

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Факультет кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії
Кафедра прикладної математики

УЗГОДЖЕНО
Декан ФККПІ

_____ О.Азаренко

« ___ » _____ 2020 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи

_____ А. Гудманян

« ___ » _____ 2020 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни


«Математичні моделі в біології»

Галузь знань: 11 "Математика та статистика"
Спеціальність: 113 "Прикладна математика"
Освітньо-професійна програма: "Прикладна математика"

| Форма навчання | Семестр | Усього (годин/кредитів ECTS) | Лекції | Практ. заняття | Самостій на робота | ДЗ /К | Форма сем. контролю |
|----------------|---------|------------------------------|--------|----------------|--------------------|-------|---------------------|
| Денна | 2 | 180/6 | 34 | 34 | 112 | 1 ДЗ | Екзамен – 2 с |
| Заочна | – | – | – | – | – | – | – |

Індекс РМ - 4 – 113 / 19 – 3.12

СМЯ НАУ РП 09.01.11-01-2020

| | | | |
|--|--|-------------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 2 з 15 | |

Робочу програму навчальної дисципліни «Математичні моделі динамічних систем» розроблено на основі освітньої програми та робочого навчального плану № РМ-4-113/19 підготовки фахівців освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 113 «Прикладна математика» освітньо-професійної програми «Прикладна математика» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:
професор кафедри прикладної математики _____ Жук П.Ф.


Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри спеціальності 113 "Прикладна математика" освітньо-професійної програми "Прикладна математика" – кафедри прикладної математики, протокол № _____ від " _____ " _____ 2020 р.

Завідувач кафедри _____ Приставка П.О.

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету кібербезпеки, комп'ютерної та програмної інженерії, протокол № _____ від _____ 2020 р.


Голова НМРР _____ Куклінський М.В.

Рівень документа – 3б
Плановий термін між ревізіями – 1 рік
Контрольний примірник

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 3 з 15 | |

ЗМІСТ

| | сторінка |
|---|----------|
| Вступ | 4 |
| 1. Пояснювальна записка | 4 |
| 1.1. Заплановані результати | 4 |
| 1.2. Програма навчальної дисципліни | 5 |
| 2. Зміст навчальної дисципліни | 8 |
| 2.1. Структура навчальної дисципліни | 8 |
| 2.2. Домашнє завдання..... | 10 |
| 2.3. Перелік питань для підготовки до екзамену..... | 11 |
| 3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни | 11 |
| 3.1. Методи навчання | 11 |
| 3.2. Рекомендована література | 11 |
| 3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті..... | 11 |
| 4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь... | 12 |

| | | | |
|--|--|-------------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 4 з 15 | |

ВСТУП

Робоча програма навчальної дисципліни розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни», затверджених розпорядженнями №071/роз. від 10.07.2019 р., №088/роз. від 16.10.2019 р. та відповідних нормативних документів.

1. Пояснювальна записка

1.1. Заплановані результати

Дана навчальна дисципліна є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця в галузі прикладної математики.

Метою викладання дисципліни є:

- прищеплення уміння побудови та дослідження сучасних математичних моделей складних біологічних систем засобами математичних та комп'ютерних технологій;

- формування у студента аналітичного мислення та розуміння фундаментальних законів природи;

- формування навичок дослідження типових задач теорії моделювання біологічних систем за допомогою проблемно-орієнтованих пакетів прикладних програм, що є фундаментальною основою для фахівця в галузі прикладної математики.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- систематизація та розширення знання про біологічні системи та закони їх функціонування;

- засвоєння принципів і методів побудови математичних моделей складних біологічних систем;

- оволодіння методикою дослідження складних біологічних систем на коректність і стійкість тощо.


У результаті вивчення даної навчальної дисципліни студент повинен набути таких **компетентностей**:

- володіти методологією виведення рівнянь тригерних систем в біології;
- знати принципи побудови математичних моделей транспорту речовин через біомембрани, збудливих середовищ, м'язового скорочення тощо;

- володіти математичними засадами дослідження математичних моделей біології на коректність;

- знати методи дослідження біологічних систем на стійкість, наявність біфуркації та катастроф;

- вміти знаходити точки біфуркації та умови стійкості біологічних систем;
- вміти виконувати комп'ютерне моделювання біологічних систем за допомогою прикладних математичних пакетів Mathematica, Maple, MatLab тощо.

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 5 з 15 | |

Навчальна дисципліна «Математичні моделі в біології» базується на знаннях дисциплін рівня бакалавра та дисциплін «Математичні методи в аеродинаміці», «Обчислювальні технології» та є базою для вивчення таких дисциплін, як: «Математичне та комп'ютерне моделювання складних об'єктів», «Основи наукових досліджень та сучасні проблеми прикладної математики» та інших.

1.2. Програма навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з двох навчальних модулів, а саме:

- навчального модуля №1 «Математичні методи системної біології»
- навчального модуля №2 «Моделі складних біологічних систем і процесів», кожен з яких є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

Модуль №1 «Математичні методи системної біології»

Тема 1. Специфіка моделювання живих систем. Поняття моделі. Модель як динамічна система. Об'єкти, цілі та методи моделювання. Моделі в різних науках. Комп'ютерні та математичні моделі. Історія перших моделей в біології. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів. Регресивні, імітаційні, якісні моделі. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей.


Тема 2. Математичні методи якісного дослідження моделей в біології. Найпростіші моделі динаміки популяцій: Мальтуса, Гомпертца, Ферхюльста, Розенцвейга, Базикіна, Хатчисона. Дискретні моделі популяції.

Тема 3. Дослідження стійкості стаціонарних станів нелінійних моделей в біології. Метод функції Ляпунова. Метод Ляпунова лінеаризації систем в околі стаціонарного стану. Приклади дослідження стійкості стаціонарних станів моделей біологічних систем: рівняння Лотки, рівняння Вольтерра тощо.

Тема 4. Методи моделювання коливань в біологічних системах. Поняття автоколивань. Зображення автоколивної системи на фазовій площині. Граничні цикли. Умови існування граничних циклів. Народження граничного циклу. Біфуркація Андронова-Хопфа. Модель брюсселятора. Приклади автоколивальних моделей процесів в живих системах: коливання в темнових процесах фотосинтезу, внутрішньоклітинні коливання концентрації кальцію, клітинні цикли тощо.

Тема 5. Методи моделювання біологічних спільнот. Атрактори. Дивні атрактори. Динамічний хаос. Лінійний аналіз стійкості траєкторій. Дисипативні системи. Стійкість хаотичних рішень. Розмірність дивних атракторів. Стаціонарні стани і динамічні режими в співтоваристві з трьох видів. Трофічні системи з фіксованою кількістю речовини. Модель чотирьохвидової системи.

Тема 6. Методи моделювання взаємодії двох біологічних видів. Гіпотези Вольтерра. Аналогії з хімічної кінетикою. Вольтерровські моделі взаємодій. Класифікація типів взаємодій. Конкуренція. Хижак-жертва. Узагальнені моделі взаємодії видів. Модель Колмогорова. Модель взаємодії

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 6 з 15 | |

двох видів комах Макартура. Параметричний і фазові портрети системи Базикіна.

Тема 7. Методи моделювання мультистаціонарних системи. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами. Тригер. Конкуренція. Силоне і параметричне перемикавання тригера. Еволюція. Відбір одного з двох і декількох рівноправних видів. Генетичний тригер Жакоба і Моно.

Тема 8. Методи моделювання швидких і повільних біологічних процесів. Метод квазістаціонарних концентрацій. Теорема Тихонова. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Біфуркації динамічних систем. Типи біфуркацій. Біфуркаційні діаграми і фазопараметричні портрети. Елементарні катастрофи. Математичні моделі катастроф динамічних систем. Ознаки наявності в системі катастроф.

Модуль № 2 «Моделі складних біологічних систем і процесів»


Тема 1. Тригерні системи в біології. Біохімічний тригер. Модель генетичного тригера. Генетичний код. Управління синтезом білка в бактеріальних клітинах. Генетичний тригер Жакоба і Моно. Тригерні властивості моделі Жакоба-Моно. Способи перемикавання тригера. Модель конкуруючих видів. Приклад популяційного тригера.

Тема 2. Моделі транспорту речовин через біомембрани. Клітинні мембрани. Вивід рівняння дифузії. Одновимірна дифузія. Дифузія в тривимірному просторі. Дифузія через мембрану. Стаціонарний випадок - хімічний аналог закону Ома. Пасивний транспорт. Полегшена дифузія. Пасивний транспорт за допомогою переносників. Сімпорт і антіпорт. Мембранні обмінники. Активний транспорт.

Тема 3. Моделі збудливих середовищ. Мембранний потенціал. Потенціал спокою. Потенціал Нернста. Рівняння електродифузії Нернста - Планка. Вивід формули Нернста. Рівняння Голдмана-Ходжкіна-Каца. Модель мембрани як електричного ланцюга. Іонні канали. Вольтамперні характеристики з урахуванням специфіки каналів. Незалежність руху іонів через канал. Співвідношення Уссінга. Потенціал дії. Модель Ходжкіна-Хакслі (МХХ). Опис натрієвої провідності в МХХ. Якісний аналіз МХХ.

Тема 4. Моделювання м'язового скорочення. Механізми м'язового скорочення. Мостикова теорія м'язового скорочення. Теорія ковзаючих нитей. Сполучення збудження зі скороченням (електромеханічне sprzęження). Частота скорочень м'яза і механічна відповідь. Режими механічного навантаження м'яза. Зв'язок «довжина-сила» м'яза. Закон Франка-Старлінга для серця. Зв'язок «сила-швидкість»: модель Хілла. Реологічні моделі. Деякі рішення моделі Хілла. Мостикова модель м'язового скорочення Хакслі.

Тема 5. Математична модель серцевого м'яза. Схема електромеханічного сполучення в серцевій клітці. Механоелектричний зворотний зв'язок в міокарді. ЕО-модель електромеханічного сполучення в кардіоміоциті. Порушення кардіоміоцитів. Кінетика кальцію в кардіоміоцитах. Активація скорочувальних білків. Кооперативні механізми активації скорочувальних білків. Механічна активність серцевого м'яза. Моделювання

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 7 з 15 | |

електричних і механічних явищ в серцевому м'язі в рамках ЕО-моделі. Ізометричні скорочення віртуальної м'язи. Ізотонічні скорочення віртуальної м'язи. Вплив механічних збурень на потенціал дії. Молекулярно-клітинні механізми механоелектричного зворотного зв'язку.

Тема 6. Кінетика ферментативних процесів. Моделювання біохімічних реакцій. Ферментативна кінетика. Кінетика ферментативних реакцій. Швидкість хімічних реакцій. Закон діючих мас. Фермент-субстратна реакція Міхаеліса-Ментен. Редукція фермент-субстратної системи. Нелінійні ефекти в ферментативній кінетики. Конкурентне інгібування. Неконкурентне інгібування. Кооперативні явища в ферментативній кінетики. Інгібування субстратом.

Тема 7. Моделі в мікробіології. Модель проточного культиватора. Відновлення популяції після ушкоджуючого впливу. Двохвікова культура мікроорганізмів. Умова виникнення коливань. Моделі популяцій з віковою структурою. Потоківі моделі регуляції метаболізму культури *E.coli* з використанням даних біоінформатики.

Тема 8. Моделі нейрона, нейронні мережі. Нервові клітини. Характерна риса нервових клітин. Поняття «формального нейрона». Стани нейрона. Збуджений стан нейрона. Зв'язки між нейронами. Штучні нейронні мережі як моделі нейронних структур мозку у найпростішому вигляді.

Тема 9. Моделі космічної біології. Моделювання впливу факторів космічного польоту на активність ферментів. Модель генетичних критеріїв живих організмів, що мають максимальну стійкість до екстремальних умов космічного польоту. Моделювання впливу факторів космічного польоту на процеси регенерації біологічних об'єктів. Моделі допустимих меж розвитку адаптаційних перебудов в умовах невагомості, в рамках яких всі зміни в організмі піддаються коригуванню та безпечні.



2. ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Структура навчальної дисципліни

| № з/п | Назва теми | Обсяг навчальних занять (год.) | | | | | | | |
|--|--|--------------------------------|--------|----------------|-----|-----------------------|--------|----------------|-----|
| | | Денна форма Навчання | | | | Заочна форма навчання | | | |
| | | Усього | Лекції | Практ. заняття | СРС | Усього | Лекції | Практ. заняття | СРС |
| Модуль №1 «Математичні методи системної біології» | | | | | | | | | |
| | | 2 семестр | | | | 2 семестр | | | |
| 1.1 | Специфіка моделювання живих систем. Поняття моделі. Модель як динамічна система. Об'єкти, цілі та методи моделювання. Моделі в різних науках. Комп'ютерні та математичні моделі. Історія перших моделей в біології. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів. Регресивні, імітаційні, якісні моделі. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.2 | Математичні методи якісного дослідження моделей в біології. Найпростіші моделі динаміки популяцій: Мальтуса, Гомпертца, Ферхюльста, Розенцвейга, Базикіна, Хатчисона. Дискретні моделі популяції. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.3 | Дослідження стійкості стаціонарних станів нелінійних моделей в біології. Метод функції Ляпунова. Метод Ляпунова лінеаризації систем в околі стаціонарного стану. Приклади дослідження стійкості стаціонарних станів моделей біологічних систем: рівняння Лотки, рівняння Вольтерра тощо. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.4 | Методи моделювання коливань в біологічних системах. Поняття автоколивань. Зображення автоколивної системи на фазовій площині. Граничні цикли. Умови існування граничних циклів. Народження граничного циклу. Біфуркація Андронова-Хопфа. Модель бруселятора. Приклади автоколивальних моделей процесів в | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |



| | | | | | | | | | |
|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|---|---|---|---|
| | живих системах: коливання в темнових процесах фотосинтезу, внутрішньоклітинні коливання концентрації кальцію, клітинні цикли тощо. | | | | | | | | |
| 1.5 | Методи моделювання біологічних спільнот. Атрактори. Дивні атрактори. Динамічний хаос. Лінійний аналіз стійкості траєкторій. Дисипативні системи. Стійкість хаотичних рішень. Розмірність дивних атракторів. Стаціонарні стани і динамічні режими в співтоваристві з трьох видів. Трофічні системи з фіксованою кількістю речовини. Модель чотирьохвидової системи. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.6 | Методи моделювання взаємодії двох біологічних видів. Гіпотези Вольтерра. Аналогії з хімічної кінетикою. Вольтерровські моделі взаємодій. Класифікація типів взаємодій. Конкуренція. Хижак-жертва. Узагальнені моделі взаємодії видів. Модель Колмогорова. Модель взаємодії двох видів комах Макартура. Параметричний і фазові портрети системи Базикіна. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.7 | Методи моделювання мультістаціонарних системи. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами. Тригер. Конкуренція. Силове і параметричне перемикання тригера. Еволюція. Відбір одного з двох і декількох рівноправних видів. Генетичний тригер Жакоба і Моно. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.8 | Методи моделювання швидких і повільних біологічних процесів. Метод квазістаціонарних концентрацій. Теорема Тихонова. Рівняння Міхаеліса-Ментен. Біфуркації динамічних систем. Типи біфуркацій. Біфуркаційні діаграми і фазопараметричні портрети. Елементарні катастрофи. Математичні моделі катастроф динамічних систем. Ознаки наявності в системі катастроф. | 8 | 2 | 2 | 4 | – | – | – | – |
| 1.9 | Домашнє завдання №1 (частина 1) | 4 | – | – | 4 | – | – | – | – |
| 1.10 | Модульна контрольна робота №1 | 4 | 2 | – | 2 | – | – | – | – |
| Усього за модулем №1 | | 72 | 18 | 16 | 38 | – | – | – | – |
| Модуль №2 «Моделі складних біологічних систем і процесів» | | | | | | | | | |



| | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|---|---|---|---|---|
| 2.1 | Тригерні системи в біології. Біохімічний тригер. Модель генетичного тригера. Генетичний код. Управління синтезом білка в бактеріальних клітинах. Генетичний тригер Жакоба і Моно. Тригерні властивості моделі Жакоба-Моно. Способи перемикання тригера. Модель конкуруючих видів. Приклад популяційного тригера. | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |
| 2.2 | Моделі транспорту речовин через біомембрани. Клітинні мембрани. Вивід рівняння дифузії. Одновимірна дифузія. Дифузія в тривимірному просторі. Дифузія через мембрану. Стаціонарний випадок - хімічний аналог закону Ома. Пасивний транспорт. Полегшена дифузія. Пасивний транспорт за допомогою переносників. Сімпорт і антіпорт. Мембранні обмінники. Активний транспорт. | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |
| 2.3 | Моделі збудливих середовищ. Мембранний потенціал. Потенціал спокою. Потенціал Нернста. Рівняння електродифузії Нернста - Планка. Вивід формули Нернста. Рівняння Голдмана-Ходжкіна-Каца. Модель мембрани як електричного ланцюга. Іонні канали. Вольтамперні характеристики з урахуванням специфіки каналів. Незалежність руху іонів через канал. Співвідношення Уссінга. Потенціал дії. Модель Ходжкіна-Хакслі (МХХ). Опис натрієвої провідності в МХХ. Якісний аналіз МХХ. | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |
| 2.4 | Моделювання м'язового скорочення. Механізми м'язового скорочення. Мостикова теорія м'язового скорочення. Теорія ковзаючих нитей. Сполучення збудження зі скороченням (електромеханічне sprzęження). Частота скорочень м'яза і механічна відповідь. Режими механічного навантаження м'яза. Зв'язок «довжина-сила» м'яза. Закон Франка-Старлінга для серця. Зв'язок «сила-швидкість»: модель Хілла. Реологічні моделі. Деякі рішення моделі Хілла. Мостикова модель м'язового скорочення Хакслі. | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |
| 2.5 | Математична модель серцевого м'яза. | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |



| | | | | | | | | | |
|-----|--|----|---|---|----|---|---|---|---|
| | <p>Схема електромеханічного сполучення в серцевій клітці. Механоелектричний зворотний зв'язок в міокарді. ЕО-модель електромеханічного сполучення в кардіоміоциті. Порушення кардіоміоцитів. Кінетика кальцію в кардіоміоцитах. Активація скорочувальних білків. Кооперативні механізми активації скорочувальних білків. Механічна активність серцевого м'яза. Моделювання електричних і механічних явищ в серцевому м'язі в рамках ЕО-моделі. Ізометричні скорочення віртуальної м'язи. Ізотонічні скорочення віртуальної м'язи. Вплив механічних збурень на потенціал дії. Молекулярно-клітинні механізми механоелектричного зворотного зв'язку.</p> | | | | | | | | |
| 2.6 | <p>Кінетика ферментативних процесів. Моделювання біохімічних реакцій. Ферментативна кінетика. Кінетика ферментативних реакцій. Швидкість хімічних реакцій. Закон діючих мас. Фермент-субстратна реакція Міхаеліса-Ментен. Редукція фермент-субстратної системи. Нелінійні ефекти в ферментативній кінетики. Конкурентне інгібування. Неконкурентне інгібування. Кооперативні явища в ферментативній кінетики. Інгібування субстратом.</p> | 12 | 2 | 2 | 8 | – | – | – | – |
| 2.7 | <p>Моделі в мікробіології. Модель проточного культиватора. Відновлення популяції після ушкоджуючого впливу. Двохвікова культура мікроорганізмів. Умова виникнення коливань. Моделі популяцій з віковою структурою. Поточкові моделі регуляції метаболізму культури E.coli з використанням даних біоінформатики. Моделі нейрона, нейронні мережі. Нервові клітини. Характерна риса нервових клітин. Поняття «формального нейрона». Стани нейрона. Збуджений стан нейрона. Зв'язки між нейронами. Штучні нейронні мережі як моделі нейронних структур мозку у найпростішому вигляді.</p> | 14 | 2 | 2 | 10 | – | – | – | – |



| | | | | | | | | | |
|---|---|------------|-----------|-----------|------------|---|---|---|---|
| 2.8 | Моделі космічної біології. Моделювання впливу факторів космічного польоту на активність ферментів. Модель генетичних критеріїв живих організмів, що мають максимальну стійкість до екстремальних умов космічного польоту. Моделювання впливу факторів космічного польоту на процеси регенерації біологічних об'єктів. Моделі допустимих меж розвитку адаптаційних перебудов в умовах невагомості, в рамках яких всі зміни в організмі піддаються коригуванню та безпечні. | 14 | 2 | 2 | 10 | – | – | – | – |
| 2.9 | Домашнє завдання №1 (частина 2) | 4 | – | – | 4 | – | – | – | – |
| 2.10. | Модульна контрольна робота №2 | 4 | | 2 | 2 | – | – | – | – |
| Усього за модулем №2 | | 108 | 16 | 18 | 74 | – | – | – | – |
| Усього за 2 семестр | | 180 | 34 | 34 | 112 | – | – | – | – |
| Усього за навчальною дисципліною | | 180 | 34 | 34 | 112 | – | – | – | – |

2.2. Домашнє завдання

Домашнє завдання виконується у другому семестрі (домашнє завдання №1), відповідно до затверджених в установленому порядку методичних рекомендацій, з метою закріплення та поглиблення теоретичних знань та вмінь студентів і є важливим етапом у засвоєнні навчального матеріалу з дисципліни.


Домашнє завдання №1 (частина 1) виконується на основі навчального матеріалу, що є складовою модуля №1 «Математичні методи системної біології». Його основна мета полягає у закріпленні та поглибленні у студентів знань і вмінь, пов'язаних із математичними методами дослідження біологічних систем на структурну стійкість, точки біфуркації, можливість хаосу та атракторів. Домашнє завдання №1 (частина 2) виконується на основі навчального матеріалу, що є складовою модуля №2 «Моделі складних біологічних систем і процесів». Його основна мета полягає у побудові математичної моделі складної біологічної системи, її комп'ютерної реалізації та дослідженні на коректність.

Виконання, оформлення та захист домашнього завдання №1 здійснюється студентом в індивідуальному порядку відповідно до методичних рекомендацій.

Час, потрібний для виконання домашнього завдання №1, – до 8 годин самостійної роботи.

2.3. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої програми. Перелік теоретичних питань доводиться до відома студентів.

| | | | |
|--|--|-------------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 13 з 15 | |

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

У процесі навчання використовуються такі методи навчання: пояснювально-ілюстративний, репродуктивний, проблемного викладення матеріалу та дослідницький. Крім того студентам надаються індивідуальні консультації. При чому консультації даються як при зустрічі викладача зі студентом, так і через інтернет.

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Хусаїнов Д.Я. Введення в моделювання динамічних систем: навч. посібн. / Д.Я. Хусаїнов, І.І. Харченко, А.В. Шатирко. – К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка, 2010. – 130 с.

3.2.2. Гукенхеймер Дж. Нелинейные колебания, динамические системы и бифуркации векторных полей. / Дж. Гукенхеймер, П. Холмс. пер. с англ. – М.: Научная книга, 2002. – 353 с.

3.2.3. Томпсон Дж. Неустойчивости и катастрофы в науке и технике. / Дж. Томпсон. пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 254 с.

Допоміжна література

3.2.4. Самарский А.А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. / А.А. Самарский, А.П. Михайлов – М.: Наука, 1997. – 436 с.


3.2.5. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. / Г. Ю. Ризниченко – М.: Издательство «РХД», серия "Математическая биология, биофизика", 2011. – 560 с.

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. <https://www.nasa.gov/offices/education>

3.3.2 <http://mathworld.wolfram.com/>

3.3.3 <http://mathbio.ru/>

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 14 з 15 | |

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ.

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної студентом навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

| Вид навчальної роботи | Максимальна кількість балів | Вид навчальної роботи | Максимальна кількість Балів |
|--|-----------------------------|--|-----------------------------|
| 2 семестр | | | |
| Модуль №1 «Математичні методи системної біології» | | Модуль №2 «Моделі складних біологічних систем і процесів» | |
| Розв'язання задач, відповіді на теоретичні питання тощо під час аудиторної роботи | 12 | Розв'язання задач, відповіді на теоретичні питання тощо під час аудиторної роботи | 12 |
| Виконання та захист домашнього завдання №1 ч.1 | 6 | Виконання та захист домашнього завдання №1 ч.1 | 6 |
| <i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i> | 11 | <i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i> | 11 |
| Виконання модульної контрольної роботи №1 | 12 | Виконання модульної контрольної роботи №2 | 12 |
| Усього за модулем №1 | 30 | Усього за модулем №2 | 30 |
| Усього за модулями №1 і №2 | | | 60 |
| Семестровий екзамен | | | 40 |
| Усього за дисципліною | | | 100 |


4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку.

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих студентом за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS.

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки студента, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./E** тощо.

4.6. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.

| | | | |
|--|--|----------------|------------------------------------|
|  | Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичні моделі в біології» | Шифр документа | СМЯ НАУ РП 09.01.11 – 01 – 2020 |
| | | стор. 15 з 15 | |

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

| № прим. | Куди передано (підрозділ) | Дата видачі | П.І.Б. отримувача | Підпис отримувача | Примітки |
|---------|---------------------------|-------------|-------------------|-------------------|----------|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

| № пор. | Прізвище ім'я по-батькові | Підпис ознайомленої особи | Дата ознайомлення | Примітки |
|--------|---------------------------|---------------------------|-------------------|----------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

| № пор. | Прізвище ім'я по-батькові | Дата ревізії | Підпис | Висновок щодо адекватності |
|--------|---------------------------|--------------|--------|----------------------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

| № зміни | № листа (сторінки) | | | | Підпис особи, яка внесла зміну | Дата внесення зміни | Дата введення зміни |
|---------|--------------------|------------|--------|--------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|
| | Зміненого | Заміненого | Нового | Анульованого | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

| | Підпис | Ініціали, прізвище | Посада | Дата |
|-----------|--------|--------------------|--------|------|
| Розробник | | | | |
| Узгоджено | | | | |
| Узгоджено | | | | |
| Узгоджено | | | | |