

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПРИКАРПАТСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ВАСИЛЯ СТЕФАНІКА**

Факультет математики та інформатики

Кафедра диференціальних рівнянь і прикладної математики

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Теорія систем і математичне моделювання»**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Освітня програма «Прикладна математика»

Спеціальність 113 «Прикладна математика»

Галузь знань 11 «Математика і статистика»

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 1 від 31 серпня 2022 р.

## **ЗМІСТ**

1. Загальна інформація
2. Анотація до курсу
3. Мета та цілі курсу
4. Компетентності
5. Результати навчання
6. Організація навчання курсу
7. Система оцінювання курсу
8. Політика курсу
9. Рекомендована література

<b>1. Загальна інформація</b>	
<b>Назва дисципліни</b>	Теорія систем і математичне моделювання
<b>Рівень вищої освіти</b>	перший (бакалаврський)
<b>Викладач (-і)</b>	Махней Олександр Володимирович
<b>Контактний телефон викладача</b>	596027
<b>E-mail викладача</b>	makhney1@yahoo.com
<b>Формат дисципліни</b>	лекції, практичні заняття
<b>Обсяг дисципліни</b>	6 кредитів ЄКТС
<b>Посилання на сайт дистанційного навчання</b>	www.d-learn.pnu.edu.ua
<b>Консультації</b>	четвер 13:30
<b>2. Анотація до курсу</b>	
<p>Навчальна дисципліна «Теорія систем і математичне моделювання» є дисципліною за вибором навчального закладу для підготовки бакалавра зі спеціальності «Прикладна математика». Знання, набуті студентами з цієї дисципліни, будуть потрібні їм у курсах систем та методів прийняття рішень, теорії керування, методів комп'ютерної імітації, курсах спеціалізації, для виконання наукових і прикладних досліджень, можуть застосовуватись майбутніми фахівцями для математичного моделювання різних об'єктів, явищ і процесів.</p>	
<b>3. Мета та цілі курсу</b>	
<p><b>Мета</b> викладання навчальної дисципліни: дати студентам теоретичну базу в області математичного моделювання, ознайомити їх із сучасними підходами до аналітичного і імітаційного моделювання різних систем, навчити студентів основам моделювання в системі імітаційного моделювання GPSS.</p> <p><b>Завдання</b> вивчення навчальної дисципліни: навчити студентів користуватись аналітичними і імітаційними способами моделювання систем масового обслуговування, ознайомити їх з основами математичного моделювання з допомогою диференціальних моделей, клітинних автоматів, мереж Петрі, мови імітаційного моделювання GPSS.</p>	
<b>4. Компетентності</b>	
<p><b>Загальні компетентності</b>  Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.  Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.</p> <p><b>Фахові компетентності</b>  Здатність використовувати й адаптувати математичні теорії, методи та прийоми для доведення математичних тверджень і теорем.  Здатність виконувати завдання, сформульовані у математичній формі.  Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язування прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.  Здатність використовувати сучасні технології програмування та тестування програмного забезпечення.  Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.  Здатність зрозуміти постановку завдання, сформульовану мовою певної предметної галузі, здійснювати пошук та збір необхідних вихідних даних.  Здатність сформулювати математичну постановку задачі, спираючись на постановку мовою предметної галузі, та обирати метод її розв'язання, що забезпечує потрібні точність і надійність результату.</p>	
<b>5. Результати навчання</b>	
<p>Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.  Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх</p>	

математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності їх розв'язку.

Поєднувати методи математичного та комп'ютерного моделювання з неформальними процедурами експертного аналізу для пошуку оптимальних рішень.

Будувати ефективні щодо точності обчислень, стійкості, швидкодії та витрат системних ресурсів алгоритми для чисельного дослідження математичних моделей та розв'язання практичних задач.

Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

## 6. Організація навчання курсу

### Обсяг курсу

Вид заняття	Загальна кількість годин
лекції	30
семінарські заняття / практичні / лабораторні	30
самостійна робота	120

### Ознаки курсу

Семестр	Спеціальність	Курс (рік навчання)	Нормативний / вибірковий
6	113 Прикладна математика	3	нормативний

### Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год.	Вага оцінки %	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1. Основи теорії систем і аналітичне моделювання</b>					
<b>Тема 1. Основи теорії систем і системного аналізу</b> Поняття системи. Класифікація систем. Елементи і підсистеми. Характеристики та властивості. Зв'язки, мета і показники, якість, процес, ефективність, структура. Принципи системного аналізу. Структура системного аналізу.	лекція	5, с. 19–41	Опрацювати літературу, прочитати конспект (8 год.)	0,25	лютий
<b>Тема 2. Поняття моделювання систем</b> Моделювання: основні поняття. Класифікація видів моделювання систем. Наочне та символічне моделювання. Математичне моделювання. Реальне моделювання. Принципи побудови математичних моделей. Етапи побудови математичної моделі.	лекція	2, с. 10–22, 4, с. 15–44	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	лютий
<b>Тема 3. Диференціальні моделі</b>	лекція	2, с. 23–28, 13, с. 13–30	Опрацювати літературу,	0,25	лютий

Схема складання і дослідження диференціальних моделей. Задачі фізики, механіки, хімії, біології, які приводять до диференціальних моделей. Модель падіння тіла. Модель витікання рідини.			прочитати конспект (6 год.)		
Тема 4. <b>Складання диференціальних моделей</b> Радіоактивний розпад. Охолодження тіла. Рух човна.	практичне заняття	13, с. 43–80	Скласти і дослідити диференціальні моделі (7 год.)	0,25	лютий
Тема 5. <b>Диференціальні моделі фізики і біології</b> Вентиляція приміщення. Задачі на витікання рідини. Розвиток організмів в ідеальних умовах. Розвиток організмів в умовах конкурентної боротьби.	практичне заняття	2, с. 23–28, 13, с. 122–156	Скласти і дослідити диференціальні моделі (7 год.)	0,25	березень
Тема 6. <b>Класичні мережі Петрі, їхні властивості</b> Поняття класичних мереж Петрі. Формальне означення і матричне подання мереж Петрі. Властивості мереж Петрі.	лекція	2, с. 66–74, 4, с. 88–92	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	березень
Тема 7. <b>Матричний аналіз мереж Петрі, некласичні мережі Петрі</b> Система станів і фундаментальне рівняння мереж Петрі. Інваріанти вузлів і переходів і їхнє застосування. Некласичні мережі Петрі.	лекція	2, с. 74–90	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	березень
Тема 8. <b>Матричний аналіз мереж Петрі</b> Аналіз функціонування мережі Петрі. Теоретико-множинне і матричне подання мережі Петрі. Інваріант вузлів. Інваріант переходів.	практичне заняття	2, с. 66–78	Дослідити мережі Петрі (4 год.)	0,25	березень
Тема 9. <b>Основи аналітичного моделювання систем масового обслуговування</b> Поняття системи масового обслуговування. Характеристика потоку подій. Вхідний потік вимог. Моделювання стаціонарного пуассонівського потоку. Організація черги. Правила обслуговування вимог.	лекція	2, с. 97–109, 4, с. 46–54	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	березень

Типи моделей систем масового обслуговування. Формула Літгла.					
Тема 10. <b>Показники функціонування систем масового обслуговування</b> Багатоканальні системи масового обслуговування з відмовами: рівняння Колмогорова, показники функціонування. Багатоканальні системи масового обслуговування з чергою довільної довжини: рівняння Колмогорова, показники функціонування.	лекція	2, с. 109–128, 7, с. 239–241	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	березень
Тема 11. <b>Диференціальні рівняння Колмогорова та аналіз систем масового обслуговування</b> Аналіз діаграми роботи системи масового обслуговування. Складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей.	практичне заняття	2, с. 104–116, 3, с. 9–13	Скласти диференціальні рівняння Колмогорова і системи для фінальних імовірностей (3 год.)	0,25	березень
Тема 12. <b>Аналітичне моделювання систем масового обслуговування</b> Системи масового обслуговування з відмовами. Системи масового обслуговування з чергою довільної довжини.	практичне заняття	2, с. 109–138, 3, с. 13–24	Визначити показники функціонування систем масового обслуговування (4 год.)	0,25	березень
Тема 13. <b>Контрольна робота № 1</b> Складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей. Визначення показників функціонування систем масового обслуговування.	практичне заняття	2, 3, 4, 13	Підготуватись до контрольної роботи (7 год.)	20	квітень
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
Тема 14. <b>Клітинні автомати та їхнє застосування</b> Клітинні автомати. Застосування клітинних автоматів до моделювання активних середовищ. Моделі розвитку організмів на поживних середовищах без хижаків та з хижаками.	лекція	2, с. 51–64, 7, с. 382–398	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	квітень
Тема 15. <b>Основи мови імітаційного моделювання GPSS World</b>	лекція	2, с. 141–151, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати	0,25	квітень

Основи роботи з середовищем GPSS World. Категорії і типи об'єктів мови GPSS. Системні числові атрибути. Формат рядка. Арифметичні і логічні вирази.			конспект (3 год.)		
Тема 16. <b>Блоки і команди опису, пов'язані з транзактами, пристроями і таблицями</b> Створення і знищення транзактів. Запуск процесу моделювання. Затримка, зміна параметрів і пріоритету транзактів. Одноканальні пристрої. Багатоканальні пристрої. Таблиці і черги.	лекція	2, 151–164, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
Тема 17. <b>Блоки і команди опису, пов'язані зі змінними, логічними перемикачами, комірками пам'яті і зміною маршруту руху транзактів</b> Використання змінних, логічних перемикачів і комірок пам'яті. Зміна маршруту руху транзактів.	лекція	2, с. 165–175, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
Тема 18. <b>Ознайомлення з системою імітаційного моделювання GPSS World</b> Використання готової програми. Ознайомлення зі статистичним звітом. Модифікація програми.	практичне заняття	1, 2, 6, 8, 9, 12	Виконати лабораторну роботу (3 год.)	2,25	квітень
Тема 19. <b>Функції і робота з випадковими величинами</b> Генератори випадкових чисел і табличні функції. Математичні функції і функції для генерації випадкових величин. Приклад програми.	лекція	2, с. 182–190, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
Тема 20. <b>Вивчення способів створення випадкового навантаження при моделюванні систем масового обслуговування в GPSS</b> На основі базової програми скласти програму для заданого варіанту.	практичне заняття	1, 2	Виконати лабораторну роботу (3 год.)	2,25	квітень
Тема 21. <b>Складання програм</b> Модель роботи читального	практичне заняття	1, 2, 6, 8, 9, 12	Скласти програми (3 год.)	0,25	квітень

залу. Модель роботи магазину. Модель роботи перукарні.					
Тема 22. <b>Моделювання конвеєрних систем масового обслуговування</b> Скласти програму. Проаналізувати звіт.	практичне заняття	1, 2	Виконати лабораторну роботу (3 год.)	2,25	квітень
Тема 23. <b>Моделювання паралельних систем масового обслуговування з пріоритетною схемою обслуговування замовлень</b> Скласти програму. Проаналізувати звіт.	практичне заняття	1, 2	Виконати лабораторну роботу (4 год.)	2,25	травень
Тема 24. <b>Метод Монте-Карло</b> Поняття про метод статистичних випробувань. Приклади. Генератори випадкових чисел. Моделювання випадкових подій. Метод оберненої функції.	лекція	2, с. 252–263, 4, с. 112–125	Опрацювати літературу, прочитати конспект (2 год.)	0,25	травень
Тема 25. <b>Моделювання випадкових величин</b> Рівномірний розподіл цілочислової випадкової величини. Геометричний розподіл. Біноміальний розподіл. Розподіл Пуассона. Рівномірний розподіл. Експоненціальний розподіл. Розподіл Ерланга. Нормальний розподіл. Логнормальний розподіл. Розподіл Вейбулла. Трикутний розподіл.	лекція	2, с. 263–273, 4, с. 126–147, 10, с. 526–547	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	травень
Тема 26. <b>Складання програм для моделювання випадкових процесів на основі методу Монте-Карло</b> Програми на основі моделювання випадкових подій.	практичне заняття	2, с. 273–281, 11, с. 8–42	Скласти програми (3 год.)	0,25	травень
Тема 27. <b>Вибір теоретичних розподілів</b> Методи використання даних спостережень. Визначення сім'ї розподілів на основі гістограми. Врахування ролі випадкової величини. Врахування підсумкової статистики. Застосування методу максимальної правдоподібності для визначення параметрів	лекція	2, с. 301–327, 10, с. 387–402	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	травень



розподілу. Евристичні процедури перевірки придатності вибраного розподілу: графік функції щільності над гістограмою, частотні порівняння, графік різниці теоретичної і емпіричної функцій розподілу. Перевірка гіпотези на основі критерію $\chi^2$ .					
Тема 28. <b>Вибір теоретичних розподілів</b> Визначення сім'ї розподілів на основі гістограми. Застосування методу максимальної правдоподібності для визначення параметрів розподілу. Евристичні процедури перевірки придатності вибраного розподілу.	практичне заняття	2, с. 301–327, 10, с. 387–402	Виконати вправи (4 год.)	0,25	травень
Тема 29. <b>Методи перевірки незалежності вибірки</b> Причини необхідності перевірки незалежності вибірки. Діаграма розкиду. Кореляційний графік.	практичне заняття	2, с. 296–300, 10, с. 383–386	Виконати вправи (4 год.)	0,25	травень
Тема 30. <b>Контрольна робота № 2</b> Матричний аналіз мереж Петрі. Складання програми на мові GPSS. Вибір сім'ї розподілів на основі гістограми.	практичне заняття	1, 2, 4, 6, 8, 9, 10, 12	Підготуватись до контрольної роботи (5 год.)	15	травень
<b>7. Система оцінювання курсу</b>					
Загальна система оцінювання курсу	Система оцінювання курсу здійснюється згідно з критеріями оцінювання навчальних досягнень студентів, що регламентовані в університеті. Допуск до іспиту становить максимум 50 балів, бал за складання іспиту (підсумковий контроль) становить максимум 50 балів.				
Вимоги до письмової роботи	Передбачено дві контрольні роботи, перша оцінюється за шкалою від 0 до 20 балів, а друга – від 0 до 15 балів.				
Практичні заняття	Оцінюється відвідуваність усіх занять упродовж семестру за 7-бальною шкалою. Оцінюється виконання лабораторних робіт за 8-бальною шкалою.				
Умови допуску до підсумкового контролю	При виставленні допуску до іспиту (максимум 50 балів) враховуються навчальні досягнення студентів (бали), набрані під час контактних (аудиторних) годин, при виконанні завдань для самостійної роботи, а також бали за дві контрольні роботи.				
<b>Шкала оцінювання: національна та ECTS</b>					
Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS		Оцінка за національною шкалою		

90 – 100	<b>A</b>	відмінно
80 – 89	<b>B</b>	добре
70 – 79	<b>C</b>	
60 – 69	<b>D</b>	задовільно
50 – 59	<b>E</b>	
25 – 49	<b>FX</b>	незадовільно
0 – 24	<b>F</b>	

#### **8. Політика курсу**

Загальна максимальна сума балів, яка присвоюється студентові за курс, становить 100 балів – сума балів за виконання лабораторних робіт, двох контрольних робіт, відвідування навчальних занять та бали, отримані під час іспиту. Допуск до іспиту передбачає отримання рейтингової підсумкової оцінки (максимум 50 балів, мінімум 25 балів).

При виставленні рейтингового підсумкового балу обов'язково враховується присутність студента на заняттях (у тому числі на лекційних), активність студента під час практичних занять, наявність пропусків без поважних причин, користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час опитування та виконання письмових завдань, списування та плагіат, а також результати відпрацювання пропущених з поважної причини занять.

Студент, який не набрав 25 балів, до іспиту за відомістю № 1 не допускається. У такому випадку до початку екзаменаційної сесії або під час ліквідації академічної заборгованості студент користується повторним правом отримати допуск на складання іспиту за відомістю № 2 на консультаціях викладача (перескладання пропущених тем, виконання індивідуальних завдань і контрольних робіт).

#### **9. Рекомендована література**

1. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування. Практикум. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 307 с.
2. Махней О. В. Лабораторний практикум з імітаційного моделювання у GPSS. Частина 1: методичні рекомендації до проведення лабораторних занять. Івано-Франківськ : Голіней, 2020. 40 с.
3. Махней О. В. Математичне моделювання. Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2015. 372 с.
4. Махней О. В. Математичне моделювання : методичні рекомендації. Івано-Франківськ : Голіней, 2014. 36 с.
5. Мещанінов О.П. Моделювання систем. Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2001. – 268 с.
6. Стеценко І.В. Моделювання систем. Черкаси : Черкаський державний технологічний університет (ЧДТУ), 2010. 399 с.
7. Томашевський В. М. Моделювання систем. К. : ВНУ, 2005. 352 с.
8. Хусаїнов Д.Я., Харченко І.І., Шатирко А.В. Основи моделювання динамічних систем. К. : Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010. 130 с.
9. Kapur J.N. Mathematical Modeling. Mercury Learning and information, 2023. 287 p.
10. Quarteroni A. Modeling Reality with Mathematics. Springer Cham, 2022. 123 p.

**Викладач Махней Олександр Володимирович**