



МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ФАРМАЦЕВТИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет Фармацевтичних технологій та  
менеджменту  
Кафедра Технологій фармацевтичних препаратів

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ У БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ДОСЛІДЖЕННЯХ

РОБОЧА ПРОГРАМА  
освітньої компоненти

підготовки другий (магістерський)  
(назва рівня вищої освіти)

галузі знань 16 Хімічна інженерія та біоінженерія  
(шифр і назва галузі знань)

Спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія  
(код і найменування спеціальності)

освітньо-професійної програми Промислова біотехнологія  
(найменування освітньої програми)

спеціалізації (й) \_\_\_\_\_  
(найменування освітньої програми)

2023 рік

Робоча програма освітньої компоненти Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях спеціальності 162 Біотехнології та біоінженерія освітньо-професійної програми Промислова біотехнологія (1,6д), (1,10з) для здобувачів вищої освіти 1 курсу другого (магістерського) рівня освіти.

Розробники:

КУТОВА Ольга, доцент закладу вищої освіти кафедри технологій фармацевтичних препаратів, кандидат технічних наук, доцент  
(вказати ПІП авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робоча програма розглянута та затверджена на засіданні кафедри Технологій фармацевтичних препаратів.

Протокол від «25» \_\_ 08 \_\_\_\_\_ 2023 року № 1

Зав. кафедри



(підпис)

проф. Олександр КУХТЕНКО  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Робоча програма схвалена на засіданні профільної методичної комісії з технологічних освітніх компонент

Протокол від «01» \_\_ 09 \_\_\_\_\_ 2023 року № 1

Голова профільної комісії



(підпис)

проф. Олена РУБАН  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## 1. Опис освітньої компоненти

**Мова навчання:** українська

**Статус освітньої компоненти:** обов'язкова

**Передумови вивчення освітньої компоненти.** Освітня компонента «Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях» базується на знаннях, отриманих на попередньому рівні освіти, та інтегрується із освітньою компонентою «Система забезпечення якості біотехнологічної продукції», закладає знання, необхідні для аналізу та проектування технологічних процесів хіміко-фармацевтичної технології з використанням сучасних комп'ютерних технологій.

**Предметом** вивчення освітньої компоненти «Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях» є способи складання математичного опису об'єктів біотехнологічного виробництва, методи аналізу їх математичних моделей й оптимізації.

**Інформаційний обсяг навчальної дисципліни.** На вивчення навчальної дисципліни відводиться 120 годин 4 кредити ECTS

## 2. Мета та завдання освітньої компоненти

**Метою** викладання освітньої компоненти «Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях» є ознайомлення студентів із основними методами проведення математичного моделювання в галузі біотехнології, забезпечення теоретичної бази, необхідної для розуміння та аналізу функціонування біотехнологічної схеми, інтенсифікації й оптимізації діючих промислових схем і розробки нових виробництв, а також формування інженерного мислення у майбутніх фахівців.

Основними **завданнями** освітньої компоненти «Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях» є надання майбутнім спеціалістам системи знань, теоретичних основ дослідження та їх практичного використання на підприємствах біотехнологічної галузі; засвоєння здобувачами вищої освіти загальних закономірностей хімічної кінетики, масообмінних і теплових процесів, що супроводжують біотехнологічний синтез, законів руху газів і рідин; оволодіння методами дослідження та аналізу об'єктів біотехнології для вирішення практичних завдань, пов'язаних з розрахунками кінетики біосинтезу, експлуатацією та вибором біологічних реакторів, визначенням технологічних режимів виробничих схем і шляхів здійснення оптимальних рішень.

## 3. Компетентності та заплановані результати навчання

Освітня компонента «Математичне моделювання у біотехнологічних дослідженнях» забезпечує набуття здобувачами освіти **компетентностей**:

*інтегральна:*

здатність розв'язувати складні задачі і проблеми біотехнологій та біоінженерії, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог;

*загальні:*

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел;

*спеціальні (фахові):*

ФК03. Здатність відбирати та аналізувати релевантні дані, у тому числі за допомогою сучасних методів аналізу даних, і спеціалізованого програмного забезпечення.

ФК05. Здатність розробляти нові біотехнологічні об'єкти і технології та підвищувати ефективність існуючих технологій на основі експериментальних та/або теоретичних досліджень та/або комп'ютерного моделювання

ФК09. Здатність застосовувати сучасні методи системного аналізу для дослідження та створення ефективних біотехнологічних процесів.

ФК13. Здатність використовувати професійні знання в обсязі, необхідному для розробки і отримання активних фармацевтичних інгредієнтів, лікарських засобів, харчових продуктів лікувально-профілактичної дії, продуктів для сільського господарства і ветеринарії, застосовувати методи інтенсифікації у галузі біотехнологій, методи одержання БАР з рослинної та тваринної сировини, їх клітин та тканин, культур мікроорганізмів

Інтегративні кінцеві *програмні результати навчання* (ПРН), формуванню яких сприяє освітня компонента:

ПР03. Здійснювати техніко-економічні розрахунки проектно-конструкторських рішень та аналізувати та оцінювати їх ефективність, екологічні та соціальні наслідки на коротко- та довгострокову перспективу

ПР04. Вміти обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів.

ПР18. Знати підходи до розробки та виробництва активних фармацевтичних інгредієнтів (АФІ), лікарських засобів (ЛЗ), ветеринарних препаратів та інших біопрепаратів із застосуванням біотехнологічних процесів

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач освіти повинен

*знати:*

математичний апарат, що дозволяє найбільш адекватно описати типові біотехнологічні завдання;

методи формалізації процесів функціонування біотехнологічних систем;

принципи планування та управління науково-дослідними, науково-технічними та/або виробничими проектами у галузі біотехнології, базуючись на сучасних тенденціях розвитку науки, техніки та суспільства;

*вміти:*

обирати із засвоєного арсеналу необхідний математичний апарат і застосовувати відповідну методику його використання для вирішення задач моделювання процесів біотехнологічного виробництва;

обирати та застосовувати найбільш придатні методи математичного моделювання та оптимізації при розробленні науково-технічних проектів;

оцінювати, аналізувати та обирати варіанти рішень з управління складними біотехнологічними процесами з урахуванням цілей, обмежень, прогнозів та ризиків;

*володіти:*

математичними методами і програмними засобами, що дозволяють аналізувати й моделювати обладнання, процеси і явища в біотехнології, мати уявлення про сучасні тенденції розвитку методів, засобів і програмних систем моделювання.

## 4. Структура освітньої компоненти

Назви змістових модулів і тем	Обсяг у годинах											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	сем	пз	лаб	с. р		л	сем	пз	лаб	с. р
<b>Змістовий модуль 1 «Аналіз та ідентифікація кінетичних моделей»</b>												
Тема 1. Методи дослідження біотехнологічних систем	14	2		3		9	13	1				12
Тема 2. Регресійні моделі	14	2		3		9	15	1		2		12
Тема 3. Математичні моделі хімічної кінетики	22	2	2	9		9	19	1		2		16
Тема 4. Математичні та кінетичні моделі біотехнологічних процесів	14	2		3		9	13	1				12
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	64	8	2	18		36	60	4		4		52
<b>Змістовий модуль 2 «Моделювання технологічних процесів біотехнологічного виробництва»</b>												
Тема 5. Математичне моделювання процесу фільтрування	14	2		3		9	15	1		2		12
Тема 6. Математичне моделювання роботи гідравлічної ємності	14	2		3		9	15	1		2		12
Тема 7. Математичне моделювання змішувача	13	2		3		8	13	1				12
Тема 8. Математична модель стерилізатора	13	2		3		8	15	1		2		12
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	54	8		12		34	58	4		6		48
<b>Семестровий диф. залік з модуля</b>	2			2			2			2		
<i>Усього годин</i>	120	16	2	32		70	120	8		12		100

## 5. Зміст програми освітньої компоненти

**Змістовий модуль 1 «Аналіз та ідентифікація кінетичних моделей»**

**Тема 1. Методи дослідження біотехнологічних систем.** Метод системного аналізу. Ієрархічна структура біотехнологічного виробництва. Ієрархічна структура ферментера. Зв'язок біотехнологічного виробництва з фундаментальними та прикладним дисциплінами.

Математичне моделювання як метод дослідження. Види математичних моделей. Класифікація математичних моделей. Етапи розробки математичних моделей. Ідентифікація параметрів моделей. Перевірка адекватності моделей.

**Тема 2. Регресійні моделі.** Проведення експерименту. Планування експерименту. Вираз дослїдних закономірностей у вигляді формул. Регресійний аналіз експериментальних даних.

**Тема 3. Математичні моделі хімічної кінетики.** Класифікація кінетичних моделей. Швидкість хімічного перетворення. Аналіз кінетичних моделей. Ідентифікація моделей.

Рішення диференціальних рівнянь першого порядку та системи рівнянь чисельним методом Ейлера засобами Excel та Mathcad 14. Рішення диференціальних рівнянь другого порядку. Метод кінцевих різниць.

**Тема 4. Математичні та кінетичні моделі біотехнологічних процесів.** Основі види біохімічної діяльності мікрооб'єктів, що використовуються в біотехнології. Кінетичні основи мікробіологічних процесів. Спрощені кінетичні моделі. Механізм біологічного синтезу.

**Змістовий модуль 2 «Моделювання технологічних процесів біотехнологічного виробництва»**

**Тема 5. Математичне моделювання процесу фільтрування.** Режими фільтрування. Диференціальне рівняння фільтрування.

**Тема 6. Математичне моделювання роботи гідравлічної ємності.** Побудова нестационарної математичної моделі гідросистеми з питаючою ємністю. Засоби розв'язання звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Перевірка адекватності моделі.

**Тема 7. Математичне моделювання змішувача.** Структури потоку змішування. Розрахунок тривалості процесу.

**Тема 8. Математична модель стерилізатора.** Кінетика гибелі мікрофлори Гідродинамічні умови у безперервному стерилізаторі. Експериментальний розподіл часу перебування середовища у стерилізаторі. Визначення структури потоку в стерилізаторі.

**Семестровий диференційований залік з модуля.**

**6. Теми лекцій**

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Методи дослідження біотехнологічних систем	2	1
2	Регресійні моделі. Експериментальні дослідження. Планування експерименту. Регресійний аналіз	2	1
3	Математичні моделі хімічної кінетики	2	1
4	Математичні та кінетичні моделі біотехнологічних процесів	2	1
5	Математичне моделювання процесу фільтрування	2	1
6	Математичне моделювання роботи гідравлічної ємності та змішувача	2	1
7	Використання математичних моделей росту біомаси для визначення ємності ферментера	2	1
8	Математична модель стерилізатора.	2	1
<b>Усього годин</b>		16	8

**7. Теми семінарських занять**

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Огляд математичних та кінетичних моделей біотехнологічних процесів та апаратів	2	
<b>Усього годин</b>		2	

**8. Теми практичних занять**

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Надання інформації про ієрархічну структуру біотехнологічного виробництва. Виявлення типових технологічних процесів та апаратів, у яких вони здійснюються	3	
2	Отримання регресійних моделей та визначення їх адекватності	3	2
3	Складання та аналіз кінетичних моделей реакцій з простим механізмом	3	1
4	Складання та аналіз кінетичних моделей для хімічних перетворень за складним механізмом засобами MS Excel та Mathcad 14	3	1
5	Ідентифікація кінетичних моделей.	3	
6	Аналіз деяких кінетичних моделей біотехнологічних процесів	3	2
7	Аналіз математичної моделі фільтрування. Способи розв'язання рівнянь математичної моделі засобами MS Excel та Mathcad 14	3	2
8	Аналіз роботи гідравлічної ємності в MS Excel та Mathcad 14	3	2
9	Аналіз математичної моделі змішувача	3	
10	Аналіз математичного опису роботи стерилізатора	3	2
11	Розрахунок об'єму ферментера	2	
<b>Усього годин</b>		32	12

**9. Теми лабораторних занять**

Не передбачені робочим навчальним планом

**10. Самостійна робота**

№ з/п	Назва теми	Обсяг у годинах	
		Денна форма	Заочна форма
1	Зв'язок біотехнологічного виробництва з фундаментальними та прикладними дисциплінами. Предмет і задачі біотехнологічного виробництва та її роль у підготовці фахівців з харчової технології та інженерії.	10	12
2	Особливості теоретичного дослідження. Встановлення мети дослідження. Побудова робочої гіпотези. Складання методики досліджень.	10	12
3	Вирішення диференціальних рівнянь кінетичних моделей для реакцій з різними механізмом взаємодії з використанням прикладних комп'ютерних програм.	10	16
4	Математичний опис гідравлічних систем. Рівняння Нав'є-Стокса	10	12
5	Види фільтрування. Розрахунок швидкості та тривалості фільтрування	10	12
6	Застосування рівнянь гідростатики та гідродинаміки для складання математичного опису гідравлічної ємності. Засоби розв'язання рівнянь математичної моделі у MS Excel та Mathcad 14		12
7	Моделі структури потоку в апаратах змішування	10	12
8	Моделі масообміну та теплообміну у математичному описі стерилізатору	10	12
<b>Усього годин</b>		80	100

## Завдання для самостійної роботи

Формування звітів з використання програмних засобів Excel, Word.

### Індивідуальні завдання

Не передбачені робочим навчальним планом.

### 11. Критерії та порядок оцінювання результатів навчання

Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти за вивчення освітньої компоненти

Поточне тестування та самостійна робота				Сума
Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Контроль ЗМ1	Контроль ЗМ2	
18/30	18/30	12/20	12/20	60/100

### Шкала оцінювання знань та умінь: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою
90 ... 100	A	відмінно
82 ... 89	B	добре
75 ... 81	C	
64 ... 74	D	задовільно
60 ... 63	E	
35 ... 59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання
0 ... 34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Контроль знань і умінь здобувачів вищої освіти (поточний і підсумковий) з освітньої компоненти здійснюють згідно з кредитною системою організації навчального процесу. Рейтинг здобувача вищої освіти із засвоєння освітньої компоненти визначається за 100 бальною шкалою. Критерії оцінки рівня знань на лабораторних, семінарських та практичних заняттях визначені наступним чином.

Оцінка «відмінно»/А – здобувач вищої освіти демонструє глибоке знання навчального матеріалу, що міститься в основних і додаткових літературних джерелах; вміння аналізувати явища, які вивчаються, в їхньому взаємозв'язку і розвитку; вміння проводити теоретичні розрахунки; вміння розв'язувати складні практичні задачі; відповіді на запитання чіткі, лаконічні, логічні послідовні.

Оцінка «добре»/В – здобувач вищої освіти демонструє глибокий рівень знань в обсязі обов'язкового матеріалу; вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; вміння розв'язувати складні практичні задачі; проте відповіді на запитання містять певні неточності.

Оцінка «добре»/С – здобувач вищої освіти демонструє міцні знання матеріалу, що вивчається, та його практичного застосування; вміння давати аргументовані відповіді на запитання і проводити теоретичні розрахунки; вміння розв'язувати практичні задачі; проте



наявне невміння використовувати теоретичні знання для розв'язування складних практичних задач.

Оцінка «задовільно»/D – здобувач вищої освіти демонструє знання основних фундаментальних положень матеріалу, що вивчається, та їх практичного застосування; вміння розв'язувати прості практичні задачі; проте наявне невміння давати аргументовані відповіді на запитання; невміння аналізувати викладений матеріал і виконувати розрахунки; невміння розв'язувати складні практичні задачі.

Оцінка «задовільно»/E – здобувач вищої освіти демонструє знання основних фундаментальних положень матеріалу модуля; вміння розв'язувати найпростіші практичні задачі; проте наявне незнання окремих (непринципових) питань з матеріалу модуля; невміння послідовно і аргументовано висловлювати думку; невміння застосовувати теоретичні положення при розв'язанні практичних задач.

Оцінка «незадовільно»/FX (потрібне додаткове вивчення) – коли здобувач вищої освіти дає правильну відповідь не менше ніж на 35% питань, або на всі запитання дає необгрунтовані, невичерпні відповіді, допускає грубі помилки. Має неповний конспект лекцій. Додаткове вивчення матеріалу модуля може бути виконане в терміни, що передбачені навчальним планом.

Оцінка «незадовільно»/F (потрібне повторне вивчення) – повна відсутність знань значної частини навчального матеріалу модуля; істотні помилки у відповідях на запитання; незнання основних фундаментальних положень; невміння орієнтуватися під час розв'язання простих практичних задач.

Підсумкова (загальна) оцінка курсу освітньої компоненти є сумою рейтингових оцінок (балів), отриманих за окремі оцінювані форми навчальної діяльності: поточне тестування рівня засвоєння і теоретичного матеріалу під час аудиторних занять і самостійної роботи.

## 12. Форми поточного та семестрового контролю успішності навчання

**Поточний контроль** здійснюється на кожному практичному занятті відповідно конкретним цілям теми, під час індивідуальної роботи викладача зі здобувачем вищої освіти для тих тем, які він опрацьовує самостійно і які не входять до структури практичного заняття. Засобами діагностики рівня підготовки здобувача вищої освіти є фронтальне та індивідуальне опитування, контрольні роботи, перевірка домашніх завдань, перевірка індивідуальних завдань.

**Контроль змістових модулів:** відповіді на теоретичні питання, складання тестових завдань, вирішення розрахункових та ситуаційних завдань.

**Семестровий диференційований залік з модуля** для денної форми навчання здійснюється за результатами поточного контролю.

**Семестровий диференційований залік з модуля** для заочної форми навчання здійснюється по його завершенню на підсумковому контрольному занятті в усній та письмовій формі або у вигляді тестів у електронному вигляді. Білети для підсумкового контролю містять два теоретичні питання і одну практичну задачу.

## 13. Методичне забезпечення

Інтерактивні форми навчання.

1. Методичні рекомендації до проведення практичних занять.
2. Конспект лекцій.
3. Плани практичних занять.
4. Завдання до самостійної роботи.
5. Білети до семестрового модульного контролю.

Інтерактивні неімітаційні методи.

6. Лекції-бесіди.
7. Лекції з розгляду конкретних ситуацій.
8. Лекції-консультації.

#### **14. Рекомендована література**

##### **Основна**

1. Математичне моделювання технологічних процесів із застосуванням Mathcad 14 та MS Excel: навчальний посібник: / О. В. Кутова [та ін.] ; НФаУ. - Харків: НФаУ, 2023. – 134 с.
2. Математичне моделювання біотехнологічних процесів. Розв'язання завдань з використанням електронних таблиць Microsoft Excel: методичні рекомендації до самостійної роботи: метод. реком. / О. В. Кутова [та ін.]; Нац. фармацевт. ун-т. - Харків: НФаУ, 2018. – 34.

##### **Допоміжна**

1. Методичні вказівки щодо самостійної роботи з навчальної дисципліни «Моделювання систем та процесів в екологічній біотехнології» для студентів денної форми навчання зі спеціальності 101 – «Екологія» освітньо-професійної програми підготовки «Екологічна біотехнологія та біоенергетика», освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр». / О. В. Новохатько ; Кременчуцький національний університет. – Кременчук, 2019. – 19 с.

#### **15. Інформаційні ресурси, у т.ч. в мережі Інтернет**

1. Бібліотека НФаУ: <https://lib.nuph.edu.ua/>
2. Сайт кафедри ТФП НФаУ: <https://tfp.nuph.edu.ua/>
3. Сайт дистанційних технологій навчання НФаУ: <https://pharmel.kharkiv.edu/>