



## МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМ ТА ПРОЦЕСІВ

### Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

#### Реквізити навчальної дисципліни

Дисципліна	Математичне моделювання систем та процесів
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	16 Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнологія
Статус дисципліни	Базова
Форма навчання	Очна /заочна
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	4 кредитів ЄКТС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Поточний контроль: опитування, домашня контрольна робота, модульна контрольна робота; залік.
Розклад занять	Лекції: 2 год./тиждень; практичні заняття: 1 год./тиждень згідно розкладу
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: докт.біол.наук, професор, Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net, Телеграм Практичні / Семінарські: докт.біол.наук, професор, Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net
Розміщення курсу	Telegram

#### Програма навчальної дисципліни

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

При вивченні курсу «Математичне моделювання систем та процесів» студенти повинні ознайомитись із системним підходом, методологією біометричного аналізу і математичного опису функціонування біосистем, як необхідна основа синтезу їх математичних моделей. Зокрема, у курсі розглядається побудова регресійних моделей, структурно-функціональне моделювання, моделювання динаміки біосистем та засоби його комп'ютерної реалізації. Аналізуються особливості математичного моделювання біосистем різного рівня організації. Висвітлюються питання управління та саморегуляції і їх відображення в моделях кінетики біологічних процесів, в т.ч. коливних. У кожному випадку наводиться конкретний математичний апарат із ілюстрацією його застосування на прикладах моделювання біофізичних, фізіологічних, біохімічних, популяційних та інших систем.

Курс «Математичне моделювання систем та процесів» націлений на виконання таких задач: студенти повинні вміти аналізувати особливості математичного моделювання біосистем різного рівня організації. Набуті знання студенти повинні вміти застосовувати для опанування сучасних методів об'єктивного і суб'єктивного математичного моделювання, а також коректного інтерпретування результатів дослідження.

У відповідності з різноманітністю досліджуваних в курсі «Математичне моделювання систем та процесів» явищ та процесів організації біологічних організмів та систем при викладанні курсу в певній мірі враховується технічний та біотехнологічний профіль спеціальностей факультету біотехнологій. В той же час, в умовах науково-технічного прогресу, основна роль відводиться загальному науково-технічному рівню фахівця, який дозволив би йому успішно орієнтуватися в найновітніших галузях техніки.

Засвоївши курс «Математичне моделювання систем та процесів», студенти повинні володіти основними поняттями, теоріями, моделями і принципами моделювання біологічних процесів та систем; знати класифікацію, методи роботи, властивості біофізичних систем, моделі розвитку популяцій, мікроорганізмів і їх спільнот, моделі продукційних процесів рослин; володіти основними математичними методами дослідження нелінійних моделей та їх реалізацією за допомогою обчислювальних програм. При вивченні дисципліни студенти повинні опрацьовувати лекційний матеріал, розв'язувати домашні завдання, самостійно вивчати додаткову літературу. Поточний контроль здійснюється за допомогою опитувань на практичних заняттях. Курс «Математичне моделювання систем та процесів» базується на знаннях із загальної фізики, математичного аналізу, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії диференціальних рівнянь, що забезпечує підготовку і формування світогляду майбутнього спеціаліста.

**Мета** дисципліни «Математичне моделювання систем та процесів» полягає у наданні фундаментальних знань для розуміння та вивчення методів моделювання біологічних процесів і систем різних ступенів організації для їх подальшого використання у наукових дослідженнях, та використання сучасних обчислювальних програм з метою знаходження основних параметрів та розв'язків побудованих моделей і їхньої візуалізації.

**Предметом** дисципліни «Математичне моделювання систем та процесів» є вивчення та застосування різних видів моделювання біологічних систем та процесів.

#### **Програмні результати навчання**

*формування у студентів компетентності:*

- до використання методів моделювання біологічних процесів та систем живих організмів в процесі наукової діяльності;
- до використання сучасних обчислювальних програм з метою знаходження основних параметрів та розв'язків побудованих моделей і їхньої візуалізації.

*формування у студентів знань:*

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі *знання* :

- набуття знань та навичок з оцінки можливостей та практичного використання методів теорії динамічних систем та якісної теорії диференціальних та різницевих рівнянь в наукових дослідженнях;
- сутність нових та інформаційних технологій моделювання біотехнологічних рішень і лікарських препаратів із врахуванням умов довкілля;

*формування у студентів умінь:*

- отримання навичок роботи з основними класами явищ, процесів та біологічних систем, що можуть бути описані як лінійними, так і нелінійними математичними моделями;
- набуття навичок роботи з постановкою математичних моделей досліджуваних біологічних процесів та систем та аналізом даних моделей;
- отримання *умінь* і навичок роботи з математичним апаратом теорії диференціального та інтегрального числення, диференціальних рівнянь тощо для дослідження основних характеристик математичних моделей та їх розв'язками;
- набуття *умінь* і навичок роботи з обчислювальними програмами, зокрема, **Mathcad**, з метою розв'язання математичних моделей, візуалізації отриманих результатів та процесу розв'язання самої задачі.

*формування у студентів досвіду:*

- роботи з програмними засобами у моделюванні та побудові істивних матеріалів та лікарських препаратів для використання у різних умовах довкілля;
- досвід роботи з основними методами математичного моделювання та системою Mathcad, а також в майбутньому зможуть розв'язувати різного роду біологічні задачі, що стосуються наукового дослідження.

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

Перелік дисциплін, володіння якими необхідні студенту для успішного засвоєння дисципліни " Математичне моделювання систем та процесів «Вища математика», «Методи математичної статистики, комбінаторики та теорії ймовірності в біотехнології», «Основні мови програмування».

### **Зміст навчальної дисципліни.**

#### **Розділ 1. Вступ до математичного моделювання в біології.**

Математичне моделювання: базові поняття. Моделі біології, що описуються одним автономним диференціальним рівнянням. Моделі одновимірних динамічних систем із дискретним часом. Найпростіші ймовірнісні моделі. Моделі, що описуються системами двох автономних диференціальних рівнянь. Дослідження стійкості стаціонарного стану нелінійних систем другого порядку. Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Принцип простоти та його біологічне значення. Типи біфуркацій. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач.

#### **Розділ 2. Моделі в мікробіології. Моделювання процесів промислового біосинтезу.**

Моделі ферментативного каталізу. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів та вплив параметрів на ріст. Моделювання проточних та непроточних культур. Багатосубстратні мікробні процеси. Вікові розподіли мікроорганізмів. Моделювання режимів культивування. Оптимізація продуктивності роботи установок для культивування та збільшення їх ефективності за різних умов. Кінетичні характеристики процесу біосинтезу. Моделювання оптимальних умов біосинтезу та керування процесом. Моделювання біосинтезу продуктів метаболізму та процесів конструювання біопрепаратів.

#### **Розділ 3. Коливання в біологічних системах. Автоколивальні процеси.**

Моделі взаємодії двох видів. Коливання в темнових процесах фотосинтезу. Автоколивання в моделі гліколізу. Внутрішньоклітинні коливання концентрації кальцію. Клітинні цикли. Моделі клітинного перемикавання. Моделювання двовікових культур. Моделі розповсюдження нервового імпульсу. Динаміка імунних реакцій та транспорт біопрепаратів.

**Розділ 4. Розподілені біологічні системи.** Кінетичні рівняння розподілених систем. Рівняння типу реакція-дифузія. Стійкість гомогенного стаціонарного стану. Поняття жорсткого збурення та автохвилі. Дисипативні структури, їх роль у біології. Поняття хаосу та фракталів. Реакція Белоусова- Жаботинського. Розподілені тригери і морфогенез. Моделі розмальовки шкур тварин. Моделі самоорганізації клітин та угруповань мікроорганізмів.

## **3. Навчальні матеріали та ресурси**

**Базова та додаткова література, яку потрібно прочитати або використовувати для опанування дисципліни**

**Базова:**

1. Г.Ю. Ризниченко. Математические модели в биофизике и экологии. — Москва- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 184 с.
2. Ю.И. Гильдерман. Лекции по высшей математике для биологов. - Новосибирск: Наука, 1974. -410 с.
3. Г.Ю. Ризниченко. Лекции по математическим моделям в биологии. - Москва- Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2011. - 560 с.
4. Ю.М. Романовский, Н.В. Степанова, Д.С. Чернавский. Математическое моделирование в биофизике. - Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 402 с.

5. И.А. Рубин. Лекции по биофизике : Учеб. пособие. - Свердловск: Изд-во Урал, Унта, 1990. — 240 с.
6. А.Д. Базыкин. Нелинейная динамика взаимодействующих видов. - Москва- Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. - 368 с.

#### **Додаткова:**

1. Дж. Марри. Нелинейные дифференциальные уравнения в биологии. Лекции о моделях. - М.: Мир, 1983. - 396 с.
2. 8 А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов. Введение в синергетику.— М. Наука. 1990. - 272 с.
3. Д.И. Трубецков, Е.С. Мчедлова, Л.В. Красичков. Введение в теорию самоорганизации открытых систем. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 200 с.
4. В. Байер. Биофизика. - М.: Издательство иностранной литературы, 1962. - 432 с.
5. G. Dupont, A. Goldbeter. One pool model for  $Ca^{+2}$  oscillations involving  $Ca^{+2}$  inositol 1,4,5 trisphosphate as co-agonists for  $Ca^{+2}$  release // Cell calcium. - V. 14. - 1993. -P. 311-322.
6. 12 Д.В. Кирьянов. Mathcad 12. Наиболее полное руководство. - С-Пб: БХВ- Петербург, 2005.- 566 с.
7. Е. Кудрявцев. Mathcad 11. Полное руководство по русской версии. - М: ДМК Пресс, 2005. - 592с.
8. В.А. Охорзин. Прикладная математика в системе МАТНСАБ: Учебное пособие. - СПб.: Лань, 2009. - 352с.

#### **Рекомендації та роз'яснення:**

- зазначені матеріали можна знайти в бібліотеці та інтернеті;
- матеріали є факультативними;
- з конкретними темами дисциплін пов'язаний цикл розроблених лекцій.

### **Навчальний контент**

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

Інформація за розділами, темами та про всі навчальні заняття (лекції і семінарські) надаються, як рекомендації щодо їх засвоєння у формі календарного плану.

#### **Лекційні заняття**

*Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються різними методами і технологіями.*

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	<b>Розділ 1. Вступ до математичного моделювання в біології</b>
2	<p><b>Лекція 1.</b> Математичне моделювання в біології: базові поняття. Поняття моделі. Об'єкти, цілі та методи моделювання. Історичний огляд розвитку питання математичного моделювання в біології. Класифікація моделей. Приклади математичних моделей у біології. Специфіка моделювання живих систем. Особливості біологічної кінетики. Принципи побудови математичних моделей. Приклад побудови моделі обмеженої висоти росту дерев. Література: [1-4].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології. Література: [1-4].</p>
3	<p><b>Лекція 2.</b> Моделі біології, що описуються одним автономним диференціальним рівнянням. Моделі, що зводяться до одного диференціального рівняння першого порядку (моделі росту чисельності ізольованої популяції, мальтузіанська модель, модель популяційного спалаху' комах, модель розмноження клітин, росту колонії мікроорганізмів, степеневий та експоненційний закон еволюції сімейств білкових доменів тощо). Поняття розв'язку автономного диференціального рівняння та стаціонарного стану. Стійкість стану рівноваги та умови стійкості. Якісний аналіз математичної моделі на прикладі логістичного рівняння. Узагальнене логістичне рівняння. Моделі із найменшим критичним параметром. Література: [1-4].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. Література: [1-4].</p>
4	<p><b>Лекція 3.</b> Моделі одновимірних динамічних систем із дискретним часом. Найпростіші ймовірнісні моделі. Дискретний еволюційний ріст. Дискретне логістичне рівняння. Модель чисел Фібоначчі для описання динаміки чисельності зайців. Графічна процедура дослідження моделі та побудови розв'язку на прикладі моделей динаміки чисельності жука-шкідника, взаємодії забруднення із навколишнім середовищем та контролю чисельності популяції. Матричне представлення моделей (на прикладі моделей популяцій). Ймовірнісні моделі. Ймовірнісне описання процесів розмноження та загибелі. Урахування флуктуацій середовища. Література: [1-4].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології із дискретним часом. Література: [1-4].</p>
5	<p><b>Лекція 4.</b> Моделі, що описуються системами двох автономних диференціальних рівнянь. Поняття фазової площини, фазового простору та фазового портрету. Стійкість стаціонарного стану. Знайомство із методом ізоклін. Лінійні системи диференціальних рівнянь. Типи особливих точок. Біфуркаційна діаграма. Дослідження на стійкість хімічних реакцій першого порядку.</p>

	<p>Література: [1-4].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються системою диференціальних рівнянь. Література: [1-4].</p>
6	<p><b>Лекція 5.</b> Дослідження стійкості стаціонарного стану нелінійних систем другого порядку</p> <p>Метод Ляпунова лінеаризації систем в околі стаціонарного стану. Дослідження стійкості стаціонарних станів моделей біологічних систем на прикладі рівняння Лотки та рівняння Вольтерри. Поняття про функції Ляпунова.</p> <p>Література: [1-7].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей.</p> <p>Література: [1-7].</p>
7	<p><b>Лекція 6.</b> Проблема «швидких» і «повільних» змінних. Принцип простоти та його біологічне значення</p> <p>Проблема автокаталізу. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні. Метод квазістаціонарних концентрацій. Теорема Тихонова. Формулювання принципу простоти. Фермент-субстратна реакція Міхаеліса-Ментен як приклад принципу простоти. Біфуркації динамічних систем. Типи біфуркацій. Фазопараметричні портрети. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач. Література: [1-7].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії динамічних систем. Література: [1-7].</p>
8	<p><b>Розділ 2. Моделі в мікробіології. Моделювання процесів промислового біосинтезу</b></p>
9	<p><b>Лекція 7.</b> Побудова математичних моделей у мікробіологічній кінетиці</p> <p>Основні принципи моделювання ферментативного каталізу. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів, росту біомаси та вплив параметрів на ріст. Моделювання проточних та непроточних культур мікроорганізмів. Модель Моно. Багатосубстратні мікробні процеси. Вікові розподіли мікроорганізмів.</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей.</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p>
10	<p><b>Лекція 8.</b> Вибрані проблеми інженерної мікробіології</p> <p>Моделювання режимів культивування. Оптимізація продуктивності роботи установок для культивування та збільшення їх ефективності за різних умов. Дослідження одиночного культиватора повного змішування та проточного культиватора із центрифугою. Керування продуктивністю за наявності обмежень на концентрацію біомаси та субстрату. Керування перехідними процесами.</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей.</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p>

11	<p><b>Лекція 9.</b> Моделювання процесів біосинтезу та процесів конструювання біопрепаратів</p> <p>Кінетичні характеристики процесу біосинтезу. Моделювання оптимальних умов біосинтезу продуктів метаболізму та процесів конструювання біопрепаратів. Модель дії лікарських сполук на ферменти біосинтезу та їх ефективності. Модель накопичення продукту метаболізму на прикладі лейцину. Складність моделювання та вибору Математичної моделі при різних початкових концентраціях субстрату і біомаси. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно».</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей.</p> <p>Література: [1, 3-7, 10].</p>
12	<p align="center"><b>Розділ 3. Коливання в біологічних системах. Автоколивальні процеси</b></p>
13	<p><b>Лекція 10.</b> Біологічні осцилятори та автоколивальні системи</p> <p>Поняття автоколивальних процесів. Приклади коливальних процесів у біології. Зображення поведінки автоколивальної системи на фазовій площині. Поняття граничного циклу та його типи. Умови існування та стійкості граничних циклів. Дослідження найпростішого автоколивального процесу на прикладі осцилятора Ван дер Поля, що описується одним диференціальним рівнянням. Моделі розповсюдження нервового імпульсу: класична модель Ходчкіна-Хакслі, модель Фітцхью-Нагумо.</p> <p>Література: [1, 3-5, 8-10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивальних та граничних циклів.</p> <p>Література: [1, 3-5, 8-10].</p>
14	<p><b>Лекція 11.</b> Біологічні осцилятори та автоколивальні системи (продовження)</p> <p>Народження граничного циклу. Біфуркація Андронова-Хопфа. Залежність поведінки біологічних процесів від умов народження граничного циклу. Модель Брюсселятора як найпростіша модель автоколивальних хімічних реакцій із граничним циклом, що описується системою диференціальних рівнянь.</p> <p>Література: [1-5, 8-10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивальних та граничних циклів.</p> <p>Література: [1-5, 8-10].</p>
15	<p><b>Лекція 12.</b> Біологічні осцилятори та автоколивальні системи (продовження)</p> <p>Вивчення класичних моделей для моделювання автоколивальних в гліколізі, коливальних в темнових процесах фотосинтезу, внутрішньоклітинних коливальних концентрацій кальцію.</p> <p>Література: [1, 3-5, 8-10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивальних та граничних циклів.</p> <p>Література: [1, 3-5, 8-10].</p>

16	<p><b>Лекція 13.</b> Автоколивальні процеси на клітинному рівні. Клітинні цикли. Модель Тайсона-Новака клітинного циклу. Моделі клітинного перемикачання. Поняття тригерних систем. Генетичний тригер Жакоба і Моно. Література:[1, 3-5, 8-11].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивальних та граничних циклів. Література:[1, 3-5, 8-11].</p>
17	<p><b>Лекція 14.</b> Моделі взаємодії двох видів</p> <p>Гіпотези Вольтерри. Аналогії з хімічною кінетикою. Класифікація міжвидових типів взаємодій. Система Лотки-Вольтерри «хижак-жертва». Система «хижак- жертва» із врахуванням внутрішньої видової конкуренції. Моделі Колмогорова і Базикіна. Модель взаємодії двох видів комах Мак Артура. Моделі взаємодії забруднення із навколишнім середовищем, очистки стічних вод. Література:[1, 3-7].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Література: [1, 3-7].</p>
18	<p><b>Лекція 15.</b> Автоколивальні процеси у мікробіології</p> <p>Коливання у популяціях мікроорганізмів. Проблема біологічної інерційності. Моделювання двовікових культур. Моделювання динаміки імунних реакцій та транспорту біопрепаратів. Моделювання поширення епідемій. <b>8ІК</b> модель. Література: [1, 3-7].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Література: [1, 3-7].</p>
19	<b>Розділ 4. Розподілені біологічні системи</b>
20	<p><b>Лекція 16.</b> Однорідні системи другого порядку</p> <p>Активні кінетичні середовища в живих системах. Просторові структури і автохвильові процеси в хімічних і біохімічних реакціях. Кінетичні рівняння розподілених систем. Рівняння реакція-дифузія. Лінійний аналіз стійкості гомогенного стаціонарного стану. Залежність виду нестійкості від хвильового числа. Нестійкість Тьюрінга. Дисипативні структури. Модель поширення амброзійового листоїда як найпростіша модель розподілених біологічних систем. Література:[1, 3-5, 8-10].</p> <p>СРС - ознайомлення з основними поняттями кінетики живих середовищ, а також методами розв'язання рівняння дифузії. Література: [1, 3-5, 8-10].</p>
21	<p><b>Лекція 17.</b> Реакція Белоусова-Жаботинського. Розподілені тригери і морфогенез.</p> <p>Моделі розмальовки шкур тварин</p> <p>Коливальна реакція Белоусова. Поведінка концентрацій реагентів в часі. Модель Жаботинського. Просторово-часові режими в системі Белоусова- Жаботинського. Модель Філда-Нойес (орегонатор). Диференціація та морфогенез. Модель генетичного тригера з дифузією. Моделювання розмальовки шкур тварин. Модель гідри Гірера-Майнхардт. Структури Тьюрінга. Література: [1, 3, 4, 8, 9].</p> <p>СРС - ознайомлення з коливальною хімічною реакцією Белоусова- Жаботинського та моделями, що її описують. Література: [1, 3, 4, 8, 9].</p>
22	<b>Лекція 18.</b> Залік



## Практичні заняття

Основні завдання циклу семінарських занять з дисципліни є формування у студентів вміння до розв'язування теоретичних і практичних біотехнологічних задач.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями: особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання (дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань)

№ з/п	Назва теми заняття
1	<b>Семінар 1.</b> Чисельний розв'язок диференціальних рівнянь у системі Mathcad. Дослідження моделей росту популяцій (модель Мальтуса, модель Ферхюльста). Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. <i>Література: [базова- 1,4,5; додаткова - 1,3,4,7,10] , курс лекцій</i>
2	<b>Семінар 2.</b> Розв'язок систем диференціальних рівнянь. Графічне представлення розв'язку. Визначення типів особливих точок. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання, класичними моделями у біології, що описуються системою диференціальних рівнянь та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. <i>Література: [ базова- 2,3,4; додаткова -3,6,9,10] , курс лекцій</i>
3	<b>Семінар 3.</b> Дослідження моделей одновимірних динамічних систем із дискретним часом на прикладі дискретного логістичного рівняння та моделей динаміки чисельності жука-шкідника, взаємодії забруднення із навколишнім середовищем. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. <i>Література: [базова- 5; додаткова -2,8] , курс лекцій</i>
4	<b>Семінар 4.</b> Розв'язок систем диференціальних рівнянь. Дослідження стійкості стаціонарних станів методом Ляпунова на прикладі рівнянь Лотки, Вольтерри, Міхаеліса-Ментен. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. <i>Література: [базова- 3,4; додаткова -4,5,6,9] , курс лекцій</i>
5	<b>Семінар 5.</b> Моделювання проточних та непроточних культур мікроорганізмів. Модель Моно. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно». <i>Література: [базова-1,4,5 ; додаткова -1,2,5,6,8,10] , курс лекцій</i>
6	<b>Семінар 6.</b> Дослідження моделі Тайсона-Новака клітинного циклу. Моделювання генетичного триггеру Жакоба і Моно. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивань та граничних циклів. <i>Література: [базова-1-5, додаткова -8-10].</i>
7	<b>Семінар 7.</b> Дослідження динаміки різних типів взаємодії двох видів. Модель динаміки популяцій Лотки-Вольтерра («хижак-жертва»), модель Лотки-Вольтерра з логістичною поправкою. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. <i>Література: [базова-1,3; додаткова -1,3-7].</i>
8	<b>Семінар 8. Доповіді і обговорення домашніх контрольних робіт.</b>
9	<b>Модульна контрольна робота.</b>

## 5. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів проводиться у вигляді підготовки до аудиторних занять (18 годин), модульної контрольної роботи (4 години), підготовки та захист домашньої контрольної роботи (20 годин), підготовка до заліку (10 годин) та самостійне вивчення певних тем (14 годин), перелік яких наводиться нижче, на що відводяться 66 годин.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються одним та декількома диференціальними рівняннями. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернет.	12
2	Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей біологічних структур. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	12
3	Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей функцій різних біологічних структур. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	12
4	Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивальних процесів, дослідженням математичних моделей наявності автоколивань та граничних циклів біологічних параметрів. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	10
5	Підготовка та написання домашньої контрольної роботи на вибрану або запропоновану тему. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	20
6	Всього	66

## Політика та контроль

### 6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

**Політика щодо дедлайнів та перескладання:** Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин, оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин. Задаються дедлайни виконання реферативних і контрольних робіт та перескладань.

**Політика та принципи академічної доброчесності** визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

З ДКР проводиться політика щодо академічної доброчесності.

**Норми етичної поведінки:** Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Використання додаткових джерел інформації під час оцінювання знань заборонено (у т.ч. мобільних девайсів). Мобільні пристрої дозволяється використовувати лише під час он-лайн тестування та виконання розрахунків. Призначаються заохочувальні та штрафні бали.

**Політика щодо відвідування:** Відвідування лекцій, практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для формування компетентностей, визначених стандартом освіти. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички. За об'єктивних причин (наприклад, хвороба, працевлаштування, міжнародне стажування тощо) навчання може відбуватися в он-лайн формі за погодженням із керівником курсу. Захист індивідуальних завдань проводиться на семінарських заняттях.

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

Всі види контролю та бали за кожен елемент контролю:

Поточний контроль: експрес-опитування-10 балів, опитування за темою заняття-10 балів

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силябусу, - 10 балів, модульна контрольна робота - 25 балів, оцінка за виконання та доповідь домашньої контрольної роботи - 25 балів.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю:- 55 балів, мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання - 25 балів, семестровий рейтинг більше 60 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
59 -56	Незадовільно
До 55 балів	Не допущено

## 8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

- перелік питань, які виносяться на семестровий контроль подаються, як додаток до силябусу;
- можливість зарахування сертифікатів проходження дистанційних чи онлайн курсів за відповідною тематикою з наявністю додаткового реферату по визначеній темі.

**Робочу програму навчальної дисципліни «Вплив геофізичних подій на біологічні структури»:**

**складено** докт. біол. наук, проф. Горго Ю.П.

**Ухвалено** кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № \_\_ від \_\_\_\_)

**Погоджено** Методичною комісією факультету<sup>1</sup> (протокол № \_\_ від \_\_\_\_)

---

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