

Силабус
обов'язкової навчальної дисципліни

Математичне моделювання природничих процесів

(назва навчальної дисципліни)

Обов'язкова навчальна дисципліна

(вказати: обов'язкова / вибіркова)

Освітньо-професійна програма _____ **Технології програмування та**
комп'ютерне моделювання _____

(назва програми)

Спеціальність _____ **113 – Прикладна математика**

(вказати: код, назва)

Галузь знань _____ **11 – Математика та статистика**

(вказати: шифр, назва)

Рівень вищої освіти _____ **перший (бакалаврський)**

(вказати: перший бакалаврський/другий магістерський)

Факультет математики та інформатики _____

(назва факультету/інституту, на якому здійснюється підготовка фахівців за вказаною освітньо-професійною програмою)

Мова навчання _____ **українська**

(вказати: на якій мові читається дисципліна)

Розробники: завідувач кафедри ПМІТ, доктор фіз.-мат. наук, професор
Бігун Ярослав Йосипович

(вказати авторів (викладач (ів)), їхні посади, наукові ступені, вчені звання)

Профайл викладача <https://amit.chnu.edu.ua/pro-kafedru/spivrobitnyky/bihun-yaroslav-yosypovych/>

Контактний тел. 0372-584857

E-mail: y.bihun@chnu.edu.ua

Посилання на освітній контент:

В Google Classroom:

<https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1sFeoTu3iLjFrqQSEzBuODLiUC-3xgmGa>

Сторінка курсу в Moodle

<https://moodle.chnu.edu.ua/course/view.php?id=936>

Консультації Вівторок із 15.00 до 16.00

Онлайн- консультація:

[Приєднатися через Google Meet meet.google.com/sum-cvtw-hfj](https://meet.google.com/sum-cvtw-hfj)

Анотація

Навчальна дисципліна присвячена математичному і комп'ютерному моделюванню процесів, які описуються диференціальними рівняннями із запізненням аргументу.

Елементи теорії таких рівнянь розглядаються у вступній темі. Наступною темою є модель ізольованої популяції Хатчінсона та моделі взаємодії популяції із факторами запізнення. З галузі математичної імунології розглядається модель імунної відповіді при інфекційних захворюваннях. Ще одним класом є моделі поширення епідемій із врахуванням запізнення, зокрема моделі пандемії Covid-19.

Для засвоєння матеріалу пропонуються модульні завдання і лабораторні роботи для кожної з тем.

Пререквізити

Навчальний курс ґрунтується на навчальних курсах, освоєних студентами на бакалаврському рівні вищої освіти, а саме, на курсах із диференціальних рівнянь, функціонального аналізу, математичного моделювання природничих процесів, програмування, проектування програмних систем.

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета курсу: освоєння нового класу диференціальних рівнянь та застосування їх для математичного і комп'ютерного моделювання прикладних задач в екології, імунології, епідеміології та медицині.

Завдання курсу є такі:

- вивчення студентами базових понять теорії і методів диференціально-різницевих рівнянь;
- оволодіння методами побудови математичних моделей ізольованих популяцій і взаємодії популяцій із фактором запізнення;
- розуміння процесу імунної відповіді при інфекційних захворюваннях та побудови відповідної математичної моделі;
- розуміння побудови математичних моделей поширення епідемій із фактором запізнення;
- дослідження математичних моделей (існування і додатність розв'язку, стійкість станів рівноваги);
- вміння комп'ютерного моделювання розглянутих математичних моделей в екології, імунології, епідеміології.

2. Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни студент має набути таких **компетентностей**:

- **знати:** елементи теорії диференціально-різницевих рівнянь (ДРР);
- критерії стійкості розв'язків лінійних та нелінійних ДРР;
- методи побудови математичних моделей з урахуванням ефекту запізнення в екології, імунології, епідеміології, медицині;
- методи числового розв'язування ДРР та їх програмну реалізацію.

вміти:

- формулювати початкову задачу для ДРР;
- застосовувати метод кроків для розв'язування ДРР із сталим запізненням;
- знаходити положення рівноваги математичних моделей та досліджувати їх на стійкість;
- будувати й досліджувати моделі ізольованих популяцій та взаємодії популяцій в екології із врахуванням післядії;
- здійснювати комп'ютерне моделювання процесів імунної відповіді організму людини при інфекційних захворюваннях;
- аналізувати моделі поширення епідемій з урахуванням втрати імунітету та інкубаційного періоду.

Під час вивчення дисципліни, відповідно до освітньо-професійної програми, формуються такі **загальні компетентності**:

ЗК1. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК07. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК08. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК09. Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань/видів економічної діяльності).

Фахові компетентності:

ФК03. Здатність обирати та застосовувати математичні методи для розв'язання прикладних задач, моделювання, аналізу, проектування, керування, прогнозування, прийняття рішень.

ФК06. Здатність розв'язувати професійні задачі за допомогою комп'ютерної техніки, комп'ютерних мереж та Інтернету, в середовищі сучасних операційних систем, з використанням стандартних офісних додатків.

ФК09. Здатність до проведення математичного і комп'ютерного моделювання, аналізу та обробки даних, обчислювального експерименту, розв'язання формалізованих задач за допомогою спеціалізованих програмних засобів.

ФК12. Здатність до пошуку, систематичного вивчення та аналізу науково-технічної інформації, вітчизняного й закордонного досвіду, пов'язаного із

застосуванням математичних методів для дослідження різноманітних процесів, явищ та систем.

ФК15. Здатність брати участь у складанні наукових звітів із виконаних науково-дослідних робіт та у впровадженні результатів проведених досліджень і розробок.

Отримуються наступні **програмні результати навчання**:

ПРН01. Демонструвати знання й розуміння основних концепцій, принципів, теорій прикладної математики і використовувати їх на практиці.

ПРН02. Володіти основними положеннями та методами математичного, комплексного та функціонального аналізу, лінійної алгебри та теорії чисел, аналітичної геометрії, теорії диференціальних рівнянь, зокрема рівнянь у частинних похідних, теорії ймовірностей, математичної статистики та випадкових процесів, чисельними методами.

ПРН03. Формалізувати задачі, сформульовані мовою певної предметної галузі; формулювати їх математичну постановку та обирати раціональний метод вирішення; розв'язувати отримані задачі аналітичними та чисельними методами, оцінювати точність та достовірність отриманих результатів.

ПРН05. Уміти розробляти та використовувати на практиці алгоритми, пов'язані з апроксимацією функціональних залежностей, чисельним диференціюванням та інтегруванням, розв'язанням систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь, розв'язанням крайових задач, пошуком оптимальних рішень.

ПРН06. Володіти основними методами розробки дискретних і неперервних математичних моделей об'єктів та процесів, аналітичного дослідження цих моделей на предмет існування та єдиності розв'язку.

ПРН12. Розв'язувати окремі інженерні задачі та/або задачі, що виникають принаймні в одній предметній галузі: в соціології, економіці, екології та медицині.

ПРН13. Використовувати в практичній роботі спеціалізовані програмні продукти та програмні системи комп'ютерної математики.

3. Опис навчальної дисципліни

3.1. Загальна інформація

Форма навчання	Рік підготовки	Семестр	Кількість		Кількість годин						Вид підсумкового контролю
			кредитів	годин	лекції	практичні	семінарські	лабораторні	самостійна робота	індивідуальні завдання	
Денна	4	8	5	150	22	-	-	22	100	6	екзамен

3.2. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	с.р.	
1	2	3	4	5	6	7
Змістовий модуль 1. Елементи теорії диференціальних рівнянь із запізненням та їх застосування в екології						
Тема 1. Диференціальні рівняння із запізненням аргументу.	18	4				14
Тема 2. Математичне моделювання ізольованої популяції. Модель Хатчінсона та її узагальнення.	18	2		4		12
Тема 3. Математичне моделювання взаємодії двох популяцій із факторами запізнення.	18	2		4	2	10
Разом за змістовим модулем 1	54	8		8	2	36
Змістовий модуль 2. Математичне моделювання процесів із післядією в імунології та епідеміології						
Тема 4. Математичне моделювання імунної відповіді при інфекційних захворюваннях	36	4		6	2	24
Тема 5. Математичне моделювання поширення епідемій із фактором запізнення	31	3		6	2	20
Тема 6. Огляд математичних моделей пандемії Covid-19	5	1				4
Разом за змістовим модулем 2	72	8		12	4	48
Змістовий модуль 3. Математичне моделювання процесів із післядією в медицині, небесній механіці, техніці						
Тема 7. Моделювання кровоутворення. Модель Маккея-Гласса.	10	2		2		6
Тема 8. Огляд математичних моделей в небесній механіці із врахуванням запізнення в поширенні гравітації.	8	2				6
Тема 9. Математичне моделювання конфліктно-керованих процесів із факторами запізнення.	6	2				4
Разом за змістовим модулем 3	24	6		2		16
Усього годин за семестр	150	22		22	6	100

3.3. Теми семінарських занять

Семінарські заняття не передбачені навчальним планом

3.4. Теми практичних занять

Практичні заняття не передбачені навчальним планом

3.5. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Математичні моделі динаміки ізольованої популяції та взаємодії популяцій із запізненням розвитку	8
2	Математичне моделювання імунної відповіді при інфекційних захворюваннях	6
3	Математичне моделювання поширення епідемій із фактором запізнення	6
4	Моделювання кровоутворення. Модел Маккея-Гласса	2
	Разом	22

3.6. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання видаються студентам на лабораторних роботах та контрольних робіт за змістовими модулями навчальної дисципліни.

1. Програмна реалізація математичної моделі імунної відповіді при біінфекції.
2. Математичне моделювання епідемії грипу.
3. Математичне моделювання гепатиту С.
4. Програмна реалізація моделі кровоутворення Маккея-Гласса.
<https://demonstrations.wolfram.com/MackeyGlassEquation/>
5. Дослідження стійкості хронічної форми захворювання в моделі Г.І. Марчука.
6. Вплив фактору запізнення на динаміку взаємодії популяцій при конкуренції.

3.7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Опрацювання матеріалу теми 1. Початкова задача для диференціальних рівняння із змінним запізненням аргументу та рівнянь нейтрального типу. Числові методи розв'язування ДРР в комп'ютерних системах.	14
2	Опрацювання матеріалу теми 2. Коливні властивості розв'язку рівняння Хатчінсона. Модель Хатчінсона із двома запізненнями.	12
3	Опрацювання матеріалу теми 3. Модель Колесова із групами хижаків і жертв.	10
4	Опрацювання матеріалу теми 4. Стійкість хронічної форми захворювання. Математичне моделювання імунної відповіді із впливом температурної реакції. Математичне моделювання імунної відповіді при біінфекції.	24

5	Опрацювання матеріалу теми 5. Математичні моделі епідемій SIR і SEIR із врахуванням запізнення (втрати імунітету, інкубаційний період та ін.). Фазові портрети та їх інтерпретація	20
6	Математичні моделі розвитку епідемії коронавірусу COVID-19.	4
7	Моделювання кровоутворення. Модель Маккея-Гласса. Стаціонарні та періодичні розв'язки моделі.	6
8	Ознайомлення з математичними моделями в небесній механіці із врахуванням запізнення в поширенні гравітації та моделювання конфліктно-керованих процесів із факторами запізнення..	10
	Усього	100

4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного, модульного та підсумкового контролю за програмним матеріалом навчальної дисципліни, засвоєння якого перевіряється пропонованими видами контролю.

Поточний контроль здійснюється під час проведення лабораторних занять і перевірки самостійної роботи студентів, а також під час читання лекцій. Модульний контроль здійснюється за результатами виконаних модульних контрольних робіт та перевірки лабораторних робіт. Завданнями поточного та модульного контролю є перевірка рівня розуміння та засвоєння лекційного матеріалу, набуття практичних навичок і досвіду виконання індивідуальних і комплексних задач. Максимальна оцінка кожного з індивідуальних завдань – 5 балів, не більше двох завдань для студента.

Завданням підсумкового контролю (екзамену) є перевірка розуміння студентом програмного матеріалу в цілому, здатності успішно розв'язувати поставлені практичні задачі та комплексно використовувати отримані знання.

Оцінювання знань здійснюється за 100-бальною шкалою. Результати роботи впродовж навчального семестру оцінюються в ході поточного та модульного контролю на інтервалі оцінок від 0 до 60 балів, а результати підсумкового контролю (екзамену) оцінюються максимум у 40 балів.

Загальна **підсумкова оцінка** з навчальної дисципліни виставляється за загальною сумою балів поточного та модульного.

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Поточний та модульний контроль	Екзамен	Усього
--------------------------------	---------	--------

Змістовий модуль 1				Змістовий модуль 2			Змістовий модуль 3				40	100
T1	T2	T3	M1	T4	T5	T6	T7	T8	T9	M3		
8	8	10	26	14	10	2	4	2	2	8		

Загальна підсумкова оцінка з навчальної дисципліни виставляється за загальною сумою балів, набраних студентом, згідно з наступною таблицею:

Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
80-89	B	добре	
70-79	C		
60-69	D	задовільно	
50-59	E		
35-49	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

5. ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

Засобами оцінювання є:

- поточні опитування;
- модульні контрольні роботи;
- лабораторні роботи;
- індивідуальні завдання;
- підсумковий контролем є екзамен, білет містить 2 теоретичних і 2 практичне завдання.

6. ФОРМИ ПОТОЧНОГО ТА ПІДСУМКОВОГО КОНТРОЛЮ

Формами поточного контролю є:

- перевірка виконання домашніх завдань;
- оцінки за усні поточні опитування;
- перевірка письмових модульних контрольних робіт;
- перевірка виконаних лабораторних робіт;
- перевірка виконаних індивідуальних завдань.

.Формою підсумкового контролю є письмовий екзамен із обговоренням й аналізом виконаних у білеті завдань.

Академічна доброчесність: Роботи студентів мають бути їх самостійними та оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Списування, втручання в роботу інших студентів є прикладами академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в практичній (письмовій) роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від обсягу плагіату.

Відвідання занять є важливою складовою навчання. Пропуски занять мають бути обґрунтованими. Студенти зобов'язані дотримуватися встановлених термінів виконання усіх видів робіт, передбачених програмою навчального курсу.

Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем в освітніх цілях без права копіювання. Студенти заохочуються до використання інформаційних джерел, відкритих для доступу і яких немає серед рекомендованих.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Регулярно і сингулярно збурені диференціально-функціональні рівняння/ Фодчук В.І., Бігун Я.Й., Клевчук І.І. та ін.– Київ.– Ін-т математики АН України, 1996. – 210 с.
2. Marchuk G.I. Mathematical Modelling of Immune Response in Infectious Diseases. Springer-Science+Business Media, 1997. 350 с.

Додаткова

1. Бігун Я.Й. Числові методи: навч. посібник. Чернівці: Рута, 2019. 436 с.
2. Hairer E., Norsett S. P., Wanner G. Solving Ordinary Differential Equations I: Nonstiff and Differential-Algebraic Problems. Berlin: Springer-Verlag, 1993. – 528 p.
3. Ляшенко І.М., Коробова М.Д., Столяр Л.М. Основи математичного моделювання економічних, екологічних і соціальних процесів. – Тернопіль: Навчальна книга–Богдан, 2006. – 304 с.
4. Маценко В.Г. Математичне моделювання: навч. посібник. Чернівці: Чернівецький національний університет, 2013. 519 с.
5. Фельдман Л.П., Петренко А.І., Дмитрієва О.А. Чисельні методи в інформатиці. К.: Видавнича група ВНУ, 2006. 480 с.
6. Jerome K. Percus Mathematical methods in immunology. American Mathematical Society, 2012. 116 p.
7. Thomas Erneux Applied Delay Differential Equations. Springer, 2009. 116 p.
8. M.C. Mackey and J.G. Milton. Feedback delays and the origins of blood cell dynamics. Comments on modern biology. Part C. // Comments on Theor. Biol. – 1990. – No 1. – P. 299–327.

9. Murray E.D. Mathematical Biology: I. An Introduction. – Springer, 2002. – 551 p.