



МОДЕЛЮВАННЯ В БІОТЕХНОЛОГІЇ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Дисципліна	Моделювання в біотехнології
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	4 кредити, 36 год лекції, 18 год практичні заняття, самостійна робота 66 год
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік / модульна контрольна робота / ДКР
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. 53x5уор

Програма навчальної дисципліни

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

При вивченні курсу «Моделювання в біотехнології» 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 «Моделювання в біотехнології» 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 «Моделювання в біотехнології» явищ та процесів організації біологічних процесів та систем при викладанні курсу враховується технічний та біотехнологічний профіль спеціальностей факультету біотехнологій.

Засвоївши курс «Моделювання в біотехнології», 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 «Моделювання в біотехнології» базується на знаннях із загальної фізики, математичного аналізу, теорії ймовірностей та математичної статистики, теорії диференціальних рівнянь, що забезпечує підготовку і формулювання світогляду майбутнього спеціаліста.

Мета дисципліни «Моделювання в біотехнології» полягає у наданні фундаментальних знань для розуміння та використання методів моделювання біологічних процесів і систем різних ступенів організації для їх подальшого використання у біотехнологічних та біотехнічних системах, та використання сучасних підходів для знаходження основних параметрів та структури побудованих моделей і їхньої візуалізації.

Предметом дисципліни «Моделювання в біотехнології» є вивчення та застосування різних видів моделювання біотехнологічних та біотехнічних систем та процесів.

Програмні компетентності.

Освітній компонент «Моделювання в біотехнології» 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* до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел; інформації в науковій і технічній літературі, базах даних та інших джерелах
- *здатність* використання сучасних методів системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів;
- *здатність* обирати та застосовувати адекватні методи моделювання при розробці науково-технічних проектів в біотехнології;
- *здатність* використання інформаційних технологій моделювання біотехнологічних рішень і лікарських препаратів із врахуванням умов довкілля;
- *здатність* розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та теоретичних досліджень та комп'ютерного моделювання.;
- *здатність* використовувати сучасні біофізичні технології для створення біотехнологічних процесів та продуктів;
- *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 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 моделювання в галузі біотехнології та біоінженерії, їх формалізацію, обирати придатні методи розв'язання таких задач і отримувати їх розв'язки із заданим ступенем точності;
- *вміти* розробляти нові біотехнологічні об'єкти і методи та підвищувати ефективність існуючих технологій шляхом використання різних методів моделювання ;
- *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 " Моделювання в біотехнології " 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.

Математичне моделювання: базові поняття. Біологічні моделі, 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.

Моделі ферментативного каталізу. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів та вплив параметрів на ріст. Моделювання проточних та непроточних культур. Багато субстратні 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.

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. 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 самоорганізації клітин та угруповань мікроорганізмів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

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

Базова:

1. Горго Ю.П. Фізіологічна кібернетика та інформатика людини (лекції). ВК «Поліграфсервіс», Київ, 2010, 99 с.
2. Томашевський В.М. Моделювання систем. - К: Видавнича група BVH, 2005. - 352 с.
3. Горго Ю.П. Основи біофізики, біоніки та психофізики людини в навколишньому середовищі (курс лекцій). ВК «Поліграфсервіс», Київ, 2010, 100 с.
4. 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.- К., Наукова думка, 2007. - 383 с.
5. Braun, Norman and Nicole J. Saam (eds.), 2015, Handbuch Modellbildung und Simulation in den Sozialwissenschaften, Wiesbaden: Springer Fachmedien. doi:10.1007/978-3-658-01164-2

Додаткова:

1. Костюк П.Г. Біофізика : підручник / П.Г.Костюк, В.Л.Зима, І.С.Магура та ін. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2008, - 527 с.
2. Попадюха А.А., Горго Ю.П. Інформаційні технології та біофізичні оцінки діяльності операторів в біотехнічних системах. К., ПВП «Задруга», 2008, -199 с.
3. Максимович В.А., Беспалова С.В. Математичне моделювання в медичній біофізиці. Донецьк, 2002. -202 с.
4. Моделювання в біотехнології. Вказівки для виконання домашньої контрольної роботи. Навчальний посібник. Укладач: Горго Ю.П. Електронне видання. Реєстр. № 23/24-043, К., КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. - 26 с.
5. Інформаційні технології у фармації: підручник. / І.Є. Булах, Л. П. Войтенко, Л.О. Кухар, М.

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

Навчальний контент

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.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	Лекція 1. Математичне моделювання в біології: базові поняття. Структура системи. Середовище. Топологічні абстрактні моделі. Ізоморфність (подібність) двох систем. Об'єкти, цілі та методи моделювання. Моделі в різних науках. Типи моделей, які використовують у біології, різних біотехнологіях та медицині. Етапи математичного моделювання. Комп'ютерні та математичні моделі. Типи моделей, які використовують у біології, біотехнологіях та медицині. Застосування методів математичного та натурного моделювання у біотехнології. Приклади математичних моделей у біології. Приклади математичних моделей в біології: модель «хижаки – жертви», математичне моделювання в імунології, математична модель росту популяції бактерій, математичне моделювання поширення інфекції. Література базова: [1,4]. Література додаткова [3,4]
2	Лекція 2. Структурно -функціональні особливості математичного моделювання в біотехнологіях. Поняття моделі. Теорія подібності, математична,геометрична та фізична подібності. Фазові простори станів системи. Аналогія, абстракція та спрощення. Основні типи моделей. Математичні моделі та математичне моделювання. Імітаційне моделювання. Формальні методи та принципи побудови моделей. Принципи побудови математичних моделей в біології та медицині. Технологія моделювання. Література: [2,4]. Література додаткова [3,6]
3	Лекція 3. Специфіка математичного моделювання біологічних систем і процесів. Приклади біофізичного моделювання. Перші моделі в біології. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей. Приклади математичних моделей у біології. Ряд Фібоначі. Швидкість поглинання кисню листям. Регресивні, імітаційні, якісні моделі. Моделі продукційних процесів у рослин . Особливості молекулярної динаміки та біологічної кінетики. Моделі водних екосистем. Моделі глобальної динаміки. Специфіка моделей живих систем. Література: [1,3]. Література додаткова [2,3,4]
4	Лекція 4. Моделі біологічних систем, що описуються одним диференціальним рівнянням першого порядку. Моделі, що зводяться до одного диференціального рівняння першого порядку (моделі росту чисельності ізольованої популяції, модель популяційного спалаху комах, модель розмноження клітин, росту колонії мікроорганізмів, безперервні моделі, експоненціальне зростання. Рівняння Ферхюльста-логістичне рівняння, моделі з найменшою критичної чисельністю степеневий та експоненційний закон). Аналіз математичної моделі на прикладі логістичного рівняння. Вплив запізнювання. Приклад: хімічні реакції першого порядку. Література: [1,4].Література додаткова [2,5]
5	Лекція 5. Математичне моделювання швидких і повільних змін в біологічних системах. Швидкі і повільні зміни на прикладі фотосинтезу. Проблема швидких і повільних змінних. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні. Принцип простоти. Теорема Тихонова. Метод квазістаціонарних концентрацій Боденштейна. Фазовий портрет виродженої системи. Фермент - субстратна реакція Міхаеліса-Ментен як приклад принципу простоти. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач. Література:[1,2].Література додаткова [2,6]
6	Лекція 6. Математичні моделі мультистаціонарних та тригерних біологічних

	систем. Тригер. Способи переключення тригера. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами. Силowe і параметричне перемикання тригера. Еволюція. Моделі відбору. Модель конкуренції. Диференціація та морфогенез. Відбір одного з двох і декількох видів. Розподілені тригери і морфогенез Генетичний тригер Жакоба і Моно. Модель генетичного тригера. Література: [4,5]. Література додаткова [2,3,5]
7	Лекція 7. Математичне моделювання взаємодії двох видів. Гіпотези Вольтерра. Аналогії з хімічної кінетикою. Класифікація типів взаємодій двох видів Одума. Система Лотки-Вольтерра «хижак-жертва». Модель конкуренції видів. Система «хижак-жертва» із врахуванням внутрішньо видової конкуренції. Вольтеррівські моделі взаємодій. Класифікація типів взаємодій конкуренція. Узагальнені моделі взаємодії двох видів. Модель Колмогорова. Модель взаємодії двох видів комах Макартура. Параметричний і фазові портрети системи. Форми введення управління в системи взаємодії двох видів. Література[1,3]. Література додаткова [2,5]
8	Лекція 8. Моделі регулювання і управління в біотехнічних системах та в біотехнологіях. Управління і регулювання. Блок-схема функціональних систем управління. Алгоритми видів керування в біотехнологіях із зворотним зв'язком. Можливі види регулювання в біотехнологічних системах. Регулювання по збуренню і по відхиленню. Види регулювання за відхиленням. Екстремальне, оптимальне і адаптивне регулювання. Алгоритмічна стратегія виявлення адаптації. Адаптивне керування. Регулюючі системи біологічних організмів. Поняття про функціональні системи Анохіна. Література:[базова- 3; додаткова - 3,4]
9	Лекція 9. Натурні та математичні моделі фотосинтезу. Фізико-хімічна сутність процесу фотосинтезу. Стадії процесів фотосинтезу. Моделі світлової та темної реакції фотосинтезу. Загальна формула фотосинтезу. Природа та моделі основних реакцій фотосинтезу. Моделі хромoplastів. Принципова схема та фізичний зміст різних стадій фотосинтезу. Модель структурної організації пігмент-білкових комплексів антен фотосинтезу. Математична модель коливань в темнових процесах фотосинтезу. Література:[4]. Література додаткова [1,6].
10	Лекція 10. Моделювання процесів регуляції в організмі. Математична модель нервового імпульсу. Потенціал дії нейрону. Рівняння динаміки руху іонів через мембрану. Модель синаптичної активації. Математична інтерпретація структурно-функціональних взаємозв'язків в нейроні. Математичне моделювання системи регуляції вуглеводного обміну. Контур регуляції параметричного гомеостазу при гіпоглікемії. Модель глікогенолізу. Максимальна і мінімальна моделі системи регуляції вуглеводного обміну. Синтез алгоритмів на мінімальних моделях. Моделюючий комплекс. Література: [5]. Література додаткова [6]
11	Лекція 11. Моделі поведінки біологічних об'єктів у нестабільному середовищі. Модель клітинної адаптації. Адаптація метаболізму гіпоергічної клітини. Адаптивне реагування клітин на зміни в локальному середовищі. Модель децентралізованого механізму адаптації організму. Математична теорія пристосування організму до повторюваних дій хімічних факторів середовища. Адекватна математична модель динаміки змін досліджуваного показника при однократній дії фактору середовища. Динамічні моделі і інформаційні технології прогнозу життєдіяльності людини в різних умовах середовища. Література:[4,5]. Література додаткова [3,6]
12	Лекція 12.Математичне та натурне моделювання скоротливих процесів. Модель будови покреслених (скелетних) м'язів. Потенціал дії посмугованого м'язового волокна. Актин-міозинова система. Енергетика скорочення. Білки саркомеру, тонка та товста протофібрили. Моделі молекулярних механізмів м'язового скорочення. Регуляція взаємодії в акто-міозиновій системі. Міозин та АТФазна реакція.Енергетика та біомеханіка м'язового скорочення. Математичне моделювання механізмів скорочення попереково-посмугованих м'язів. Література : [2,4].Література додаткова [3,5]
13	Лекція 13. Математичні моделі елементів системи кровообігу. Попередня формалізація концептуальної моделі. Математична модель ділянок розгалуження судин. Формула Бернуллі. Математична модель притоку крові до капілярів м'язової тканини. Модель визначення ефективності судини. Визначення ефективні діаметру судин.

	Двійкове дерево судин. Математичні моделі роботи серця. Двокамерна та чотирикамерна моделі серця. Точкова модель серця. Самоузгоджена модель 2-х і 4-х камерного серця. Література: [1,5] . Література додаткова:[2].
14	Лекція 14. Математичні моделі та алгоритми керування системами внутрішньоклітинного обміну. Математичне компартментальне моделювання системи фармакокінетики і токсикокінетики. Компартментальне моделювання. Фізіологічні передумови моделювання системи вуглеводного обміну. Максимальна модель. Мінімальні моделі. Моделюючий комплекс імітаційного дослідження зовнішніх керуючих впливів. Схема дворівневого імітаційного моделювання. Синтез алгоритмів оптимального керування системою регуляції глікемії. Принцип функціонування програми оптимального рішення, при попарній взаємодії лікарняних препаратів, вибраних із певних груп. Оптимальне моделювання конструювання лікарських препаратів, концентрації забруднюючих речовин. .Література: [1,5] . Література додаткова:[2]
15	Лекція 15. Фізична модель опису процесів відновлення температури тіла при охолодженнях. Фізична та математична моделі теплових втрат гомойотермних організмів при локальних охолодженнях. Моделювання перехідних процесів зміни температури в часі на ділянці тіла під дією охолоджувачів. Математичний опис перехідних процесів при відновленні температури шкіри після поодиноких локальних охолоджень різної тривалості. Розрахунки декременту затухання, маси та глибини охолоджень експоненційної залежності. Порівняння розрахункових та експериментальних значень змін температури. Література: [2,4] . Література додаткова: [2].
16	Лекція 16. Регулювання і функціонування нейронних мереж в біотехнологіях. Управління і регулювання. Біонічні системи. Блок-схема функціональних систем управління. Алгоритми видів керування в біотехнологіях із зворотним зв'язком. Види регулювання в біотехнологічних системах. Автоматичне регулювання, регулювання по збуренню і по відхиленню. Екстремальне, оптимальне і адаптивне регулювання. Алгоритмічна стратегія виявлення адаптації. Адаптивне керування. Структура нейронних мереж. Особливості роботи штучних нейронних мереж. Література [3,5].
17	Лекція 17. Методи моделювання фармацевтичних та лікарських препаратів. Керовані асоційовані штучні мережі Розпізнавання образів і моделювання аналітичних даних. Моделювання поверхні відгуку. Моделювання відношення зв'язку між структурою та утримуванням речовини. Моделювання розробки рецептури. молекулярне моделювання кількісного співвідношення структура-властивість (QSPR). Прогнозування функцій та структури білка. Молекулярний дизайн de novo та комбінаторні бібліотеки. Література:[2,4].Література додаткова [3-5]
18	Лекція 18. Математичне моделювання в екології. Математичне моделювання в екології співтовариств. Класифікація математичних моделей біологічних продукційних процесів. Принцип максимальної несподіванки протікання еволюції. Концепція лімітуючих факторів. Логістичне рівняння як екстремаль функціонала дії. Диференціальні рівняння і принцип максимуму Понтрягіна в біоекономічній моделі. Максимізація функції ентропії. Принцип стаціонарного стану відкритих систем. Принцип максимальної різноманітності. Принцип максимуму узагальненої ентропії. Література додаткова [3,5]

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 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	Практичне заняття 1. Приклади математичних моделей у біології. Специфіка

	моделювання живих систем. Особливості біологічної кінетики. Принципи та приклад побудови математичних моделей в біології та медицині. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та класичними моделями у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. Література: [базова- 5,6]
2	Практичне заняття 2. Розв'язок систем диференціальних рівнянь. Графічне представлення розв'язку. Визначення типів особливих точок. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання, класичними моделями у біології, що описані системою диференціальних рівнянь та теорією стійкості, а також її застосуванням до конкретних математичних моделей. Література: [базова- 1; додаткова - 4]
3	Практичне заняття 3. 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. Література: [базова- 3; додаткова - 2]
4	Модульна контрольна робота.
5	Практичне заняття 5. 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. Моделювання проточних та непроточних культур мікроорганізмів. Модель Моно. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно». Література: [базова- 1; додаткова - 5]
6	Практичне заняття 6. Моделі фотосинтезу. Моделі світлової та темної реакції фотосинтезу. Загальна формула фотосинтезу Моделі хромопластів. Класична модель коливань в темнових процесах фотосинтезу. Література: [базова-2 ; додаткова -2]
7	Практичне заняття 7. Дослідження моделі Тайсона-Новака клітинного циклу. Моделювання генетичного триггеру Жакоба і Моно. Ознайомлення з основними поняттями математичного моделювання та теорії автоколивань процесів, дослідженням математичних моделей на наявність автоколивань та граничних циклів. Література: [базова- 3; додаткова - 5].
8	Практичне заняття 8. Моделі та кінетичні характеристики процесу біосинтезу в клітинах. 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. Моделювання режимів роботи реакторів біосинтезу при використанні кінетики «типу Моно». Література: [базова- 1-8; додаткова - 9-14]
9	Практичне заняття 9. Доповіді і обговорення домашніх контрольних робіт.

6. Самостійна робота студентів

Самостійна робота студентів проводиться у вигляді: підготовки до аудиторних занять (46 годин), модульної контрольної роботи (4 годин), підготовки до заліку (6 годин) та підготовки і оформлення домашньої контрольної роботи на тему використання методів моделювання у напрямку своєї магістерської дисертації чи на вибрану тему, перелік яких наводиться нижче (10 годин), 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	Підготовка до аудиторних занять. Література: базова та додаткова література.	46
2	Підготовка до модульної контрольної роботи, 1-8 лекції.	4
3	Підготовка та оформлення домашньої контрольної роботи та презентації. Література: базова та додаткова література і інформаційні джерела з Інтернету	10

4	Підготовка до заліку, 1-18 лекцій.	6
5	Всього	66

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

- основні поняття математичного моделювання та класичні моделі в біології. *Література:*[базова-1,4; додаткова - 3,4];- 2,5 год.
 - біофізичні методи підготовки завдань для моделювання у біотехнологіях. *Література:*[базова-2,4; додаткова - 3,5];- 2 год.
 - приклади математичного моделювання у біотехнології. *Література:*[базова- 1,3; додаткова - 2,3,4];- 2,5 год.
 - приклади математичного моделювання та класичні моделі у біології, що описуються одним диференціальним рівнянням. *Література:*[базова- 1,4; додаткова - 2,5];- 2,5 год.
 - приклади математичного моделювання та класичні моделі у біології, що описуються системою диференціальних рівнянь. *Література:*[базова- 1,5; додаткова - 3,4]; - 2,5 год.
 - побудова та опис математичних моделей хімічних та біохімічних реакції першого порядку. *Література:*[базова- 2,4; додаткова - 1,5]; - 2,5 год.
 - ознайомлення з основними поняттями використання теорії динамічних систем для математичного моделювання. [2,6]*Література:*[базова- 1,2; додаткова - 2,4]; - 2,5 год.
 - приклади математичного моделювання та моделі у біології із експоненціальним зростанням та логістичним зростанням. *Література:*[базова- 1,5; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття та моделі еволюції. *Література:*[базова- 1,4; додаткова - 2,3,5];- 2,5 год.
 - ознайомлення з основними поняттями теорії стійкості, метод створення параметричних та фазових портретів біотехнологічних систем. *Література:*[базова - 1,3; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття автоколивальних процесів на прикладі математичних моделей темнових процесів фотосинтезу. *Література:*[базова- 2,4; додаткова - 3,5]; - 2,5 год.
 - застосування математичних методів до створення максимальних та мінімальних моделей фізіологічних систем. *Література:*[базова - 4; додаткова - 5]; - 2,5 год.
 - ознайомлення з моделюванням та теоріями нервово-м'язового скорочення. *Література:*[базова-2,4; додаткова - 3,5]; - 2,5 год.
 - основні поняття моделювання у фармацевтиці та створенні косметичних препаратів. *Література:*[базова- 3; додаткова - 2,3,5]; - 2,5 год.
 - моделювання електричної організації живих тканин, провідності живих середовищ та синтетичного середовища. *Література:*[базова - 2,4; додаткова - 3,5]; - 2 год.
 - ознайомлення з основними моделями росту культур мікроорганізмів, росту біомаси та вплив параметрів на ріст. *Література:*[базова- 1,3; додаткова - 1,4]. - 2,5 год.
- Всього на СРС за матеріалами лекцій - 39 год.

При самостійній роботі підтримується використання інформаційних джерел з Інтернету.

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

- ознайомлення з методами розв'язання рівнянь дифузії та осмосу в клітинах. *Література:*[базова-4,5; додаткова - 3,6]; - 2,5 год.
 - моделювання кінетики живих середовищ. *Література:*[базова- 4,5; додаткова - 3,6];- 2 год.
 - особливості використання в біотехнології моделі генетичного тригера Жакоба і Моно. *Література:*[базова- 3,5; додаткова - 2,5]; - 2,5 год.
- Всього на СРС за матеріалами семінарів -7 год.

При самостійній роботі підтримується використання інформаційних джерел з Інтернету.

Політика та контроль

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 посилатися 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 (PCO)

Поточний контроль: опитування за темою лекцій та практичних занять -(36 балів), модульна контрольна робота (МКР) - (24 бали), домашня контрольна робота (ДКР) - (40 балів). Загальна сума балів за семестрову роботу – 100 балів. Докладніша інформація щодо поточного контролю та критеріїв оцінювання наведена в PCO з дисципліни нижче.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Для першої атестації студент повинен мати, як мінімум - 10 балів, для другої атестації, як мінімум - 30 балів.

Семестровий контроль: залік. Загальна сума балів на заліку – 100 балів (бали, отримані за семестр анулюються).

Умови допуску до семестрового контролю: семестровий рейтинг від 55 до 100 балів, написання МКР, виконання ДКР.

Рейтингова система оцінки успішності РСО студентів з дисципліни “Моделювання в біотехнології” 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	4	120	36	18		66	1	1	залік

Рейтинг студента складається з балів, що він отримує за:

1. опитування за темою лекцій та практичних занять;
2. модульної контрольної роботи ;
3. домашньої контрольної роботи.

Система рейтингових (вагових) балів занять і рейтингових оцінок по видах контролю за рік

№ п/п	Вид контролю	Бал	Кількість	Сума балів
	опитування за темою занять			
	- ваговий бал	4	9	36
	- якість відповіді*	0-4		
2.	Модульна контрольна робота			
	-ваговий бал	24	1	24
	- якість виконання МКР **	0 -24		
3.	Домашня контрольна робота	40	1	40
	- якість виконання***	0 - 40		
4	Всього			100

* 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 - 3бали;

відповідь вірна та повна - 4 бали.

** - Якість виконання модульних контрольних робіт:

повністю розкриті відповіді з використанням ілюстративних матеріалів - 23-24 бали ;

помилка в одному завданні або неповна відповідь в одному завданні - 19 - 22 балів ;

помилка в одному завданні або неповні відповіді в двох завданнях -15- 18 балів ;

помилки в двох завданнях або неповні відповіді в трьох завданнях - 9 - 14 балів;

помилки в трьох завданнях або неповні відповіді в чотирьох завданнях- 1 - 8 балів.

МКР не зараховується при оцінці ≤ 14 балів;

МКР зараховується при оцінці ≥ 15 балів.

*** - Якість виконання ДКР:

повне розкриття теми з використанням формул, блок-схем, графіків

та таблиць, із самостійною думкою та презентацією - 35 - 40 балів ;

повне розкриття теми та із презентацією - 28 - 34 балів ;

неповне розкриття теми, або незначні помилки чи без презентації - 20 - 27 балів ;

необґрунтоване або дуже скорочене подання теми без презентації -11- 19 балів;

наявність грубих помилок в розкритті чи поданні теми без презентації - 1- 10 балів;

ДКР не зараховується при оцінці ≤ 23 балів;

ДКР зараховується при оцінці ≥ 24 балів.

Розрахунок шкали (Rc) рейтингу

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає: $R = 36 + 24 + 40 = 100$ балів.

Рейтингова шкала з дисципліни складає - $R = 100$ балів;

Необхідною умовою для одержання заліку "автоматом" є відповіді при опитуванні на лекціях та семінарах, виконання на позитивну оцінку модульної контрольної роботи та домашньої контрольної роботи. При цьому загальний рейтинг повинен бути більшим за 60 балів. Для підвищення рейтингової оцінки проводиться залік. При цьому попередній рейтинг анулюється.

Рубіжні (планові атестації). Студент повинен набрати балів:: 1 атестація – «зараховано» - 10 балів (30 – максимум), 2 атестація – 30 балів (70 – максимум).

До заліку допускаються студенти, які набрали більше 55 балів, виконали МКР та підготували ДКР на позитивну оцінку.

Підсумкова оцінка якості знань з дисципліни визначаються за традиційною 4-рівневою шкалою з урахуванням індивідуальних поточних оцінок за вище наведеною шкалою:

Білет для проходження заліку складається з 4 питань, 1 питання оцінюється у 25 балів.

Повна відповідь на питання– 5 (23 -25 балів)

Зроблені незначні помилки – 4 (19 -22 бали)

Суттєві неточності у відповіді – 3 (15 -18 балів)

Відповідь не зарахована при отриманні ≤ 14 балів .

Рекомендовані шкали рейтингу(Rc)

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 домашньої контрольної роботи визначаються після обговорення з кожним студентом теми використання моделювання в напрямку підготовки його магістерської дисертації чи самостійно вибраної студентом іншої теми.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (залік) подаються, як додаток 2 до силабусу.

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

Робочу програму навчальної дисципліни «Моделювання в біотехнології» 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.

Приклади питань у формі білетів до МКР "Моделювання у біотехнології"

Білет № 2

1. Поняття моделі. Об'єкти, цілі та методи моделювання.
2. Приклади використання ряду Фібоначі в біології.
3. Експоненціальне зростання процесів
4. Тригер. Способи переключення тригера в системах.

Білет № 3

1. Комп'ютерні та математичні моделі.
2. Моделювання молекулярної динаміки та біологічної кінетики.
3. Модель розмноження клітин
4. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні

Білет № 5

1. Структурні особливості системи.
2. Моделі глобальної динаміки.
3. Метод ізокліни
4. Фермент - субстратна реакція Міхаеліса-Ментен, як приклад принципу простоти

Білет № 6

1. Поняття "Середовище".
2. Класифікація моделей біологічних процесів.
3. Аналіз математичних моделей на прикладі логістичного рівняння
4. Метод квазістаціонарних концентрацій

Білет № 7

1. Теорія подібності.
2. Принципи побудови математичних моделей в біології та медицині.
3. Вплив запізнювання на моделювання.
4. Генетичний тригер Жакоба і Моно.

Білет № 8

1. Ізоморфність (подібність) двох систем.
2. Принципи імітаційного моделювання та приклади моделей.
3. Головні ізокліни.
4. Диференціація та морфогенез.

Білет № 9

1. Простір станів системи.
2. Моделі водних екосистем.
3. Поняття фазової площини, фазового простору та фазового портрету
4. Відбір одного з двох і декількох видів.

Білет № 10

1. Аналогія, абстракція та спрощення.
2. Специфіка моделювання живих систем.
3. Проблема швидких і повільних змінних.
4. Модель генетичного тригера з дифузією.

Білет № 11

1. Формальні методи побудови моделей.
2. Модель росту чисельності ізольованої популяції

3. Принцип простоти та його біологічне значення.
4. Типи особливих точок: вузол, сідло, фокус, центр.

Додаток 2.

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль(залік)

1. Структурата блок-схема систем в біотехнології.
2. Теоретико-множинний рівень абстрактного опису системи.
3. Простір станів системи.
4. Аналогія, абстракція та спрощення.
5. Формальні методи побудови моделей.
6. Специфіка моделювання живих систем.
7. Історія перших моделей в біології.
8. Сучасна класифікація моделей біологічних процесів.
9. Приклади математичних моделей у біології.
10. Приклади використання рядів Фібоначі у біології.
11. Модель швидкості поглинання кисню листям.
12. Особливості молекулярної динаміки та біологічної кінетики.
13. Моделювання водних екосистем.
14. Моделі, що зводяться до одного диференціального рівняння першого порядку (
15. Моделі росту чисельності ізольованої популяції,
16. Модель розмноження клітин,
17. Модель росту колонії мікроорганізмів,
18. Що таке "безперервні моделі".
19. Як визначити експоненціальне зростання
20. Логістичне рівняння і логістичне зростання
21. Моделі з найменшою критичної чисельністю.
22. Відмінності степеневого та експоненційного розподілів.
23. Вплив запізнювання на розвиток популяцій.
24. Метод ізоклінів та головні ізокліни.
25. Що таке лінійні системи.
26. Моделювання хімічних реакцій першого порядку.
27. Проблема швидких і повільних змінних.
28. Теорема Тихонова.
29. Метод квазістаціонарних концентрацій.
30. Що таке " принцип простоти".
31. Проблема автокаталізу.
32. Часова ієрархія: «середні», «швидкі» та «повільні» змінні
33. Біфуркаційні режими при моделюванні біологічних та біотехнологічних задач.
34. Теорія катастроф.
35. Генетичний тригер. Способи переключення тригера.
36. Приклади систем з двома стійкими стаціонарними станами.
37. Теорема Ляпунова.
38. Диференціація та морфогенез.
39. Розподілені тригери і морфогенез.
40. Формула Ферхюльста .
41. Відбір одного з двох і декількох видів в моделі еволюції.

Приклади тем для підготовки ДКР по моделюванню в біотехнологіях

1. Біологічні та геофізичні ритми. Сегментаційний годинник.
2. Моделювання фотосинтезу. Моделі процесів у фотосинтетичній мембрані.
3. Моделі клітинних ритмів. Внутрішньоклітинні коливання концентрації Ca^{2+} .
4. Біологічні ритми. Циркадні ритми.
5. Моделювання автоколивань в гліколізі.
6. Моделювання тригерних схем Жакоба і Моно. Генетичний тригер.
7. Моделі клітинної диференціації.
8. Модель регулювання клітинного циклу в еукаріотів.
9. Моделювання первинних процесів виникнення життя на Землі.
10. Моделі відбору (відбір одного із двох рівноправних, тригерні режими).
11. Кінетичні моделі росту культур мікроорганізмів та вплив параметрів на ріст.
12. Моделювання інгібування росту популяцій надлишком субстрату, продуктами ферментації, іонами H^+ .
13. Математичне моделювання процесів росту клітин та їх колоній.
14. Моделювання культур з проточним та непроточним середовищем.
15. Модель багато субстратних мікробних процесів.
16. Моделювання процесів в культиваторі повного змішування та в проточному культиваторі із центрифугою.
17. Моделювання динаміки імунної реакції.
18. Моделювання динаміки періодичних захворювань та факторів, що визначають межу між одужанням і загибеллю організмів.
19. Моделювання кінетики ферментативних перетворень.
20. Моделі ритмічної активності міокарда та технології її використання.
21. Модель репресії синтезу ферментів.
22. Кінетична модель ферментативних реакцій.
23. Математична модель «біологічного годинника» вищих рослин
24. Моделювання в біотехнологіях лікарських препаратів.
25. Моделювання процесів біосинтезу та процесів конструювання біопрепаратів.
26. Моделювання при конструюванні нових білків та пептидів.
27. Комп'ютерні та математичні моделі нервової системи і нервових процесів.
28. Приклади побудови математичних моделей в медицині.
29. Моделювання в ветеринарних технологіях.
30. Моделі продукційних процесів рослин.
31. Моделювання м'язових процесів людини та тварин
32. Приклади моделей екологічних систем.
33. Моделювання біохімічної кінетики технологічних процесів.
34. Моделювання серцево-судинної та кровоносної систем.
35. Моделі популяційних процесів в соціумах.
36. Моделі генетичних перетворень