

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій
Кафедра хімії і хімічної технології



УЗГОДЖЕНО
Декан ФЕБІТ

Ірина Матвєєва
Ірина МАТВЄЄВА
«20» 10 2022 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з навчальної роботи
Анатолій Полухін
Анатолій ПОЛУХІН
«24» 10 2022 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»

Освітньо-професійні програма:

«Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів»

«Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

Галузь знань: 16 «Хімічна та біоінженерія»

Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»


Форма навчання	Сем.	Усього (год. / кредитів ECTS)	ЛКЦ	ПР.З	Л.З	СРС	ДЗ / РГР / К.р	КР / КП	Форма сем. контролю
Денна	8	135/4,5	30	30	-	75	ДЗ – 8с	-	екзамен-8с
Заочна	8,9	135/4,5	8	6	-	121	К.р. – 9с.	-	екзамен-9с

Індекс: НБ-3-161-1/21-2.1.16

Індекс: НБ-3-161-2/21-2.1.16

Індекс: НБ-3-161-1з/21-2.1.16

СМЯ НАУ РП 10.02.02-01-2022

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 2 із 16	




Робочу програму навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології» розроблено на основі освітньо-професійних програм «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів», «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів», навчальних та робочих навчальних планів №НБ-3-161-1/21, №РБ-3-161-1/22, НБ-3-161-1з/21, РБ-3-161-1з/22, №НБ-3-161-2/21, №РБ-3-161-2/22 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробили:
 професор кафедри хімії і хімічної технології
 старший викладач
 кафедри хімії і хімічної технології

 Віталій ЧУМАК
 Тетяна КРАВЧУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійних програм «Хімічні технології палива та вуглецевих матеріалів», «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» – кафедри хімії і хімічної технології, протокол № 7 від «22» 08 2022 р.


Гарант освітньо-професійної програми
 Гарант освітньо-професійної програми

 Валерій ЄФИМЕНКО
 Антоніна КУСТОВСЬКА
 Завідувач кафедри  Антоніна КУСТОВСЬКА

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету екологічної безпеки, інженерії та технологій, протокол № 1 від «07» 09 2022 р.


Голова НМРР  Валентина ГРОЗА

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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 3 із 16	

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.....	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	5
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	5
2. Програма навчальної дисципліни	6
2.1. Зміст навчальної дисципліни.....	6
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля.....	6
2.3. Тематичний план.....	9
2.4. Домашнє завдання та завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН).....	10
2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену	10
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	11
3.1. Методи навчання	11
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	11
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернеті	12
4. Рейтингова система оцінювання набутих студентом знань та вмінь	12

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 4 із 16	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення та оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 №249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни.

Місце навчальної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця
Дана дисципліна є теоретичною основою сукупності знань та вмінь, що формують хімічну спеціалізацію фахівця в області хімічної технології палива та вуглецевих матеріалів.

Метою викладання дисципліни є формування фундаментального світогляду спеціаліста в області хімічної технології палива і вуглецевих матеріалів, та закріплення теоретичних основ математичного моделювання та оптимізації об'єктів хімічної технології. Знання з даної фундаментальної науки необхідні для творчої діяльності фахівця будь-якої природничої спеціальності.

Завданнями вивчення навчальної дисципліни є:

- формування наукового світогляду студента, розвитку у нього сучасних форм мислення і вміння працювати на перспективу.


освоєння основних знань щодо загальних підходів до математичного моделювання та оптимізації об'єктів хімічної технології, сучасного стану наукового та технологічного розвитку моделювання об'єктів хімічної технології, оволодінням навичками для майбутньої професійної виробничо-технологічної, проектно-конструкторської, науково-дослідної та організаційно-управлінської діяльності.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна.

- ПРН2. Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;

- ПРН5. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики;

- ПРН8. Використовувати сучасну обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 5 із 16	

розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв;

- ПРН9. Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії;

- ПРН14. Використовувати набуті теоретичні і практичні знання для вирішення задач по синтезу і використанню паливно-мастильних матеріалів

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна.

- ІК. Здатність вирішувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми хімічних технологій та інженерії, що передбачає застосування теорій та методів хімічних технологій та інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;

- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

- ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;

- ФК2. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції;

- ФК6. Здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії;

1.4. Міждисциплінарні зв'язки.


Дана дисципліна базується на знаннях таких дисциплін як «Вища математика», «Обчислювальна математика в хімічній технології», «Моделювання фізико-хімічних властивостей вуглеводневих систем» та є базою для вивчення подальших дисциплін, а саме: «Загальної хімічної технології», «Основ проектування хімічних виробництв», «Економіка, організація та управління хімічних підприємств» та для виконання кваліфікаційної роботи.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

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

– навчального модуля №1 «Моделювання кінетики хімічних процесів, що перебігають в реакторах»;

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 6 із 16	

- навчального модуля №2 «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів ХТС», кожен з яких є логічною завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

Модуль №1 «Моделювання кінетики хімічних процесів, що перебігають в реакторах»

Інтегровані вимоги модуля №1:

Знати: основи математичного моделювання, основні поняття хімічної кінетики, особливості застосування методу Ейлера до моделювання кінетики хімічних реакцій.

Вміти: застосовувати метод Ейлера для моделювання кінетики ізотермічних хімічних реакцій, кінетики неізотермічних хімічних реакцій та процесів, що відбуваються в реакторах ідеального змішування та витіснення.

Тема 1. Вступ. Основні поняття хімічної кінетики.

Хімічна кінетика. Кінетичні дослідження. Механізм реакції. Кінетика гомогенних реакцій. Кінетика гетерогенних реакцій.

Тема 2. Швидкість хімічної реакції та проведення кінетичних досліджень.


Поняття швидкості хімічної реакції. Кінетичні криві. Середня швидкість хімічної реакції. Істинна швидкість хімічної реакції. Константа швидкості хімічної реакції. Фізичний зміст константи швидкості хімічної реакції.

Тема 3. Суть методу Ейлера та застосування його до моделювання кінетики ізотермічних хімічних реакцій.

Чисельні методи. Задача Коші. Ламана Ейлера. Стійкість методу Ейлера. Похибка апроксимації. Вплив похибки розрахунку на точність отриманих результатів. Модифікації методу Ейлера другого порядку точності.

Ізотермічні хімічні реакції. Швидкість хімічної реакції. Закон діючих мас. Кінетичне рівняння реакції. Кінетична модель гомогенної хімічної реакції. Застосування методу Ейлера до моделювання кінетики ізотермічних хімічних реакцій.

Тема 4. Правило Вант-Гоффа і вивчення впливу температури на швидкість хімічної реакції. Основні принципи і допущення при моделюванні кінетики хімічних реакцій.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 7 із 16	

Правило Вант-Гоффа. Вплив температури на швидкість хімічної реакції.

Класифікація хімічних реакцій за тепловим ефектом. Допущення при моделюванні ізотермічних хімічних реакцій. Допущення при моделюванні кінетики хімічних реакцій.

Тема 5. Теоретичні основи моделювання кінетики неізотермічних хімічних реакцій.

Неізотермічні хімічні реакції. Тепловий ефект реакції. Залежність константи швидкості від температури. Емпіричне правило Арреніуса. Експоненціальна форма рівняння Арреніуса. Допущення при моделюванні хімічних реакцій, що супроводжуються тепловим ефектом. Енергія активації хімічної реакції. Диференціальне рівняння теплового балансу. Математична модель неізотермічного процесу.

Тема 6. Загальна класифікація і основні особливості різних видів хімічних реакторів.

Гомогенні і гетерогенні реактори. Реактори періодичної, неперервної і напівнеперервної дії. Класифікація реакторів за режимом руху, за тепловим режимом, за конструктивними ознаками.

Тема 7. Теоретичні основи моделювання перебігу хімічних реакцій в реакторі ідеального змішування.

Реактор ідеального змішування (РІЗ). Основні параметри РІЗ. Зміна кількості речовини в РІЗ. Рівняння матеріального балансу РІЗ. Рівняння теплового балансу РІЗ. Рівняння кінетики в РІЗ.

Тема 8. Теоретичні основи моделювання перебігу хімічних реакцій в реакторі ідеального витіснення.


Реактор ідеального витіснення (РІВ). Основні параметри РІВ. Зміна кількості речовини в РІВ. Рівняння матеріального балансу РІВ. Рівняння теплового балансу РІВ. Рівняння кінетики в РІВ.

Модуль №2 «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів ХТС»

Інтегровані вимоги модуля №2:

Знати: основи моделювання хіміко-технологічних процесів і систем, елементи теорії експерименту, оптимізацію моделей хіміко-технологічного процесу.

Вміти: самостійно будувати математичні моделі хіміко-технологічних процесів, застосовувати основні елементи теорії експерименту при побудові математичних моделей та розрахунках, проводити оптимізацію побудованих математичних моделей.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 8 із 16	

Тема 1. Поняття моделювання та класифікація моделей.

Моделювання. Умови моделювання. Цілі і завдання моделювання. Вимоги до моделі. Класифікація моделей. Уявні моделі. Матеріальні моделі.

Поняття математичної моделі. Динамічні та статичні моделі. Детерміновані та статистичні моделі.

Тема 2. Методи складання математичних моделей.

Побудова математичного опису. Дослідження математичної моделі. Прийняття оптимальних рішень. Основні етапи побудови моделі.

Емпіричний метод. Експериментально-аналітичний метод. Теоретичний метод. Пасивний експеримент. Активний експеримент. Планування експерименту.

Тема 3. Модель реактора ідеального змішування.

Особливості моделі реактору ідеального змішування. Модель РІЗ для опису стаціонарного режиму. Модель РІЗ при перебігу деяких реакцій.

Класифікація параметрів моделі РІЗ. Технологічні, конструктивні, фізичні параметри. Параметри, які характеризують реакцію. Модель Різ у безрозмірному вигляді. Q – T діаграма і стійкість стаціонарних режимів РІЗ.

Тема 4. Модель реактора ідеального витиснення.

Характерна особливість реактору ідеального витиснення (РІВ). Рівняння матеріального балансу РІВ. Рівняння енергетичного балансу РІВ. Рівняння кінетики РІВ.

Дослідження РІВ. Зміна ступеня перетворення при ізотермічному режимі. Зміна ступеня перетворення при адіабатичному режимі. Порівняння РІЗ та РІВ. Коміркова модель.

Тема 5. Модель каталітичного реактору.

Характеристика процесу, що тече в зерні каталізатора. Процеси переносу. Системний та еволюційний способи виділення рівнів складного процесу.


Структурний аналіз. Кінетична модель. Модель процесу на одинарному зерні каталізатору. Теоретична оптимізація. Рівняння ізотермічного процесу в зерні каталізатору.

Моделювання процесу в шарі каталізатору. Матеріальний і тепловий баланси в газовій фазі. Матеріальний і тепловий баланси в твердій фазі.

Тема 6. Постановка задачі оптимізації та визначення цільової функції.

Вибір параметра оптимізації. Область визначення параметру оптимізації. Вимоги до параметру оптимізації. Якісні та кількісні фактори, що визначають процес. Сумісність та незалежність факторів.

Поверхня відгуку та рівняння регресії. Факторний простір.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 9 із 16	

Тема 7. Методи вирішення задач оптимізації.


Етапи планування екстремального експерименту. Геометричний погляд на розв'язування задач оптимізації. Властивості поверхні відгуку.

Метод Зайделя-Гаусса. Недоліки оптимізації за Зайделем-Гауссом.

Математичні методи планування. Градієнтні методи визначення екстремуму функції. Властивості методу найшвидшого спуску. Повний факторний експеримент.

2.3. Тематичний план.

№ пор	Назва теми (тематичного розділу)	Обсяг навчальних занять (год.)				Обсяг навчальних занять (год.)			
		Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС	Усього	Лекції	Практ. заняття	СРС
Модуль №1 «Моделювання кінетики хімічних процесів, що перебігають в реакторах»									
1.1	Вступ. Основні поняття хімічної кінетики	8 семестр				8 семестр			
		5	2	-	3	2	-	-	2
1.2	Швидкість хімічної реакції та проведення кінетичних досліджень.	9	2	2	5	4	1	-	3
1.3	Суть методу Ейлера та застосування його до моделювання кінетики ізотермічних хімічних реакцій.	9	2	2	5	4	1	-	3
1.4	Правило Вант-Гоффа і вивчення впливу температури на швидкість хімічної реакції. Основні принципи і допущення при моделюванні кінетики хімічних реакцій	9	2	2	5	4	-	-	4
1.5	Теоретичні основи моделювання кінетики неізотермічних хімічних реакцій	9	2	2	5	4	1	-	3
1.6	Загальна класифікація і основні особливості різних видів хімічних реакторів.	9	2	2	5	4	1	-	3
1.7	Теоретичні основи моделювання перебігу хімічних реакцій в реакторі ідеального змішування	9	2	2	5	4	-	-	4
1.8	Теоретичні основи моделювання перебігу хімічних реакцій в реакторі ідеального витіснення	9	2	2	5	4	-	-	4
1.9	Модульна контрольна робота №1	4	-	2	2	-	-	-	-
Усього за модулем №1		72	16	16	40	30	4	-	26

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 10 із 16	

Усього за 8 семестр		-	-	-	-	30	4	-	26
Модуль №2 «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів ХТС»									
2.1	Поняття моделювання та класифікація моделей	8 семестр				9 семестр			
		5	2	-	3	7	-	-	7
2.2	Методи складання математичних моделей	7	2	2	3	14	1	1	12
2.3	Модель реактора ідеального змішування	7	2	2	3	16	1	2	13
2.4	Модель реактора ідеального витиснення	8	2	2	4	14		-	14
2.5	Модель каталітичного реактору	8	2	2	4	14		-	14
2.6	Постановка задачі оптимізації та визначення цільової функції.	8	2	2	4	16	1	1	14
2.7	Методи вирішення задач оптимізації	8	2	2	4	16	1	2	13
2.8	Модульна контрольна робота №2	4	-	2	2	-	-	-	-
2.9	Домашнє завдання	8	-	-	8	-	-	-	-
2.10	Контрольна робота (Домашня)	-	-	-	-	8	-	-	8
Усього за модулем №2		63	14	14	35	-	-	-	-
Усього за 8 семестр		135	30	30	75	-	-	-	-
Усього за 9 семестр		-	-	-	-	105	4	6	95
Усього за навчальною дисципліною		135	30	30	75	135	8	6	121

2.4. Домашнє завдання та завдання на контрольну (домашню) роботу (ЗФН).


Мета домашнього завдання полягає у вивченні та засвоєнні теоретичного і практичного матеріалу тем модуля №2, а саме: методів складання математичних моделей, моделей реакторів ідеального змішування, витиснення та каталітичного реактору, проведення моделювання об'єктів хімічної технології та хіміко-технологічних процесів в цілому за допомогою пакетів прикладних програм.

Час, потрібний для виконання домашнього завдання – 8 годин самостійної роботи.

Завдання для виконання розробляються автором робочої програми. Навчальні матеріали затверджуються протоколом засідання випускової кафедри, доводяться до відома студента індивідуально і виконуються відповідно до методичних рекомендацій.

2.5. Перелік питань для підготовки до екзамену

Перелік питань та зміст завдань для підготовки до екзамену розробляються провідним викладачем кафедри відповідно до робочої

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 11 із 16	

програми, затверджується на засіданні кафедри та доноситься до відома студентів.

3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

Для активізації навчально-пізнавальної діяльності студентів під час вивчення дисципліни використовуються методи індуктивної та дедуктивної бесіди; методи дискусії та мозкового штурму при виконанні лабораторних робіт; всі лекції проводяться з використанням мультимедійних засобів навчання; лабораторні роботи проводяться шляхом вирішення поставленої проблеми, таким чином, що студенти самостійно з деякими підказками викладача вирішують поставлену перед ними проблему, при цьому можливою є робота у «малих групах» з конкуренцією між ними, що підвищує швидкість вирішення задач.

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Ghasem, N. (2018). Modeling and Simulation of Chemical Process


Systems (1st ed.). CRC Press, p.518, <https://doi.org/10.1201/b22487>

3.2.2. Мисюра Т. Г. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології [Електронний ресурс]: курс лекцій для здобувачів освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія» освітньо-професійної програми «Хімічна технологія» денної та заочної форм навчання/ Т. Г. Мисюра, Н. В. Попова, — К.: НУХТ, 2020. — 234 с

3.2.3. Обод, Г.Е. Заволодько, І.В. Свид. Математичне моделювання систем: навчальний посібник. / За редакцією І.І. Обода – Харків : НТУ «ХПІ», Друкарня МАДРИД, 2019. – 268 с

3.2.4. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу «Оптимізація об'єктів хімічних технологій» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / уклад. В. В. Брем, Ю. М. Єпутатов, О. В. Макаров, О. А. Борщ ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". – Одеса, 2021. – 54 с.

3.2.5. Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічних технологій: лабораторний практикум / уклад. : В. Л. Чумак, М. П. Кравчук, Т. В. Кравчук. – К. : НАУ, 2021. – 76 с.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 12 із 16	

3.2.6. M. Chidambaram. Mathematical Modelling and Simulation in Chemical Engineering. Cambridge University Press, ISBN 978-1-108-47040-7, Hardback, p.246, 2018. Downloaded from <https://www.cambridge.org/core>

Допоміжна література

3.2.7. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу "Математичне моделювання та оптимізація об'єктів в хімічній технології". Ч. 1 : для здобувачів вищ. освіти за спец. 161 – Хім. технології та інженерія / уклад. В. В. Брем, Ю. М. Єпутатов, О. В. Макаров, О. А. Борщ ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". – Одеса, 2021. – 45 с.

3.2.8. Математичне моделювання нерівноважних процесів у складних системах / Білушак Ю., Гайвась Б., Гера Б. та інші. Під ред. Є. Чаплі. – Центр математичного моделювання Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С.Підстригача НАН України. – Львів: Растр – 7, 2019. – 256 с. (13,52) – тираж 300. – ISBN 978-617-7726-67-7.

3.2.9 Методичні вказівки до курсової роботи по курсу "Математичне моделювання та оптимізація об'єктів в хімічній технології" для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / уклад. В. В. Брем, Ю. М. Єпутатов, О. В. Макаров, О. А. Борщ ; Держ. ун-т "Одес. політехніка". – Одеса, 2021. – 37 с.

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. <https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/44475/5.pdf>.


3.3.2. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-77254-2_66

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ СТУДЕНТОМ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

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

Таблиця 4.1

Вид навчальної роботи	Мак кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Модуль № 1 «Моделювання кінетики хімічних процесів, що перебігають в реакторах»		

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 13 із 16	

	8 семестр	8 семестр
Виконання та захист практичних робіт	24 б.	-
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 студент має набрати не менше</i>	<i>15 балів</i>	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	12 б.	-
Усього за модулем № 1	36	-
Модуль №2 «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів ХТС»		
	8 семестр	9 семестр
Виконання та захист практичних робіт	24 б.	32 б.
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №2 студент має набрати не менше</i>	<i>15 балів</i>	-
Виконання модульної контрольної роботи №2	12 б.	-
Виконання домашнього завдання	8 б.	-
Виконання контрольної (домашньої) роботи	-	28 б.
Усього за модулем № 2	44	-
Усього за модулями №1 і №2	80	-
Семестровий екзамен	20	40
Усього за 8 семестр	100	-
Усього за 9 семестр	-	100
Усього за дисципліною	100	100


4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються студенту, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 1).

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

4.4. Сума підсумкової семестрової модульної та екзаменаційної рейтингових оцінок, у балах становить підсумкову семестрову рейтингову оцінку, яка перераховується в оцінки за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 4).

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

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

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 14 із 16	

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

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

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

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

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

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

(Ф 03.02 – 03)

АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

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

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
«Математичне моделювання та
оптимізація об'єктів хімічної
технології»

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 10.02.02-02-2022

Стор. 15 із 16

Додаток 1

**Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою
(рекомендовані значення)**

Оцінка у балах													Оцінка за національною шкалою
3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	Відмінно
2,5	3	4	5	6	6-7	7-8	8	9	9-10	10-11	11-12	12-13	Добре
2	2,5	3	4	4-5	5	6	6-7	7-8	7-8	8-9	9-10	9-11	Задовільно


Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27	Відмінно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-21	19-22	20-23	20-24	Добре
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39	Відмінно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34	Добре
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51	Відмінно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-45	Добре
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63	Відмінно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56	Добре
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46	Задовільно

Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	68-75	Відмінно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67	Добре
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55	Задовільно
Оцінка у балах												Оцінка за національною шкалою
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87	Відмінно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77	Добре
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64	Задовільно

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни «Математичне моделювання та оптимізація об'єктів хімічної технології»	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 10.02.02-02-2022
		Стор. 16 із 16	

Додаток 2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах
оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)