\_name=DOC%20FRE0000097.PDF&IMAGE\\_FILE\\_DOWNLOAD=1](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis64r_81/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=VFEIR&P21DBN=VFEIR&Z21ID=&Image_file_name=DOC%20FRE0000097.PDF&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1)
6. Ситнік, В.Ф. Імітаційне моделювання: Навч. посібник [Електронний ресурс] / В.Ф. Ситнік, Н.С. Орленко. – К.: КНЕУ, 1998. – 232 с. – Режим доступу: <http://www.kneu.dp.ua/moodle-new/mod/resource/view.php?id=16533&lang=en>
7. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_B$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2012. – т.2, №1. – С. 64-69. – Режим доступу: [http://immm.opu.ua/files/archive/n1\\_v2\\_2012/n1\\_v2\\_2012.pdf](http://immm.opu.ua/files/archive/n1_v2_2012/n1_v2_2012.pdf)
8. Приходько, С.Б. Генерування випадкових чисел з розподілом Гауса на основі перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Електронне видання "Вісник Національного університету кораблебудування". – Миколаїв: НУК, 2013. – № 4. – Режим доступу: <http://evn.nuos.edu.ua/article/download/28205/25142>
9. Приходько, С.Б. Моделювання гаусівських випадкових величин із використанням перетворення Джонсона із сім'ї  $S_U$  [Електронний ресурс] / С. Б. Приходько // Інформатика та математичні методи в моделюванні. – 2015. – т.5, №1. – С. 92-97. – Режим доступу: [https://www.researchgate.net/publication/307212325\\_SIMULATION\\_OF\\_GAUSSIAN\\_RANDOM\\_VARIABLES\\_USING\\_JOHNSON\\_SU\\_TRANSFORMATION\\_in\\_Ukrainian\\_Modeluvanna\\_gausivskih\\_vipadkovih\\_velicin\\_iz\\_vikoristannam\\_peretvorennia\\_Dzonsona\\_iz\\_sim%27i\\_SU\\_S\\_B\\_Prihodko\\_Informati](https://www.researchgate.net/publication/307212325_SIMULATION_OF_GAUSSIAN_RANDOM_VARIABLES_USING_JOHNSON_SU_TRANSFORMATION_in_Ukrainian_Modeluvanna_gausivskih_vipadkovih_velicin_iz_vikoristannam_peretvorennia_Dzonsona_iz_sim%27i_SU_S_B_Prihodko_Informati)
10. Thomas, D.B. Gaussian Random Number Generators [E-resource] / D. B. Thomas, W. Luk, P. H. W. Leong, J. D. Villasenor // ACM Computing Surveys. – 2007. – Vol. 39. – No. 4. – P.1-38. Access mode: [http://www.cse.cuhk.edu.hk/~phw1/mt/public/archives/papers/grng\\_acmcs07.pdf](http://www.cse.cuhk.edu.hk/~phw1/mt/public/archives/papers/grng_acmcs07.pdf)

11. Prykhodko S. A Modified Technique for Constructing Nonlinear Regression Models Based on the Multivariate Normalizing Transformations [E-resource] / Sergiy Prykhodko, Natalia Prykhodko // Selected Papers of the VIII International Scientific Conference "Information Technology and Implementation" (IT&I-2021). Workshop Proceedings (IT&I-WS-2021), Kyiv, Ukraine, December 1-3, 2021. CEUR Workshop Proceedings. – 2022. – Vol.3179. – CEUR-WS.org – P. 156-166. ISSN 1613-0073. [http://ceur-ws.org/Vol-3179/Paper\\_15.pdf](http://ceur-ws.org/Vol-3179/Paper_15.pdf)

## ОЦІНЮВАННЯ

Методи поточного контролю: виконання завдань лабораторних робіт, контрольні роботи.

Форми і методи підсумкового контролю: іспит.

### *Розподіл балів для екзамену*

Поточний та періодичний контроль																	Підсумковий контроль (іспит)	Сума балів
Змістовий модуль 1			Змістовий модуль 2								Змістовий модуль 3							
T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13	T14	T15	T16	T17	30	100
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		
Контрольна робота за змістовим модулем 1 -12			Контрольна робота за змістовим модулем 2 - 12								Контрольна робота за змістовим модулем 3 - 12							

### **Самостійна робота студентів.**

Самостійна робота представлена у формі підготовки до лекцій та лабораторних занять та індивідуальне самостійне завдання. Підготовка до лекцій перевіряється з використанням тестових завдань. Звіт з лабораторної роботи студенти здають у письмовій формі, або в електронному виді (якщо заняття проводяться онлайн). Кожне заняття з виконання лабораторної роботи оцінюється в 2 бали.

### **ПОЛІТИКА КУРСУ**

- самостійне виконання лабораторних робіт, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання;

- пропущені контрольні роботи за змістовими модулями відпрацьовуються.

- засвоєння пропущеної теми лекції перевіряється під час складання підсумкового контролю.