

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету

Тетяна ІВАНІШЕНА

Підпис

ім'я, прізвище

2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Галузь знань – 16 Хімічна інженерія та біоінженерія

Спеціальність – 161 Хімічні технології та інженерія

Рівень вищої освіти – Перший (бакалаврський)

Освітньо-професійна програма – Хімічні технологія та інженерія

Обсяг дисципліни – 5 кредитів ЕКТС

Шифр дисципліни ОПП.12

Мова навчання – українська

Статус дисципліни: Обов'язкова (професійної підготовки)

Факультет – Технологій і дизайну

Кафедра – Хімії та хімічної інженерії

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин							Форма семестрового контролю		
			Кредити ЕКТС	Години	Разом	Аудиторні заняття				Самостійна робота, у т.ч. ІРС	Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
						Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття					
Д	4	8	5	180	66	32	34	-	-	114	-	-	-	+
З	4	8	5	180	14	6	8	-	-	166	-	-	-	+

Робоча програма складена на основі освітньо-професійної програми бакалавра Хімічні технології та інженерія за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія

Робоча програма складена _____ доктор філософії Анна МАГДІЙЧУК

Схвалена на засіданні кафедри хімії та хімічної інженерії

Протокол №1 від 29.08.2025 р. Завідувач кафедри _____ Ольга ПАРАСКА

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету Технологій і дизайну

Голова Вченої ради факультету _____ Тетяна ІВАНІШЕНА

2. Пояснювальна записка

Дисципліна «Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів» є однією з основних дисциплін професійної підготовки студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія».

На основі загальних понять з фізики, математики, інформаційних технологій, хімії, процесів та апаратів хімічних виробництв, дисципліна розглядає основні поняття математичного моделювання хіміко-технологічних процесів, процеси хімічної технології, математичне моделювання, етапи розробки математичної моделі, класифікацію моделей, деякі особливості моделей і задач математичного моделювання, упорядкування математичних моделей експериментально-статистичними методами, описову статистику, перевірку статистичних гіпотез, параметричні тести, застосування методу найменших квадратів в побудові математичних моделей, застосування регресійного аналізу в побудові математичних моделей, основи факторного аналізу, метод крутого сходження, узагальнений параметр оптимізації, формулювання задачі оптимізації.

Пререквізити: ОЗП.04 Вища та прикладна математика; ОПП.09 Загальна хімічна технологія; ОПП.11 Основи технічної творчості та наукових досліджень;

Кореквізити: ОПП.10 Основи проектування хімічних виробництв; ОПП.13 Екологічний аудит та менеджмент хімічних технологій; ОПП.17 Атестаційний іспит.

Відповідно до **Стандарту вищої освіти** із зазначеної спеціальності та освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

компетентностей: здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК01); здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК04); здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач (ФК01); здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії (ФК06);

програмних результатів навчання: знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми (ПРН01); розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики (ПРН05); розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії (ПРН06).

Мета дисципліни. Навчити студентів будувати математичні моделі об'єктів хімічної технології та впроваджувати методи оптимізації хіміко-технологічних процесів.

Предмет дисципліни. Застосування математичного моделювання з метою оптимізації технологічних процесів об'єктів хімічної технології.

Завдання дисципліни. Надати студентам знання і практичні навички з планування експерименту, використання методів спостереження, опису, класифікації об'єктів хімічних технологій, побудови процесу пошуку оптимальних рішень, застосування інформаційних технологій у вирішенні складних завдань, побудови рівняння процесу та виключення аномальних рішень.

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен: *знати* математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для моделювання реакторів змішування/витіснення; *розробляти* проекти, що стосуються оптимізації режиму роботи реактора та хімічного експерименту; *застосовувати* отримані знання при моделюванні хіміко-технологічних процесів; *здійснювати* дослідження температурних режимів реактора ідеального змішування періодичної дії; *знати* особливості перебігу основних хімічних реакцій в устаткуванні хімічних виробництв; *обговорювати* результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, *аргументувати* власну позицію.

3. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:					
	Денна форма			Заочна форма		
	Лекції	Лабор. заняття	СРС	Лекції	Лабор. заняття	СРС
Розділ 1. Основні поняття математичного моделювання. Упорядкування математичних моделей експериментально-статистичними методами.	16	16	58	2	2	96
Розділ 2. Методи оптимізації хіміко-технологічних процесів.	16	18	56	4	6	70
РАЗОМ:	32	34	114	6	8	166

4. Програма навчальної дисципліни

4.1 Зміст лекційного курсу для студентів денної форми здобуття освіти

Номер лекції	Перелік тем лекції, їх анотації	Кількість годин
1	Основні поняття математичного моделювання хіміко-технологічних процесів. Процеси хімічної технології. Моделювання та основні види моделей, фізичне та математичне моделювання, основні принципи моделювання. Властивості моделі. Принципи моделювання. Математична модель. Складання математичного опису. Етапи розробки математичної моделі. Літ.: [1] с. 7-13; [2] с. 7-9; [3] с. 11- 32; [9], с. 5-10; [10], с. 9-13	2
2	Класифікація моделей. Види моделей. Матеріальні моделі. Ідеальні моделі. Матеріальне моделювання. Рівняння Мальтуса, нескінченне сповільнення. Парадокс Д'Аламбера. Літ.: [1] с. 16-25; [2] с. 9-22; [5] с. 5-8; [9], с. 5-10; [10], с. 9-13	2
3	Етапи побудови математичних моделей. Змістовна, концептуальна (формалізована), математична постановка задачі моделювання. Обстеження об'єкта моделювання. Вибір методу розв'язання задачі і його обґрунтування. Реалізація математичної моделі. Практичне використання побудованої моделі й аналіз результатів. Перевірка адекватності моделі. Літ.: [1] с. 26-55; [5] с. 8-16; [9], с. 10-17	2
4	Побудова математичних моделей аналітичним методом. Методологія застосування аналітичного методу. Побудова математичних моделей аналітичним методом. Переваги методу. Форма запису матеріального та теплового балансу. Зображення енергетичного (теплового) балансу у вигляді математичних співвідношень. Складові рівнянь енергетичного балансу. Схема отримання математичного опису (моделі) аналітичним методом. Літ.: [9], с. 23-30	2
5	Модель ідеального перемішування та ідеального витіснення. Розв'язання диференціального рівняння моделі ідеального перемішування. Види сигналів. Імпульсна й перехідна характеристики. Умови фізичної реалізованості моделі ідеального перемішування. Елементарний об'єм зони ідеального витіснення. Розв'язання диференціального рівняння моделі ідеального витіснення. Умови фізичної реалізованості моделі ідеального витіснення. Переваги моделі. Літ.: [5] с. 16-23; [9], с. 30-38	2
6	Дифузійна модель. Коміркова модель. Комбіновані моделі. Розв'язання системи рівнянь коміркової моделі. Застосування коміркової моделі. Характеристика дифузійної моделі. Одно і двопараметричні дифузійні моделі. Припущення при складанні математичного опису дифузійної моделі. Математичний опис моделі ідеального витіснення. Зворотний критерій Пекле. Розв'язання диференціального рівняння моделі. Застосування дифузійної моделі. Принцип побудови комбінованих моделей. Об'єкт, що поєднує зони ідеального перемішування й бай пасування, ділянки ідеального перемішування й застійної зони. Циркуляційні потоки, проковзування. Застосування комбінованих моделей. Літ.: [5] с. 16-23; [9], с. 38-45	2

7	Моделювання гідравлічних систем. Завдання гідромеханіки. Основні закони гідродинамічних процесів. Основні фізичні властивості рідин. Рівняння нерозривності потоку. Рівняння руху. Режими руху рідини. Моделювання гідравлічних систем у стаціонарному режимі. Розрахунок гідравлічних мереж при паралельному і послідовному з'єднанні гідравлічних опорів. Літ.: [5] с. 23-35;	2
8	Моделювання теплообмінних та масообмінних процесів. Кінетика масообмінних процесів: перегонка, ректифікація, екстракція, абсорбція, адсорбція, сушіння, кристалізація, випал. Внутрішнє масо перенесення. Кінетика теплообмінних процесів: теплопровідність, конвекція й випромінювання. Геометричні, фізичні, початкові і граничні умови. Кінетика променевого, конвективного, складного теплообміну та теплообміну між двома теплоносіями. Теплообмінні апарати. Літ.: [5] с. 35-45; [9], с. 52-60	2
9	Математичний опис процесів хімічного перетворення. Хімічний процес. Математична модель хімічного процесу. Системи, в яких здійснюються хімічні процеси. Швидкість реакції. Механізм хімічної реакції. Прості реакції, складні реакції. Гомогенні та гетерогенні реакції. Стехіометричні і кінетичні рівняння. Літ.: [3] с. 11- 32; [9], с. 45-52	2
10	Механізм хімічної реакції. Кінетичний аналіз складних реакцій. Задачі кінетичного аналізу. Кінетичний аналіз оборотних реакцій. Паралельні реакції. Послідовні реакції. Кінетичні залежності перебігу реакцій. Складання математичної моделі хімічних реакцій. Літ.: [5] с. 45-61; [9], с. 45-52	2
11	Математичні моделі хімічних реакторів. Хімічний реактор. Класифікація реакторів. Загальний підхід до складання математичного опису хімічних реакторів із різними джерелами (стоками) речовини і теплоти. Балансові рівняння функціонування реактора. Джерела (стоки) – процеси хімічного перетворення, масообміну, теплообміну. Складання математичного опису хімічного реактора на прикладі реактора ідеального витиснення (РІВ). Літ.: [5] с. 61-77	2
12	Експериментальний метод побудови математичних моделей. Поняття експерименту. Експериментальний метод. Чорний ящик. Задача одержання математичної моделі з використанням експериментального методу. Підготовка і проведення експерименту. Пасивний експеримент. Активний експеримент. Вивчення динамічних властивостей об'єкта. Попередня обробка даних експерименту: оцифрування результатів, отриманих на паперових носіях; екстраполяція; інтерполяція; згладжування. Оцінка наявності й сили зв'язку між досліджуваними величинами. Кореляційна залежність. Форма парної кореляції. Математична статистика. Літ.: [9], с. 60-68	2
13	Елементи математичної статистики. Кореляційний аналіз і теорія ймовірності. Основні поняття кореляційного аналізу. Коефіцієнти коваріації й кореляції. Коефіцієнти кореляції Пірсона і Фехнера. Випадкові величини. Числові характеристики випадкових величин. Математичне очікування. Основні статистичні розподіли. Неперервна випадкова величина. Розподіл Стюдента. Розподіл хі-квадрат. Розподіл Фішера. Літ.: [5] с. 77-84; [9], с. 60-68	2
14	Методи планування експерименту. Поняття планування експерименту. Вимоги до відгуків і факторів. Кодування факторів. Постановка повного факторного експерименту (ПФЕ) першого порядку. Матриця планування. Обробка результатів ПФЕ. Регресійний аналіз. Адекватність рівняння регресії. Літ.: [2] с. 79-145; [4]; [5] с. 99-109; [9], с. 60-68	2
15	Оптимізація хіміко-технологічних процесів. Поняття і теорія оптимізації. Постановка задач оптимізації. Критерій оптимальності. Вибір факторів оптимізації. Аналіз обмежень на змінні процесу. Розробка моделі оптимізації. Класифікація оптимізаційних задач. Розв'язання задач безумовної оптимізації	2

	методами класичного аналізу (функції однієї змінної). Розв'язання задач безумовної оптимізації методами класичного аналізу (функції декількох змінних). Напіввизначеність матриці. Матриця Гессе. Критерій Сильвестра. Літ.: [2]; [5] с. 109-113	
16	Підбір виду функціональної залежності. Визначення параметрів залежності. Функція регресії. Математичні основи регресійного аналізу. Наближення функцій за допомогою нейронних мереж. Адаптивний суматор, нелінійний перетворювач сигналу, формальний нейрон, багат шарова мережа. Визначення адекватності математичної моделі. Оцінка експериментальних методів. Експериментально-аналітичний метод. Переваги емпіричних методів. Обмеження прогнозуючих можливостей експериментальних моделей. Рівняння Фур'є. Рекомендації з вибору методу побудови математичної моделі. Достовірність моделі. Літ.: [4]; [9], с. 68-75.	2
Разом:		32

Перелік оглядових лекцій для заочної форми здобуття освіти

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1	Побудова математичних моделей аналітичним методом. Методологія застосування аналітичного методу. Побудова математичних моделей аналітичним методом. Переваги методу. Форма запису матеріального та теплового балансу. Зображення енергетичного (теплового) балансу у вигляді математичних співвідношень. Складові рівнянь енергетичного балансу. Схема отримання математичного опису (моделі) аналітичним методом. Літ.: [9], с. 23-30	2
2	Математичний опис процесів хімічного перетворення. Хімічний процес. Математична модель хімічного процесу. Системи, в яких здійснюються хімічні процеси. Швидкість реакції. Механізм хімічної реакції. Прості реакції, складні реакції. Гомогенні та гетерогенні реакції. Стехіометричні і кінетичні рівняння. Літ.: [3] с. 11- 32; [9], с. 45-52	2
3	Експериментальний метод побудови математичних моделей. Поняття експерименту. Експериментальний метод. Чорний ящик. Задача одержання математичної моделі з використанням експериментального методу. Підготовка і проведення експерименту. Пасивний експеримент. Активний експеримент. Вивчення динамічних властивостей об'єкта. Попередня обробка даних експерименту: оцифрування результатів, отриманих на паперових носіях; екстраполяція; інтерполяція; згладжування. Оцінка наявності й сили зв'язку між досліджуваними величинами. Кореляційна залежність. Форма парної кореляції. Математична статистика. Літ.: [9], с. 60-68	2
Разом:		6

4.2. Зміст лабораторних занять

Перелік лабораторних занять для студентів денної форми здобуття освіти

№	Теми лабораторних занять	Кількість годин
1	Лабораторна робота 1. Розгляд різновидів моделей та їх класифікація. Літ.: [3] с. 11-32, [10] с. 9-13	4
2	Лабораторна робота 2. Емпірична функція розподілу. Літ.: [3] с. 11-32, [10] с. 9-13	4
3	Лабораторна робота 3. Застосування лінійних і нелінійних одно факторних моделей в хімічних технологіях Літ.: [3]; [6]; [7]	4
4	Лабораторна робота 4. Основи планування хімічного експерименту Літ.: [3]; [6]; [7]; [11]	4
5	Лабораторна робота 5. Розрахунок перебігу хімічних реакцій в реакторі Літ.: [6]; [7]; [11]	4

6	Лабораторна робота 6. Застосування методу найменших квадратів і регресійного аналізу в побудові математичних моделей Літ.: [6]; [11]	4
7	Лабораторна робота 7. Основи факторного експерименту Літ.: [8]	4
8	Лабораторна робота 8. Упорядкування математичних моделей експериментально-статистичними методами. Літ.: [8]	6
Разом:		34

Перелік лабораторних занять для студентів заочної форми здобуття освіти

№	Теми лабораторних занять	Кількість годин
1	Лабораторна робота 1. Розгляд різновидів моделей та їх класифікація Літ.: [6] с. 67-78; [7]	2
2	Лабораторна робота 2. Застосування методу найменших квадратів і регресійного аналізу в побудові математичних моделей Літ.: [6]; [11]	2
3	Лабораторна робота 3. Упорядкування математичних моделей експериментально-статистичними методами. Літ.: [8]	4
Разом:		8

4.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу, підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт, підготовці до поточного і підсумкового контролів.

Студенти заочної форми здобуття освіти виконують ще й контрольну роботу. Вимоги до її виконання та варіанти визначаються методичними рекомендаціями до виконання контрольних робіт, які кожний студент отримує на кафедрі у період настановної сесії. Крім цього до послуг студентів сторінка кафедри у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни, варіанти контрольних робіт та необхідні матеріали з її навчально-методичного забезпечення та контролю результатів навчання.

Зміст самостійної роботи студентів денної форми здобуття освіти

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1-2	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до виконання лабораторної роботи (далі – ЛР) 1.	12
3-4	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 1, підготовка до виконання ЛР 2.	14
5-6	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 2, підготовка до виконання ЛР 3. Підготовка до тестування 1 з теми 1.	16
7-8	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 3, підготовка до виконання ЛР 4. Підготовка до тестування 1 з теми 1.	12
9-10	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 4, підготовка до виконання ЛР 5.	14
11-12	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 5, підготовка до виконання ЛР 6.	14
13-14	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 6, підготовка до виконання ЛР 7. Підготовка до тестування 2 з теми 2.	16
15-17	Опрацювання лекційного матеріалу, підготовка до захисту ЛР 7, підготовка до виконання ЛР 8, підготовка до захисту ЛР 8. Підготовка до тестування 2 з теми 2.	16
Разом:		114

5. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій, зокрема: лекції (з застосування методів проблемного навчання, візуалізації), лабораторні заняття (з використанням практикумів), самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до поточного та підсумкового контролю).

Здобувачі вищої освіти при вивченні дисципліни можуть користуватись як наявним в аудиторіях кафедри комп'ютерним обладнанням, так і власними пристроями (ноутбуками, планшетами, смартфонами). Власними пристроями можна користуватися як для роботи в системі Модульного середовища, так і для доступу до зовнішніх інформаційних ресурсів, які необхідні для виконання лабораторних робіт.

6. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється як під час аудиторних занять, так і під час проведення контрольних заходів. Зокрема, при оцінюванні знань студентів використовуються такі методи контролю:

- усне опитування перед допуском до лабораторного заняття;
- оцінювання результатів захисту портфоліо лабораторних робіт;
- оцінювання контрольних робіт (відповідно до графіка проведення лабораторно-екзаменаційних сесій для студентів заочної форми здобуття освіти);
- письмове опитування (тестування).

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контрольного заходу.

Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, **не допускається** до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального балу) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який **має** академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

7. Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі.

Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторного заняття (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних робіт), активно працювати, якісно підготувати звіт (протокол роботи відповідно до теми), захистити результати виконаної роботи, брати участь у дискусіях щодо прийнятих конструктивних рішень при виконанні здобувачами лабораторних робіт тощо).

Здобувачі вищої освіти зобов'язані дотримуватися термінів виконання усіх видів робіт у встановлені терміни, передбачених Робочою програмою навчальної дисципліни. Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті.

Пропущене лабораторне заняття здобувач зобов'язаний відпрацювати в лабораторіях кафедри у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних занять у семестрі.

Лабораторні роботи виконуються індивідуально або групами, згідно з варіантами, що представлені у методичних вказівках до лабораторних робіт.

Здобувач вищої освіти, виконуючи лабораторну роботу, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, підказки, плагіат, використання штучного інтелекту (без відповідного цитування). У разі наявності плагіату, здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати лабораторну роботу згідно із його варіантом. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється тестуванням.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти. Порядок зарахування результатів навчання, здобутих у неформальній (інформальній) освіті здійснюється згідно Положення про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у Хмельницькому національному університеті.

8. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із призначених робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця (робота) може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються** та **не толеруються**.

Отриманий здобувачем бал за зарахований вид навчальної роботи (структурну одиницю) після її оцінювання викладач виставляє в електронному журналі обліку успішності здобувачів вищої освіти. За умови виконання усіх видів навчальної роботи за результатами поточного контролю протягом вивчення навчальної дисципліни, встановлених її Робочою програмою, здобувач денної форми здобуття освіти з навчальної дисципліни, підсумковим контролем для якої є іспит, може набрати до 60 балів (здобувач заочної форми – до 50 балів). Позитивну підсумкову оцінку здобувач може отримати, якщо за результатами поточного та підсумкового контролів набере від 60 до 100 балів.

Семестрова підсумкова оцінка розраховується в автоматизованому режимі в інформаційній підсистемі «Електронний журнал» (ІС «Електронний університет») і відповідно до накопиченої суми балів визначається оцінка за інституційною шкалою та шкалою ЄКТС (див. таблицю Співвідношення...), яка заноситься в екзаменаційну відомість, а також до Індивідуального навчального плану здобувача вищої освіти.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти викладач користується наведеними нижче критеріями:

Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти

Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей	Узагальнений критерій
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу з дисципліни, вміло використовує понятійний апарат, спеціальну термінологію; легко орієнтується у складних теоретичних питаннях та здатний пов'язувати теорію з практикою, впевнено висловлює і обґрунтовує свої судження. Здобувач надає логічні, послідовні та аргументовані відповіді, здатні пояснити механізми та взаємозв'язки явищ. Уміє застосовувати знання в нових ситуаціях, знаходити оптимальні рішення, робити розгорнуті узагальнення і висновки. Допускає дві–три несуттєві <i>похибки</i> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом і фаховою термінологією, здатний відтворити ключові положення, основні закономірності і процеси та використовувати їх на практиці; у змісті і формі відповіді можуть мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання закономірностей, висновки недостатньо обґрунтовані. Здобувач у відповіді допустив дві–три <i>несуттєві помилки</i> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив фрагментарні знання основного теоретичного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, має труднощі із логічною послідовністю та системністю викладу. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент допускає неточності і <i>суттєві помилки</i> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання, висновки недостатньо чіткі. Здобувач набув навичок, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекидає їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати теоретичні знання на практиці. Рівень підготовки не відповідає вимогам, тому як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачу, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення дисципліни.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти

Аудиторна робота								Контрольні заходи		Семестровий контроль	Разом
Лабораторні роботи №:								Тестовий контроль		Іспит	
1	2	3	4	5	6	7	8	T*1	T2		
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)											
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	6-10	6-10	24-40	60-100**
24-40								12-20			

Примітки: *Т – тема навчальної дисципліни;

**За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів заочної форми здобуття освіти у семестрі

Аудиторна робота			Самостійна, індивідуальна робота		Семестровий контроль		Разом
Лабораторні роботи №:			Тестовий контроль	Контрольна робота	Іспит		
1	2	3	Т*1-2	Якість виконання			
Кількість балів за кожний вид навчальної роботи (мінімум-максимум)							
3-5	3-5	3-5	6-10	15-25	30-50	60-100**	
9-15							

Примітки: *Т – тема навчальної дисципліни;

**За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

Оцінювання якості виконання контрольної роботи студентами заочної форми здобуття освіти

Контрольна робота передбачає виконання трьох завдань – двох теоретичних і одного практичного. Варіанти контрольних робіт і зміст завдань і наводяться у Методичних рекомендаціях до виконання контрольної роботи. При оцінюванні контрольної роботи враховуються: повнота відповіді на теоретичні питання та якість виконання. Кожне з теоретичних питань оцінюється від 3 до 5 балів, практичне завдання – від 9 до 15, загальна сума балів на позитивну оцінку становить від 15 до 25.

Розподіл балів при оцінюванні завдань контрольної роботи

Види завдань	Кількість балів для певного рівня досягнення результатів навчання		
	Достатній	Середній	Високий
Теоретичне питання № 1	3	4	5
Теоретичне питання № 2	3	4	5
Теоретичне питання №3	9	12	15
Всього балів	15		25

Примітка. *Позитивний бал за контрольну роботу, відмінний від мінімального (15 балів) та максимального (25 балів), знаходиться в межах 16-24 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) контрольної роботи

Кожне завдання контрольної роботи здобувача вищої освіти оцінюється викладачем з використанням таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти).

Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких елементів: усне опитування перед допуском до виконання лабораторної роботи; знання теоретичного матеріалу з теми; якість оформлення протоколу; вміння здобувача обґрунтувати прийняті технологічні рішення; своєчасний захист лабораторної роботи.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється від 3 до 5 балів відповідно до таблиці критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти).

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому *не зараховується* і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методику її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

Оцінювання результатів навчання з теоретичного матеріалу (тестовий контроль)

Кожен з двох тестів для студентів *денної* форми, а також тест для студентів *заочної* форми здобуття освіти, передбачені Робочою програмою, складаються із 20 тестових завдань, кожне з яких є рівнозначним. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 10.

Відповідно до таблиці структурування видів робіт, за тематичний контроль здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 6 до 10 балів.

Таблиця – Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання:

Кількість правильних відповідей	0-11	12-13	14	15-16	17	18-20
Відсоток правильних відповідей	0-59	60-65	66-72	73-82	83-89	90-100
Кількість отриманих балів	0	6	7	8	9	10

На тестування відводиться 25 хвилин. Студент може пройти тестування в он-лайн режимі у Модульному середовищі для навчання. Тестування здобувачів вищої освіти у Модульному середовищі для навчання автоматично оцінюються за критеріями оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**). При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну наступного контролю.

Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за поєднання *теоретичної* (тестування, 50 питань) та *практичної* частини. Максимальний бал, який може отримати здобувач денної форми складає 40 балів, заочної форми – 50 балів.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (для *денної* форми здобуття освіти)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретична частина (тест)	12	16	20
Практична частина	12	16	20
Разом:	24		40

Примітка. *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (для *заочної* форми здобуття освіти)

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань		
	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретична частина (тест)	12	16	20
Практична частина	18	24	30
Разом:	30		50

Примітка. *Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (30 балів) та максимального (50 балів), знаходиться в межах 31-49 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

При цьому відповідність набраних балів за теоретичну частину (тест), що виставляються здобувачеві (**50 тестових питань, мінімум – 12 балів, максимум – 20 балів**), становить:

Кількість правильних відповідей	0-33	34-35	36-37	38-39	40-41	42-43	44-45	46-47	48-49	50
Кількість отриманих балів	-	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Для кожного окремого виду завдань підсумкового семестрового контролю застосовуються критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти (**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**).

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС встановлюється в автоматизованому режимі після внесення викладачем усіх оцінок до електронного журналу.

Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені у таблиці.

Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС

Оцінка ЄКТС	Інституційна інтервальна шкала балів	Інституційна шкала, критерії оцінювання	
A	90-100	Зараховано	Відмінно/Excellent – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		Добре/Good – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		Задовільно/Satisfactory – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	Незадовільно /Fail – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		Незадовільно/Fail – Результати навчання відсутні

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного та підсумкового контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

9. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. В чому полягає істотна особливість хіміко-технологічних процесів?
2. Що являють потоки речовин які приймають участь в процесах хімічної технології?
3. В чому складається істотна особливість хіміко-технологічних процесів?
4. В чому полягає суть моделювання?
5. Що таке моделювання?
6. Коли може бути отримана реальна користь від моделювання?
7. За якими головними цілями може здійснюватися моделювання?
8. На скільки класів залежно від способу реалізації можна розділити всі моделі?
9. Які види математичного моделювання розрізняють?

10. На чому базується опис об'єктів і систем?
11. Що таке адекватність? Назвіть найбільш важливий ряд властивостей якими володіють моделі, від яких залежить успіх їхнього застосування?
12. Назвіть ряд рівняв ієрархії ефектів.
13. Проведіть класифікацію моделей.
14. Що таке матеріальні моделі?
15. Що таке ідеальні моделі?
16. Що таке матеріальне моделювання?
17. Що таке нескінчене сповільнення?
18. В чому закладається Парадокс Д'Аламбера?
19. Які явища описують рівняння Лапласа?
20. На які різновиди поділяється матеріальне моделювання?
21. Як проводиться математичний опис для будь-якого з виходів системи? Навести два основних підходи до опису систем.
22. Що являє собою емпіричний підхід до вирішення задач.
23. Що являє собою структура математичного опису при структурному підході?
24. Яким чином можна описувати емпіричні моделі?
25. Що таке точність моделей?
26. Що таке параметри моделі?
27. Як проводиться оцінка значущості рівняння лінійної регресії?
28. Що називають кореляцією двох випадкових величин?
29. Які ознаки вважають статистично незалежними?
30. Яка задача основного експерименту?
31. Що таке фактор? Що таке рівень фактору?
32. Як проводиться кодування факторів?
33. Для чого використовується узагальнений параметр оптимізації?
34. Як визначаються коефіцієнти моделі для узагальненого параметра?
35. Що характерно для сучасного підходу до оптимізації?

10. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів» забезпечений необхідними навчально-методичними матеріалами, що розміщені в Модульному середовищі для навчання MOODLE:

1. Курс «Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів». URL: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=395>
2. Методичні вказівки до лабораторних робіт та самостійної роботи для студентів денної форми здобуття освіти з дисципліни «Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів». URL: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=395>
3. Методичні вказівки до лабораторних робіт та контрольної роботи для студентів заочної форми здобуття освіти з дисципліни «Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів». URL: <https://msn.khmnu.edu.ua/course/view.php?id=395>

11. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: ПК, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій, проєктор.

Програмне забезпечення: програми Microsoft Office або аналогічні, MathCad, доступ до мережі Інтернет, робота з презентаціями.

12. Рекомендована література

Основна:

1. Балтовський О.О., Форос Г.В, Сіфоров О.І. Основи математичного моделювання / за заг. ред. д.т.н., доц. О.А. Балтовського. Одеський держ. університет внутр. довідок, 2023. 125 с.
2. Моделювання систем: навчальний посібник / укл. К. Х. Зеленський, Є. А. Настенко, В. А. Павлов. К: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 295 с.
3. Денисюк Р.О. Хімічна технологія: підручник. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2017. 350 с.
4. Огірко О.І., Галайко Н.В. Теорія ймовірностей та математична статистика: навчальний посібник. Львів: ЛьвДУВС, 2017. 292 с
5. Шаршанов А.Я. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології: курс лекцій з дисципліни для підготовки фахівців освітнього рівня бакалавр спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Харків: НУЦЗУ, 2017. 124 с.

Додаткова:

6. Математичне моделювання хіміко-технологічних процесів. Комп'ютерний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: А. О. Абрамова. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 114 с.
7. Моделювання хіміко-технологічних процесів. Лабораторний практикум: навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: Ю. А. Запорожець, С.Л. Мердух, С.В. Плашихін. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 133 с
8. Солдаткіна Л. М., Перлова О. В. Планування та оптимізація хімічних досліджень : метод. вказівки до практичних занять з дисципліни «Комп'ютерне моделювання і оптимізація хімічних досліджень». Одеса : ОНУ ім. І.І. Мечникова, 2022. 40 с.
9. Онищук О.О., Кормош Ж.О. Математичне моделювання та застосування ЕОМ в хімічній технології. Конспект лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 76с.
10. Красніков І.Л. та ін.. Математичне моделювання об'єктів керування хімічних і фармацевтичних виробництв : навч. посібник / ред. А. К. Бабіченко. Харків: ТОВ «С.А.М.», 2015. 224 с.
11. Шаршанов А.Я. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології: методична розробка для проведення лабораторних занять з навчальної дисципліни для підготовки фахівців освітнього рівня бакалавр спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія». Харків:НУЦЗУ, 2017, 33 с.

13. Інформаційні ресурси:

1. Електронна бібліотека університету. [Електронний ресурс]. – Доступ до ресурсу: <http://library.khmnu.edu.ua/>.
2. Інституційний репозитарій ХНУ. [Електронний ресурс]. – Доступ до ресурсу: <http://elar.khmnu.edu.ua/jspui/?locale=uk>.
3. Модульне середовище для навчання. [Електронний ресурс]. – Доступ до ресурсу: <https://msn.khmnu.edu.ua/>.