

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

Факультет математики та інформатики

Кафедра диференціальних рівнянь і прикладної математики

**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Теорія систем і математичне моделювання»**

Освітня програма «Прикладна математика»

Спеціальність 113 «Прикладна математика»

Галузь знань 11 «Математика і статистика»

Затверджено на засіданні кафедри  
Протокол № 2 від 28 вересня 2020 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>Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу, до застосування теорії у практичних ситуаціях.</p> <p>Здатність до пошуку та інтерпретації інформації, засвоєння нових знань, генерування та викладу ідей, зокрема, з застосуванням інформаційних технологій.</p> <p>Здатність працювати як автономно, так і у складі наукового, зокрема, інтернаціонального, колективу фахівців з усвідомленням відповідальності за результати роботи.</p> <p>Здатність вести дослідницьку діяльність, включаючи оцінку актуальності дослідження, аналіз проблем, вибір способу й методів дослідження, а також оцінку якості результатів.</p> <p>Навички роботи з персональним комп'ютером.</p> <p>Цілісне уявлення про математику, її сучасний стан, виникнення і шляхи розвитку, її місце у системі наукових знань людства.</p> <p>Здатність зрозуміти постановку завдання, пов'язаного із застосуванням методів прикладної математики, сформульовану на мові певної предметної галузі.</p> <p>Здатність математично формалізувати проблему прикладного характеру, розпізнати стандартні об'єкти і властивості аналізу, звичайних диференціальних рівнянь, рівнянь математичної фізики, дискретної математики, теорії керування, методів оптимізації, алгебри, геометрії.</p> <p>Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язування практичних задач дослідження, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.</p> <p>Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.</p> <p>Здатність використовувати методи системного аналізу та математичного моделювання для побудови моделей у різних галузях.</p> <p>Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання,</p>	

реалізувати алгоритми моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити експерименти за програмою моделювання з обробкою й аналізом результатів.

Здатність опанувати сучасні технології математичного моделювання об'єктів, процесів і явищ, розробляти обчислювальні моделі та алгоритми чисельного розв'язання задач математичного моделювання з урахуванням похибок наближеного чисельного розв'язання професійних задач.

### 5. Результати навчання

Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій фундаментальної та прикладної математики і використовувати їх на практиці, а також гуманітарних дисциплін підготовки фахівця.

Формалізувати вимоги до розв'язання прикладної проблеми та її програмної реалізації і відповідно підбирати методи, алгоритми та програмні засоби, планувати етапи досліджень і компоненти програмної реалізації.

Самостійно працювати над дослідницькою темою, обґрунтовувати і створювати програмну реалізацію розроблених методів.

Уміти розробляти математичні моделі об'єктів і процесів, які досліджуються, використовуючи процедури формального уявлення про систему та результати дослідження реальних природничих та соціально-економічних процесів.

Проводити аналітичне дослідження математичних моделей об'єктів і процесів на предмет існування та єдиності їх розв'язку.

Уміти розробляти нові і удосконалювати існуючі математичні моделі та алгоритми моделювання природничих, соціально-економічних систем та проводити комп'ютерне моделювання.

Уміти проводити наукові дослідження, грамотно викладати і представляти опрацьований матеріал і власні результати, в тому числі і з сучасними можливостями візуалізації, створювати комп'ютерну реалізацію розроблених методів.

### 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	вибірковий

#### Тематика курсу

Тема, план	Форма заняття	Література	Завдання, год.	Вага оцінки %	Термін виконання
<b>Змістовий модуль 1. Основи теорії систем і аналітичне моделювання</b>					
Тема 1. <b>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
Тема 2. <b>Поняття моделю-</b>	лекція	2, с. 10–22,	Опрацювати	0,25	лютий

<b>вання систем</b> Моделювання: основні поняття. Класифікація видів моделювання систем. Наявне та символічне моделювання. Математичне моделювання. Реальне моделювання. Принципи побудови математичних моделей. Етапи побудови математичної моделі.		4, с. 15–44	літературу, прочитати конспект (3 год.)		
<b>Тема 3. Диференціальні моделі</b> Схема складання і дослідження диференціальних моделей. Задачі фізики, механіки, хімії, біології, які приводять до диференціальних моделей. Модель падіння тіла. Модель витікання рідини.	лекція	2, с. 23–28, 13, с. 13–30	Опрацювати літературу, прочитати конспект (6 год.)	0,25	лютий
<b>Тема 4. 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
<b>Тема 5. 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
<b>Тема 6. 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
<b>Тема 7. 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
<b>Тема 8. Матричний аналіз мереж Петрі</b> Аналіз функціонування мережі Петрі. Теоретико-множинне і матричне подання мережі Петрі. Інваріант вузлів. Інваріант	практичне заняття	2, с. 66–78	Дослідити мережі Петрі (4 год.)	0,25	березень

переходів.					
<p><b>Тема 9. Основи аналітичного моделювання систем масового обслуговування</b></p> <p>Поняття системи масового обслуговування. Характеристика потоку подій. Вхідний потік вимог. Моделювання стаціонарного пуассонівського потоку. Організація черги. Правила обслуговування вимог. Типи моделей систем масового обслуговування. Формула Літгла.</p>	лекція	2, с. 97–109, 4, с. 46–54	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	березень
<p><b>Тема 10. Показники функціонування систем масового обслуговування</b></p> <p>Багатоканальні системи масового обслуговування з відмовами: рівняння Колмогорова, показники функціонування. Багатоканальні системи масового обслуговування з чергою довільної довжини: рівняння Колмогорова, показники функціонування.</p>	лекція	2, с. 109–128, 7, с. 239–241	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	березень
<p><b>Тема 11. Диференціальні рівняння Колмогорова та аналіз систем масового обслуговування</b></p> <p>Аналіз діаграми роботи системи масового обслуговування. Складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей.</p>	практичне заняття	2, с. 104–116, 3, с. 9–13	Скласти диференціальні рівняння Колмогорова і системи для фінальних імовірностей (3 год.)	0,25	березень
<p><b>Тема 12. Аналітичне моделювання систем масового обслуговування</b></p> <p>Системи масового обслуговування з відмовами. Системи масового обслуговування з чергою довільної довжини.</p>	практичне заняття	2, с. 109–138, 3, с. 13–24	Визначити показники функціонування систем масового обслуговування (4 год.)	0,25	березень
<p><b>Тема 13. Контрольна робота № 1</b></p> <p>Складання диференціальних рівнянь Колмогорова і систем для фінальних імовірностей. Визначення показників функціонування систем масового обслуговування.</p>	практичне заняття	2, 3, 4, 13	Підготуватись до контрольної роботи (7 год.)	20	квітень
<b>Змістовий модуль 2.</b>					

<p><b>Тема 14. 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.</p>	лекція	2, с. 51–64, 7, с. 382–398	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	квітень
<p><b>Тема 15. Основи мови імітаційного моделювання GPSS World</b> Основи роботи з середовищем GPSS World. Категорії і типи об'єктів мови GPSS. Системні числові атрибути. Формат рядка. Арифметичні і логічні вирази.</p>	лекція	2, с. 141–151, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
<p><b>Тема 16. 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.</p>	лекція	2, 151–164, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
<p><b>Тема 17. Блоки і команди опису, пов'язані зі змінними, логічними перемикачами, комітками пам'яті і зміною маршруту руху транзактів</b> Використання змінних, логічних перемикачів і комірок пам'яті. Зміна маршруту руху транзактів.</p>	лекція	2, с. 165–175, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень
<p><b>Тема 18. Ознайомлення з системою імітаційного моделювання GPSS World</b> Використання готової програми. Ознайомлення зі статистичним звітом. Модифікація програми.</p>	практичне заняття	1, 2, 6, 8, 9, 12	Виконати лабораторну роботу (3 год.)	2,25	квітень
<p><b>Тема 19. Функції і робота з випадковими величинами</b> Генератори випадкових чисел і табличні функції. Математичні функції і функції для генерації випадкових величин.</p>	лекція	2, с. 182–190, 6, 8, 9, 12	Опрацювати літературу, прочитати конспект (3 год.)	0,25	квітень

Приклад програми.					
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 залу. Модель роботи магазину. Модель роботи перукарні.	практичне заняття	1, 2, 6, 8, 9, 12	Скласти програми (3 год.)	0,25	квітень
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 моде-	практичне заняття	2, с. 273–281, 11, с. 8–42	Скласти програми (3 год.)	0,25	травень

лювання випадкових подій.					
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 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 $\chi^2$ .	лекція	2, с. 301–327, 10, с. 387–402	Опрацювати літературу, прочитати конспект (4 год.)	0,25	травень
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>8. Політика курсу</b>	
<p>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).</p> <p>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.</p> <p>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).</p>	
<b>9. Рекомендована література</b>	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Махней О. В. Лабораторний практикум з імітаційного моделювання у GPSS. Частина 1: методичні рекомендації до проведення лабораторних занять. Івано-Франківськ : Голіней, 2020. 40 с.</li> <li>2. Махней О. В. Математичне моделювання. Івано-Франківськ : Супрун В. П., 2015. 372 с.</li> <li>3. Махней О. В. Математичне моделювання : методичні рекомендації. Івано-Франківськ : Голіней, 2014. 36 с.</li> <li>4. Томашевський В. М. Моделювання систем. К. : ВНУ, 2005. 352 с.</li> <li>5. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении. М. : Финансы и статистика, 2002.</li> <li>6. Боев В. Д. Моделирование систем. Инструментальные средства GPSS World: Учебное пособие. СПб. : БХВ-Петербург, 2004. 368 с.</li> <li>7. Введение в математическое моделирование / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер и др. ; под ред. П. В. Трусова. М. : Логос, 2005. 440 с.</li> <li>8. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування. Практикум. Львів : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 307 с.</li> <li>9. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. М. : ДМК Пресс, 2004. 320 с.</li> <li>10. Лоу А., Кельтон В. Имитационное моделирование. СПб.: Питер, 2004. 847 с.</li> <li>11. Смородинский С.С., Батин Н.В. Оптимизация решений на основе компьютерных имитационных методов и моделей. Ч. 1. Мн.: БГУИР, 2004. 80 с.</li> <li>12. Томашевский В., Жданова Е. Имитационное моделирование в среде GPSS. М. : Бестселлер, 2003. 416 с.</li> <li>13. Пономарев К. К. Составление и решение дифференциальных уравнений. Минск : Выш. школа., 1973. 560 с.</li> </ol>	

**Викладач Махней Олександр Володимирович**