



МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ ОПТИМІЗАЦІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Дисципліна	Математичні методи оптимізації
Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	16 Хімічна інженерія та біоінженерія
Спеціальність	162 Біотехнології та біоінженерія
Освітня програма	Біотехнології
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна (денна)
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів, 36 год лекції, 18 год практичні заняття, самостійна робота 96 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Іспит / модульна контрольна робота
Розклад занять	http://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.б.н, проф., Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net Практичні: д.б.н, проф., Горго Ю.П., yugorgo@ukr.net
Розміщення курсу	Електронний Кампус КПІ ім. Ігоря Сікорського. 446viec

Програма навчальної дисципліни

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

Теорія оптимізації є складовою частиною дослідження операцій. Вона орієнтована на розв'язування практичних задач, які можна коректно описати з метою отримання оптимального розв'язку. Дисципліна «Математичні методи оптимізації» орієнтується на вивчення основ теорії екстремальних задач; отримання необхідних концептуальних уявлень, достатніх для розуміння, оцінки існуючих алгоритмів розв'язання оптимізаційних та екстремальних задач, розробці сучасних методів і підходів вирішення нових типів таких задач. Крім того, проводиться ознайомлення з базовими математичними методами і алгоритмами розв'язання задач лінійного, квадратичного, опуклого, дискретного та нелінійного програмування, значна увага приділена чисельним методам та алгоритмам оптимізації та їх властивостям. Курс орієнтований на вміння правильно підібрати або розробити найбільш підходящий метод розв'язання оптимізаційних задач в біотехнологіях, з урахуванням їх обчислювальної складності і з його реалізацією у вигляді алгоритму і програми. У результаті вивчення курсу студент повинен знати теорію та методи оптимізації, вміти самостійно ставити та розв'язувати оптимізаційні задачі в біотехнології за допомогою аналітичних та чисельних методів.

Відмінною особливістю даної дисципліни є поєднання теоретичної частини, з наявністю реальних прикладів і оригінальних практичних рішень, які містять дослідницьку складову, що сприяє формуванню у студентів дослідницьких та аналітичних компетенцій, розвитку творчого та інтелектуального потенціалу. Знання теоретичних основ та прикладів їх застосування в біологічних

системах дозволяє більш ефективно їх використання в біотехнологіях. Крім того, при виникненні нових нестандартних біотехнологічних завдань потрібно знати проблеми адаптації та пристосування біологічних об'єктів.

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 та модульної контрольної роботи. Підсумковий контроль здійснюється за допомогою заліку. Курс «Математичні методи оптимізації» базується на знаннях із біологічної кібернетики, лінійної алгебри, теорії комбінаторики та теорії ймовірності і математичної статистики в біотехнології, теорії оптимальних рішень, що забезпечує підготовку і формулювання світогляду майбутнього спеціаліста.

Мета навчальної дисципліни «Математичні методи оптимізації» формування у студентів компетентностей щодо розуміння та використання методів пошуку оптимальних значень функцій однієї та багатьох змінних, застосування сучасних обчислювальних програм та прикладів їх використання в біологічних системах, пошуку оптимумів та розв'язання екстремальних задач і їхньої візуалізації в біотехнологіях.

Предметом дисципліни «Математичні методи оптимізації» є оцінка можливостей та практичного використання методів теорій оптимізації та екстремальних задач в дослідженнях та модернізації біотехнологічних систем та процесів.

Програмні компетентності.

Освітній компонент «Математичні методи оптимізації» формує у студентів наступні компетентності:

- *здатність* розв'язувати складні задачі і проблеми біотехнологій та біоінженерії, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог;
- *здатність* проведення досліджень на відповідному рівні;
- *здатність* до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;
- *здатність* використання сучасних методів системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів;
- *здатність* застосовувати проблемно-орієнтовані методи аналізу та оптимізації біотехнологічних процесів, управління виробництвом та впровадження наукових досліджень в біотехнологічні розробки;
- *здатність* обирати та застосовувати адекватні математичні методи оптимізації при розробленні науково-технічних проектів в біотехнології;
- *здатність* знаходити адекватні шляхи розв'язання наукових проблем у галузі біотехнології та біоінженерії.

Програмні результати навчання.

Формування у студентів програмних результатів навчання:

- *вміти* обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів;
- *упроваджувати* найбільш ефективні біотехнологічні методи та прийоми у практичну виробничу діяльність на основі оцінки ефективності передових біотехнологій та врахування загальних тенденцій розвитку новітніх біотехнологій у провідних країнах;
- *здійснювати* змістову постановку задач оптимізації в галузі біотехнології та біоінженерії, їх формалізацію, обирати придатні методи розв'язання таких задач і отримувати їх розв'язки із заданим ступенем точності;
- *вміти* створювати та використовувати спеціалізоване програмне забезпечення для аналізу та управління біотехнологічними об'єктами (процесами) ;
- *мати* навички роботи з основними методами теорії оптимізації та екстремальних рішень для розв'язання екстремальних задач в біотехнологічних процесах і в наукових дослідженнях.

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

Вивчення дисципліни "Математичні методи оптимізації" базується на знаннях та навичках, здобутих студентами при вивченні таких дисциплін, як "Вища математика", "Фізика" та "Біофізика".

3. Зміст навчальної дисципліни по розділам та темам.

Біокібернетичні методи оптимізації. Задачі оптимізації. Методи оптимізації функцій декількох змінних. Рішення задач оптимізації та визначення умовного екстремума методами математичної статистики. Біологічні процеси із найменшими критичними параметрами. Дослідження стійкості стаціонарних станів. Природні і штучні процеси оптимізації впорядкованих структур. Синергетичні принципи самоорганізації біополімерів. Біфуркації динамічних систем. Оптимальні коливальні процеси в біологічних системах. Біоритми. Коливальні та автоколивальні процеси в біологічних системах. Інформаційні методи оцінки, оптимізації та уніфікації даних в біотехнологіях. Приклади математичної оптимізації в клітинах. Структурна та інформаційна організація води, як оптимальне середовище для зародження біологічного життя. Математична оптимізація вмісту інгредієнтів в системах харчування. Принципи максимальної оптимізації в біосистемах. Принципи біокібернетики при оптимізації та саморегуляції в біотехнологічних системах. Оптимізація діагностики та управління в медицині. Екстремальні принципи в функціонуванні біологічних систем.

4. Навчальні матеріали та ресурси

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

Базова:

1. Чалий О.В., Агапов Б.Т., Меленевська А.В. та ін. Медична і біологічна фізика. – К.: ВІПОЛ, 2001. – 415 с..
2. Wahde M. Biologically in SPSred optimization methods. An Introduction. - Southampton, UK: WIT Press, 2018 -218 p.
3. Горго Ю.П., Маліков М.В., Богдановська Н.В. Екологічна біофізика людини. Навч. посібник, ЗНУ, Запоріжжя, 2006, 175 с.
4. Горго Ю.П. Фізіологічна кібернетика та інформатика людини (лекції). ВК «Поліграфсервіс», Київ, 2010, 99 с.
5. Гриценко В.І., А.Б.Котова, М.І.Вовк, С.І.Кіфоренко, В.М.Бєлов. Інформаційні технології в біології та медицині. Курс лекцій: Навчальний посібник.- Київ, Наукова думка, 2007. - 383 с.

Додаткова:

1. Експертні системи в медицині: навчальний посібник / Продеус А.М., Синєкоп Ю.С., Швець Є.Я., Кісельов Є.М., Баран М.М. – Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2014. – 332 с.
2. Математичні методи оптимізації. Вказівки для виконання практичних завдань. Навчальний посібник. Укладач: Горго Ю.П. Електронне мережеве навчальне видання. Реєстр. №23/24-642, К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. - 25 с.
3. Baker R., Schnell S., Maini P.K. Matematical Models for Somite Formation // Current Topics in Developmental Biology. - Vol. 81. - 2013. - P. 183-203.
4. Крутовий Ж.А. Кількісні показники збалансованості нутрієнтів на різних етапах створення систем харчування. Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі : зб. наук. праць. – Х.: ХДУХТ, 2013. – Вип. 2 (17). – С. 266–273.
5. Мельничук М. Д. Біотехнологія рослин: Підручник - К.: Поліграф Консалтинг, 2003. - 520 с.

Рекомендації та роз'яснення: зазначені матеріали можна знайти в бібліотеці та Інтернеті; з конкретними темами дисциплін пов'язаний цикл розроблених лекцій.

5. 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. На лекціях застосовуються стратегії активного і колективного навчання.

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Лекція 1. Біокібернетичний підхід до оптимізації в біотехнологіях. Класифікація біосистем. Зворотні зв'язки та їх прояв в біосистемах. Організація, самоорганізація та складність систем. Основні поняття, методи та алгоритми оптимізації в біології. Поняття про задачі оптимізації. Вступ до оптимізації. Постановка задач оптимізації. Задачі біології, що розв'язуються методами оптимізації. Застосування методів математичної оптимізації у біотехнології. Література: [2,4]. Література додаткова: [1,2]
2	Лекція 2. Методи оптимізації функцій декількох змінних. Пошук безумовного екстремуму функції однієї змінної. Перші та другі похідні (градієнти) функції кількох змінних. Монотонність, стаціонарні точки, випуклість та увігнутість. Необхідні та достатні умови максимумів та мінімумів. Класифікація задач та методів оптимізації: задачі умовної та безумовної оптимізації. Оптимізація за допомогою необхідних та достатніх умов екстремуму на прикладі задачі про біомагнітну індукцію, розчинення ліків, оптимальну кількість популяцій бактерій в межах одного ареалу, вміст глюкози в крові. Обчислення похибок при визначенні максимуму. Література: [1, 2] . Література додаткова: [1,2]
3	Лекція 3. Рішення задач оптимізації та визначення умовного екстремума методами математичної статистики. Застосування методів математичної статистики по визначенню умовного екстремума. Принципи побудови безумовного екстремуму чисельними методами. Поняття про унімодальні функції. Приклади задач, які приводять до застосування чисельних методів пошуку екстремуму. Методи рівномірного (загального) пошуку, дихотомії, золотого перетину (метод Фібоначчі). Література: [3,5] . Література додаткова: [4,5]
4	Лекція 4. Стійкість стаціонарних станів та фазові площини. Стійкість стаціонарного стану. Грубі і не грубі стани рівноваги, стійка область. Метод Ляпунова лінеаризації систем в околиці стаціонарного стану. Метод Ляпунова дослідження стійкості стаціонарного стану. Стійкість стану рівноваги. Метод фазової площини. Метод ізоклін. Фазові портрети. Фазові портрети топологічних еквівалентів. Дискретний еволюційний ріст. Побудова оптимального розв'язку на прикладі моделей контролю чисельності популяції. Біфуркаційна діаграма. Особливі точки. Знаходження особливих точок за методом Пуанкаре. Біфуркаційні діаграми для системи лінійних рівнянь. Граничні цикли. Література: [2,4]. Література додаткова: [3,5].
5	Лекція 5. Біфуркації динамічних систем. Типи біфуркацій. Біфуркаційні діаграми і фазопараметричні портрети. Методи багатовимірної оптимізації. Біфуркаційне значення параметрів. Типи біфуркацій. Нелокальні та локальні біфуркації. Біфуркації аттракторів. Метод виродження біфуркації як приклад методу нульового порядку. Біфуркації та флуктуації. Урахування флуктуацій середовища. Методи першого і другого порядку для використання в теорії катастроф. Приклади дослідження стійкості стаціонарних станів біологічних систем. Система лінійних хімічних реакцій. Кінетичні рівняння Лотки. Стаціонарні стани моделі Вольтерра. Література: [2,3]. Література додаткова: [1,3].
6	Лекція 6. Природні і штучні процеси оптимізації впорядкованих структур при різких змінах. Рівноважні та нерівноважні фазові переходи. Параметри порядку та спряжені поля для різних систем. Просторові, часові і просторово-часові структури. Гексагональні комірки Бенара. Періодична реакція Белоусова–Жаботинського. Спіральні структури в колонії соціальних амеб (плазмодії, міксоміцети). Типи впорядкованих структур та їх параметри, що утворюються у відкритих системах, далеких від рівноваги. Спіральні структури в міокарді. Автохвилі та автоколивання. Активні середовища, солітони. Теорія катастроф. Принципи переходів до кращого рівня. Література: [1,3]. Література додаткова: [1,2]

7	Лекція 7. Коливальні та автоколивальні процеси в біологічних системах. Поняття про автоколивання. Зображення автоколивальної системи на фазовій площині. Стаціонарність і стійкість коливального режиму. Граничні цикли, умови їх існування. Народження граничного циклу. Біфуркація Андронова-Хопфа. М'яке і тверде збудження коливань. Модель бруселятора. Приклади автоколивальних процесів в живих системах. Автоколивання в моделі гліколізу. Внутрішньоклітинні коливання концентрації кальцію. Клітинні цикли. Оптимальна роль коливальних характер процесів. Література:[2,5]. Література додаткова: [3,5].
7	Лекція 8. Оптимальні коливання в біологічних системах. Біоритми. Поняття про біоритми. Ендогенні та екзогенні біологічні ритми. Адаптація до зовнішніх планетарних умов. Фізико-хімічні та антропогенні характеристики середовища, адаптація до них. Частотна класифікація біоритмів. Ритмічні коливання при взаємодії «організм-середовище». Числові характеристики реальних біоритмів. Частотні значення фізіологічних ритмів. Адаптивна значимість біоритмів. Вплив біоритмів на діяльність людини. Добові біоритми систем організму людини. Теорії виникнення і розрахунків біоритмів. Література: [3,4] . Література додаткова: [2,4]
9	Лекція 9. Принципи оптимальної самоорганізації біополімерів. Ентропійний ефект гідрофобних взаємодій. Оптимальні властивості водневих зв'язків. Потенціальна енергія взаємодії при наявності водневих зв'язків. Самоорганізація структур білків та її пояснення. Компланарність зв'язків. Принципи самоорганізації пептидного зв'язку. Принципи побудови α -спіралі. Термодинамічно найбільш вигідна стабільна конформація білків - глобула. Принципи структурної самоорганізації білка. Олігомерізація білків. Фізична та біфуркаційна теорії структурної організації білків. Література основна [1,5]. Література додаткова: [1,2]
10	Лекція 10. Структурна та інформаційна організація води, як оптимальне середовище для зародження біологічного життя. Структура води та гідрофобна взаємодія. Роль гідрофобних взаємодій у формуванні структури білка. Кластерна будова води. Дипольні утворення води. Інформаційні особливості агрегатних станів води. Ритмічні зміни структури води. Електретні стани води. Гідрофобні взаємодії, гідрофобний ефект. Значення води для білкових оптимальних структур. Крива Фішера. Водневі зв'язки, як фактор внутрішнього середовища, що впливає на структурні та функціональні особливості білків. Ентропійний ефект виходу молекули H_2O з льоду в воду Література:[3, 4]. Література додаткова: [2,5]
11	Лекція 11. Приклади оптимізації та нормалізації в фізіологічних системах. Системи оцінки та керування функціональними станами організмів. Обчислювальні алгоритми оптимізації. Математичні моделі розвитку гіпоксії та механізмів її регулювання в організмі. Моделі механізмів саморегуляції процесу розвитку гіпоксії. Дихальний хеостат клітин. Математичне моделювання оптимального керування функціональної системи дихання. Згортка критеріїв дихання. Математичне моделювання гемодинаміки. Модель насосної оптимальної діяльності серця. Модель гемодинаміки в мережі судин. Література: [4,5] . Література додаткова: [3]
12	Лекція 12. Інформаційні методи нормування, оптимізації та уніфікації даних в біотехнологіях. Метод ієрархії механізмів регулювання і управління. Поняття норми і гомеостазу. Метод інфотомування. Метод нормування та уніфікації різноякісної інформації. Метод ієрархічної згортки показників. Метод визначення вагових коефіцієнтів. Метод багатомірного шкалювання. Метод кореляційного «портрету». Натурні розмірні показники. Визначення оптимального стану. Алгоритм реєстрації та аналізу нормованих даних . Комп'ютерний підхід до реєстрації та аналізу нормованих даних. Література: [3,5]. Література додаткова: [1,2]

13	Лекція 13. Визначення оптимізації систем по розрахункам організації масивів даних. Розрахунки організації масивів фізіологічних даних. Побудова гістограми оптимальних масивів даних з оптимальними кроками. Методи виявлення масивів різнопланової біологічної інформації. Функціональні стани біологічної системи. Методика розрахунків натурних розмірних показників фізіологічних систем. Програма розрахунків значень організації масиву даних. Література: [4,5] . Література додаткова: [1].
14	Лекція 14. Математична оптимізація вмісту інгредієнтів в системах харчування. Метод збалансування нутрієнтів. Збалансоване оптимальне харчування. Метод розробки кількісних показників якості збалансування нутрієнтів на різних етапах створення. Показник несинхронності збагачення нутрієнтів. Метод математичної оптимізації вмісту інгредієнтів в системах харчування. Оптимальний раціон споживання. Метод визначення кількісних показників рівня збалансованості різних груп нутрієнтів. Інформаційне моделювання оптимальної дієти. Програм модулю «Енергобаланс». Література додаткова: [4].
15	Лекція 15. Приклади подання оптимальних характеристик, як цільової функції в математичній біології. Поняття "цільової функції". Принцип мінімуму загального осмотичного тиску. Реалізація принципу максимальної загальної швидкості біохімічної реакції. Приклади біологічних задач, що розв'язуються методами варіаційного числення. Реалізація принципу мінімізації поверхневої енергії у розвитку ембріону за допомогою варіації функціонала. Приклади біологічних задач на пошук екстремалей. Застосування варіаційних принципів для пошуку оптимальної форми ембріона на стадії компактифікації. Оптимальна життєва стратегія розподілу енергетичних ресурсів біологічних об'єктів. Екстремальний принцип максимальної біомаси потомства. Принцип оптимального виживання. Принцип максимізації репродуктивних зусиль. Література: [1,5], додаткова: [3]
16	Лекція 16. Застосування принципів оптимізації в мікробіології та клітинних структурах. Екстремальний принцип в описі мікробіологічних процесів. Принцип оптимальної конструкції. Модель росту організму з лімітованим джерелом азоту. Оптимізаційна задача мінімізації витрат субстрату на синтез одиниці біомаси. Принцип максимуму використаної енергії в мікробіологічних системах. Модель динаміки мікробних популяцій, що еволюціонують в умовах проточного культивування. Виконання принципу максимуму узагальненої ентропії в клітинних структурах. Використання узагальненої ентропії при виводі теореми стратифікації. Генетичні алгоритми як приклад лінійної оптимізації. Формула видової структури клітинних систем. Література: базова[2, 5], додаткова: [3,4].
17	Лекція 17. Принципи максимальної оптимізації в біосистемах. Принцип максимального сумарного дихання. Моделі динамічної структури екологічних систем. Принцип найменшої дисипації енергії та найшвидшого спуску. Особливості механізму еволюційної адаптації. Моделі еволюції Дарвіна, Ламарка та ін. Генетичні та еволюційні алгоритми як приклад лінійної оптимізації. Поняття генетичних алгоритмів та генетичних операторів (кросинговеру, мутації, селекції,інверсії та ін.). Етапи вирішення практичних задач за допомогою генетичних алгоритмів. Операції над популяціями та хромосомами. Використання кодування Грея. Огляд генетичних операторів (кросинговеру, мутації, селекції, інверсії та ін.). Найпростіший генетичний алгоритм: принципи побудови, шляхи оптимізації та його застосування до вирішення практичних задач. Література: [1, 3]. Література додаткова: [1,5]
18	Лекція 18. Біологічні процеси із найменшими критичними параметрами. Стаціонарний стан (стан рівноваги). Стійкість стану рівноваги. Аттрактор. Методи оцінки стійкості. Типи рішень при різних значеннях параметра: монотонні і затухаючі рішення, цикли, квазістохастична поведінка, спалахи чисельності. Діаграма і сходи Ламерея. Ймовірнісне описання процесів розмноження та загибелі. Біфуркації та флуктуації. Урахування флуктуацій середовища. Дискретний еволюційний ріст. Побудова оптимального розв'язку на прикладі моделей контролю чисельності популяції. Основні поняття математичного моделювання та теорії стійкості,їх застосування. Степеневий та експоненційний закон еволюції сімейств білкових доменів тощо Стійкість стану рівноваги та умови стійкості. Матричні моделі популяцій. Література: [2,5]. Література додаткова: [3,4].

Практичні заняття.

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

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються 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	Практичне заняття 1. Самоорганізація та складність систем. Задачі біології, що розв'язуються методами оптимізації. Застосування методів математичної оптимізації у біології. Дослідження функцій кількох змінних для безумовного та умовного рефлексів. Література: [2,4]. Література додаткова: [1,2]
2	Практичне заняття 2. Реалізація методів одновимірної оптимізації (методи виключення інтервалів, дихотомії, золотого перетину). Література: [3,5]. Література додаткова: [2,3]
3	Практичне заняття 3. Реалізація методів багатовимірної оптимізації (методи градієнтного спуску, метод Ньютона). Максимум мальтузіанського параметра. Література: [3,5]. Література додаткова: [2,3]
4	Практичне заняття 4. Практичне завдання (розрахунково-графічна робота) з побудови фазових портретів та дослідженні на стійкість систем диференціальних рівнянь Література: [2,4]. Література додаткова: [2]
5	Практичне заняття 5. Модульна контрольна робота, перша частина (1 година). Застосування методів розв'язання даних задач до оптимізації у мікробіології та конструювання лікарських препаратів. Література: [3,5]. Література додаткова: [4]
6	Практичне заняття 5. Практичне завдання (розрахунково-графічна робота) з розрахунку індивідуальних уявних біоритмів людини. Література: [3]. Література додаткова: [2]
7	Практичне заняття 6. Співвідношення "організм - середовище". Оптимальна адаптація організмів до зовнішніх планетарних умов. Фізико-хімічні та антропогенні характеристики середовища, адаптація до них. Література: [3]. Література додаткова: [2]
8	Практичне заняття 8. Методи варіаційного числення та задачі оптимального керування. Оптимальна форма ембріона на стадії компактифікації. Оптимальне керування транспортом речовин крізь мембрани у клітинах. Застосування принципу максимуму до процесів біосинтезу. Література: [2,5]. Література додаткова: [3,4]
9	Практичне заняття 9. Модульна контрольна робота, друга частина (1 година). Етапи вирішення практичних задач за допомогою генетичних алгоритмів. Операції над популяціями та хромосомами. Література: [2,4]. Література додаткова: [1,2]

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів проводиться у вигляді: підготовки до аудиторних занять (56 години), до модульних контрольних робіт (10), підготовка до іспиту (30 годин), на що відводяться 96 годин.

№ з/п	Назви тем і питань, що виносяться на самостійне опрацювання та посилання на навчальну літературу	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять. Література: базова та додаткова література.	56
2	Підготовка до модульної контрольної (2 частини) роботи.	10
3	Підготовка до іспиту.	30
4	Всього	96

При підготовці до лекцій пропонуються для самостійної роботи студентів такі питання:

- ознайомлення з основними поняттями теорії оптимізації та історією її становлення. Література: [базова- 2,4; додаткова - 1,2]; - 2 год.

- приклади виконання принципів біокібернетики в біологічних системах, в соціальних системах та у космосі. Література [1,2], Література додаткова: [1,4] Література:[базова- 1,2; додаткова - 1,4]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології із дискретним часом. Література:[базова- 1,2; додаткова - 1,4]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними поняттями теорії автоколивальних процесів і дослідженням математичних моделей на наявність автоколивань та граничних циклів. Література:[базова- 2,5; додаткова - 3,5]; - 2,5 год.
- матричне представлення оптимальної поведінки моделей (на прикладі моделей популяцій). Література:[базова- 2,3; додаткова - 1,3]; - 2,5 год.
- приклади виконання теорій фазових перетворень, нелінійних коливань і автохвиль в біологічних системах. Література:[базова- 3,5; додаткова - 1,4]; - 2,5 год.
- приклади виконання теорій катастроф в біологічних системах. Література:[базова- 3,4; додаткова - 2,4]; - 2 год.
- наявність самоорганізації в клітинних структурах та нуклеїнових кислот. Література:[базова- 1,5; додаткова - 2,3]; - 2,5 год.
- приклади ритмічних та аритмічних коливань при взаємодії «біологічний організм-середовище». Література:[базова- 3,4; додаткова - 2,4]; - 2 год.
- приклади біоритмів, їх числових та частотних значень в умовах Землі. Література:[базова- 3,4; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними методами лінійного програмування; розв'язування транспортних задач, пошук опорного плану. Література:[базова- 3,5; додаткова - 1,5]; - 2,5 год.
- приклади різних форм оптимізації в біологічних утвореннях і в клітинах та їх математичний опис. Література:[базова- 1,4; додаткова - 3,4]; - 2,5 год.
- методи визначення структурних та фізико-хімічних властивостей води при впливах факторів зовнішнього середовища. Література:[базова- 3,4; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними поняттями та класичними задачами теорії оптимального керування. Література:[базова- 3; додаткова - 1,2]; - 2,5 год.
- методи визначення та математичного опису оптимальних раціонів споживання різних нутрієнтів. Література:[базова- 4,5; додаткова - 2,4]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними поняттями, прикладами та задачами варіаційного числення. Література:[базова- 1,5; додаткова - 3,4]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними видами генетичних алгоритмів та генетичних операторів. Література:[базова- 1,3; додаткова - 3,4]. - 2,5 год.

Всього на СРС за матеріалами лекцій - 41 год.

При самостійній роботі підтримується використання інформаційних джерел з Інтернету.

При підготовці до практичних занять пропонуються для самостійної роботи студентів такі питання:

- ознайомлення з класичними задачами теорії оптимального керування. Література:[базова- 3,4; додаткова - 2,5] - 2,5 год.
- розв'язування задач безумовної оптимізації. Література:[базова- 1,2; додаткова-1,2]; - 2,5 год.
- ознайомлення з основними методами пошуку безумовного екстремуму та задачами на знаходження безумовного екстремуму. Література:[базова- 1,2; додаткова - 1,4]; - 2,5 год.
- основні поняття та методи лінійного програмування. Література:[базова- 3,4; додаткова -3,5]; - 2,5 год.
- найпростіший генетичний алгоритм: принципи побудови, шляхи оптимізації та його застосування до вирішення практичних задач. Література:[базова- 1,2; додаткова - 2,3]; - 2,5 год.
- види генетичних алгоритмів та генетичних операторів. Література:[базова- 2,4;додаткова - 1,2]. - 2,5 год.

Всього на СРС за матеріалами практичних занять - 15 год.

При самостійній роботі підтримується знаходження інформаційних джерел з Інтернету.

1. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування занять: 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.

Як правило, для студентів на заняттях заохочується активність, підготовка коротких доповідей чи текстів, відключення телефонів, використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача чи в інтернеті. За це призначаються заохочувальні бали.

Відсутність на аудиторних заняттях не передбачає нарахування штрафних балів, оскільки фінальний рейтинговий бал студента формується виключно на основі оцінювання результатів навчання.

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 практичних заняттях. 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.

Політика щодо дедлайнів та перескладання: Перескладання тем (модулів) відбувається за наявності поважних причин. Задаються дедлайни виконання реферативних і контрольних робіт та перескладань.

Контрольні заходи (МКР) та завдання на практичних заняттях виконуються студентами тільки за розкладом, у встановлений для групи час, (виключення – перенесення написання групою (або окремих студентів) в зв'язку з необхідним дотриманням безпекових умов або з попередженням викладача та офіційним підтвердженням причини відсутності студента на написанні разом з групою).

Навчання іноземною мовою. У ході виконання завдань студентам може бути рекомендовано звернутися до англомовних джерел.

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>.

При виконанні практичних та інших індивідуальних завдань необхідно наводити список посилань на використані джерела. Але не можна використовувати і посилалися на російські джерела та джерела російською мовою.

У разі виявлення академічної не доброчесності під час виконання модульної контрольної роботи – результати контрольного заходу не враховуються. МКР в такому разі не переписується. Повторне написання МКР передбачено за розкладом консультацій.

У разі виявлення академічної не доброчесності під час виконання екзаменаційної /залікової роботи студент усувається з екзамену/заліку і може повторити спробу здачі семестрового контролю на 1-й чи 2-й перездачах.

У разі виявлення академічної не доброчесності під час виконання РР/РГР/ДКР тощо роботи (плагіат або що) завдання студенту не зараховується. Повторне виконання індивідуального завдання можливе тільки за іншим варіантом. Виправлене індивідуальне завдання оцінюється за критеріями, як таке, що виконане невчасно.

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>.

2. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

Рейтингова система оцінки успішності РСО з дисципліни “Математичні методи оптимізації”
Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	Акад. год.	Лекції	Практичні заняття	Лабор. роботи	СРС	МКР	ДКР	Семестр. атестація
3	5	150	36	18		96	1		іспит

При **поточному контролі** рейтинг студента (Rc) складається з балів, що він отримує при:
-опитуваннях за темою лекцій та практичних занять - (20 балів),
- виконанні модульної контрольної роботи (МКР), яка складається з двох частин - (кожна частина МКР оцінюється в 20 балів) . Загальна сума балів при поточному контролі – 60 балів.
Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена нижче.

Рейтингові оцінки (R) та вагові бали при опитуваннях та виконанні МКР при поточному контролі

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
	опитування за темою занять			
	- ваговий бал	4	5	20
	- якість відповіді *	0 - 4		
2.	Модульна контрольна робота			
	- ваговий бал	20	2 частини	40
	- якість виконання МКР **	0 - 20		
4	Всього			60

* опитування за темою лекцій та практичних занять (якість відповіді на питання) - 4 бали:

- відповідь не зовсім вірна - 1 бал;
- відповідь достатня, але дуже обмежена - 2 бали;
- відповідь вірна, але не повна - 3 бали ;
- відповідь вірна та повна - 4 бали .

** - Якість виконання модульних контрольних робіт:

- повністю розкриті відповіді - 19 -20 балів ;
- помилка або неповна відповідь в одному завданні -17- 18 балів ;
- помилки або неповні відповіді в двох завданнях - 14- 16 балів;
- помилки в двох завданнях або неповні відповіді в трьох завданнях - 10 - 13 балів;

МКР не зараховується при оцінці ≤ 9 балів;

МКР зараховується при оцінці ≥ 10 балів.

Не виконана або не зарахована МКР отримує – 0 балів

Можливе зарахування проходження дистанційних чи он-лайн занять за відповідною тематикою з наявністю додаткового реферату по визначеній темі лекцій чи практичних занять.

Календарний контроль: проводиться один раз на семестр, що складається з двох частин, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для 1-ї атестації студент повинен мати, як мінімум - 10 балів. Для 2-ї атестації студент повинен мати, як мінімум - 30 балів.

Семестровий контроль: іспит.

Умови допуску до іспиту: Необхідною умовою для одержання допуску до іспиту є рейтинг студента **Rc** при поточному контролі за відповіді при опитуванні на лекціях та практичних заняттях, а також виконання на позитивну оцінку МКР. При рейтингу $Rc \geq 50$ балів студент допускається до іспиту. Якщо МКР (2частини) не зараховані, чи коли рейтинг студента $Rc < 50$ балів, – новий варіант МКР можна написати заново до іспиту.

До проходження іспиту студент може мати Rc максимум 60 балів. На іспиті окремо можливо отримати 40 балів. Тобто сумарний рейтинг Rc може складати 100 балів.

Екзаменаційний білет складається з 4 питань, 1 питання оцінюється у 10 балів.

Повна відповідь на питання – 5 (9 - 10 балів)

Зроблені незначні помилки – 4+ (7- 8 балів)

Неточності у відповіді – 4 (5- 6 балів)

Суттєві помилки у відповіді – 3 (2 - 4 бали)

Відповідь не вірна чинне зроблена – 2 (0-1 бал) ;

Результат іспиту зараховується при сумарній оцінці ≥ 12 балів. Приклади білетів, які виносяться на семестровий контроль (іспит) подаються, як додаток 3 до силабусу.

Якщо результат іспиту є негативним з першої спроби чи за об'єктивних причин, існує можливість ще 2 рази додатково здати іспит і отримати позитивну оцінку.

Підсумкова оцінка якості знань студента з дисципліни визначаються за шкалою з урахуванням отриманих індивідуальних балів. При цьому, максимальні суми балів такі:

сума вагових балів контрольних заходів (R_k) складає $R_k = 20 + 20 + 20 = 60$ балів;

сума вагових балів при іспиті $R_i = 40$ балів;

сума вагових балів (рейтинг R_c) з дисципліни складає - $R = R_k + R_i = 100$ балів;

Рекомендовані шкали рейтингу (R_c)

Рейтинг	Традиційна оцінка
$95 \leq R < 100$	відмінно
$85 \leq R < 94$	Дуже добре
$75 \leq R < 84$	добре
$65 \leq R < 74$	задовільно
$60 \leq R < 64$	достатньо
$R < 60$	незадовільно

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Виконання і оформлення рефератів на індивідуально вибрану тему для підвищення рейтингової оцінки визначаються після індивідуального обговорення теми з кожним студентом.

Перелік питань, які виносяться на 1 та 2 модульні контрольні роботи по математичним методам оптимізації подаються до силабусу, як додаток 1 і 2.

Можливе зарахування проходження дистанційних чи он-лайн курсів за відповідною тематикою з наявністю додаткового реферату по визначеній темі.

Робочу програму навчальної дисципліни «Математичні методи оптимізації»:
складено докт.біол.наук, проф. Горго Ю.П.

Ухвалено кафедрою біоенергетики, біоінформатики та екобіотехнології (протокол № 19 від 26. 06. 2025)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 6 від 30.06.25).

Оновлено та погоджено Методичною комісією ФБТ (протокол №1 від 10.10.2025 р.) в частині умов отримання рейтингової семестрової оцінки.

Перелік питань для модульної контрольної роботи по "Математичні методи оптимізації"

Перша частина модульної контрольної роботи

1. Цілі, предмет та задачі математичної оптимізації.
2. Задачі оптимізації при розчиненні ліків.
3. Визначення та особливості "аттракторів".
4. Самоорганізація та складність біотехнологічних систем.
5. Задачі біотехнології, що розв'язуються методами оптимізації.
6. Метод Ляпунова дослідження стійкості стаціонарного стану.
7. Визначення процесів оптимізації в біологічних системах.
8. Задачі про оптимальну кількість популяцій бактерій, що проживають в межах одного ареалу.
9. Що таке біфуркаційна діаграма.
10. Періодична хімічна реакція Белоусова–Жаботинського.
11. Класифікація біосистем.
12. Обчислення похибок при визначенні максимуму.
13. Просторові, часові і просторово-часові впорядковані структури.
14. Система стійких лінійних хімічних реакцій.
15. Зворотні зв'язки, їх види та прояв в біосистемах.
16. Максимум мальтузіанського параметра.
17. Методи математичної статистики по визначенню умовного екстремума.
18. Типи рішень при різних значеннях параметра: монотонні і затухаючі рішення, цикли, спалахи чисельності.
19. Дослідження функцій кількох змінних для безумовного та умовного рефлексів.
20. Реалізація в біотехнології методів багатовимірної оптимізації (методи градієнтного спуску, метод Ньютона).
21. Кінетичні рівняння Лотки.
22. Організація, самоорганізація та складність систем.
23. Принципи побудови безумовного екстремуму чисельними методами.
24. Діаграма і сходи Ламерея.
25. Стаціонарні стани моделі Вольтерра.
26. Приклади застосування методів математичної оптимізації у біотехнології.
27. Поняття про унімодальні функції.
28. Ймовірнісне описання процесів розмноження та загибелі.
29. Спіральні структури (ревербератори) в міокарді.
30. Пошук безумовного екстремуму функції однієї змінної.
31. Метод інфотомування в біології.
32. Реалізація методів одновимірної оптимізації (методи виключення інтервалів, дихотомії, золотого перетину) в біотехнологіях.
33. Стаціонарний стан (стан рівноваги).

Друга частина модульної контрольної роботи

34. Біфуркації та флуктуації.
35. Біоритми та їх походження. Класифікація біоритмів.
36. Способи розрахунків біоритмів.
37. Коливальна стійкість.
38. Співвідношення "організм - середовище".
39. Адаптація до зовнішніх планетарних умов.
40. Фізико-хімічні та антропогенні характеристики середовища, адаптація до них.
41. Принципи теорії катастроф.
42. Монотонність, стаціонарні точки, випуклість та увігнутість.

43. Застосування чисельних методів пошуку екстремуму .
44. Урахування флуктуацій середовища.
45. Спіральні структури в колонії соціальних амеб (плазмодії, міксоміцети).
46. Необхідні та достатні умови максимумів та мінімумів.
47. Грубі і не грубі стани рівноваги, стійка область.
48. Як описати дискретний еволюційний ріст.
49. Гексагональні комірки Бернара.
50. Класифікація задач та методи умовної та безумовної оптимізації.
51. Оптимальний розв'язок на прикладі моделей контролю чисельності популяції.
52. Біфуркаційна та фазопараметрична діаграми.
53. Вирішення практичних задач за допомогою генетичних алгоритмів.
54. Операції над популяціями та хромосомами.
55. Використання кодування Грея для генетичних операторів (кросинговеру, мутації, селекції, інверсії та інші).
56. Оптимізація за допомогою необхідних та достатніх умов екстремуму.
57. Що таке стійкість стану рівноваги, методи оцінки стійкості.
58. Типи біфуркацій.
59. Методи варіаційного числення та задачі оптимального керування.
60. Оптимальна форма ембріона на стадії компактифікації.
61. Оптимальне керування транспортом речовин крізь мембрани у клітинах.
62. Застосування принципу максимуму до процесів біосинтезу.
63. Моделі динамічної структури екологічних систем.
64. Принцип найменшої дисипації енергії та найшвидшого спуску.
65. Принцип максимальної несподіванки протікання еволюції.
66. Особливості механізму еволюційної адаптації.
67. Генетичні та еволюційні алгоритми як приклад лінійної оптимізації.

Перелік питань для семестрового контролю (іспит)

1. Приклади оптимізаційних процесів в біотехнологіях.
2. Кібернетичні принципи роботи біотехнологічних процесів.
3. Обчислення похибок при визначенні максимуму.
4. Просторові, часові і просторово-часові впорядковані структури.
5. Методи оптимізації фізіологічних та функціональних станів біологічних систем.
6. Приклади нормальних, стаціонарних та рівноважних станів в біологічних системах.
7. Організація, самоорганізація та складність систем.
8. Методи математичної статистики по визначенню умовного екстремума.
9. Принципи побудови безумовного екстремуму чисельними методами.
10. Приклади стійких, коливальних, стійких та нестійких хімічних реакцій.
11. Які існують стійкість та біфуркації в генетичних структурах
12. Необхідні та достатні умови максимумів та мінімумів.
13. Грубі і не грубі стани рівноваги, стійка область.
14. Коливальні і автоколивальні процеси в біотехнологіях.
15. Приклади біотехнологічних процесів, в яких виконуються принципи теорії катастроф.
16. Описання та розрахунки ритмічних коливань при взаємодії «біологічний організм-середовище».
17. Монотонність, стаціонарні точки, випуклість та увігнутість.
18. Застосування чисельних методів пошуку екстремуму.
19. Урахування флуктуацій середовища.
20. Особливості впливу біоритмів на діяльність мікроорганізмів, тварин та людини.
21. Прояв флуктуацій та біфуркацій в біологічних системах.
22. Біфуркаційна та фазопараметрична діаграми.
23. Оптимізація за допомогою необхідних та достатніх умов екстремуму.
24. Що таке стійкість стану рівноваги, методи оцінки стійкості.
25. Оптимальний еволюційний розвиток за Дарвінієм, Ламарком, Лінеєм.
26. Принципи та методи розрахунку оптимальної дієти.
27. Принципи оптимальних рішень при виготовленні і взаємодії лікарняних препаратів.
28. Застосування методу рівномірного пошуку, дихотомії, золотого перетину.