



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Теорія конструювання реакторів та апаратів в харчових, переробних та хімічних виробництвах

Шифр та назва спеціальності

Інститут

ННІ Механічної інженерії і транспорту

Спеціалізація

Кафедра

Хімічна техніка та промислова екологія (154)

Освітня програма

Тип дисципліни

Вибіркова

Рівень освіти

Перший (бакалаврський)

Форма навчання

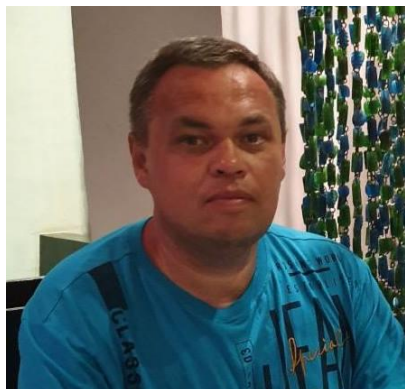
Денна, заочна

Семестр

Мова викладання

Українська

Викладачі, розробники



Шкоп Андрій Олександрович

Andrii.Shkop@mit.khpi.edu.ua

к.т.н., старший викладач

Досвід практичної роботи – 30 років. Автор та співавтор понад 50 наукових та навчально-методичних праць, серед яких 14 публікацій у наукових виданнях, що включені до наукометричної бази Scopus, 1 підручник, 4 навчально-методичних посібника. Співавтор 7 патентів.

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

В курсі розглядаються основні положення за теорією і розрахунку хімічних реакторів; розглядаються основні теоретичні відомості про хімічні реактори з ідеальною та неідеальною структурами потоку, розглядаються алгоритми розрахунків матеріальних та теплових балансів реакторів.

Мета та цілі дисципліни

Сформувати у здобувачів системні знання та практичні вміння з теорії та конструювання реакторів і суміжних апаратів для харчових, переробних та хімічних виробництв. .

Формат занять

Лекції, практичні заняття, консультації. Індивідуальне завдання - розрахункове завдання.
Підсумковий контроль - залік.

Компетентності

Здатність обирати та обґрунтовувати конструкції реакторів і апаратів для хімічних, переробних та харчових виробництв.

Здатність добирати конструкційні матеріали й базову компоновку обладнання з урахуванням вимог безпеки та умов процесу.

Здатність інтегрувати реактор у технологічну схему та узгоджувати його з допоміжним обладнанням.

Результати навчання

Знати основні підходи до конструювання та розрахунку реакторів і апаратів.

Уміти визначати тип реактора, орієнтовні параметри його роботи (об'єм, продуктивність) та умови експлуатації.

Уміти оцінювати поведінку потоку в реакторі й робити висновки щодо конструктивних та режимних рішень.

Уміти включати реактор у технологічну схему з урахуванням вимог безпеки та якості продукту.

Обсяг дисципліни

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредита ECTS): лекції – 32 год., практичні роботи – 16 год., самостійна робота – 72 год.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички на рівні повної загальної середньої освіти.

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться інтерактивно з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовуються репродуктивні та проблемно-пошукові методи навчання.

Програма навчальної дисципліни

Навчальні заняття

Лекції

Теми лекцій	Кількість годин
Тема 1. Фундаментальні поняття та класифікація хімічних реакторів Основні типи хімічних реакторів та їх класифікаційні ознаки. Реактори для гомогенних і гетерогенних процесів. Принципи поділу реакторів за режимом роботи, структурою потоку, фазовим станом реагентів та наявністю каталізатора..	2
Тема 2. Кінетичні основи хіміко-технологічних процесів Поняття швидкості реакції; вплив температури, концентрацій та каталізу. Ключові показники процесу: конверсія, селективність, вихід.	2
Тема 3. Матеріальні та теплові баланси хімічних реакторів Балансові співвідношення типу «вхід-вихід-накопичення» для стаціонарних систем. Теплові ефекти реакцій та їхній вплив на вибір і експлуатацію обладнання.	2

Тема 4. Ідеалізовані гідродинамічні моделі реакторів Реактор ідеального змішування (CSTR) та реактор ідеального витіснення (PFR): припущення, характеристика потоків, сфери застосування.	2
Тема 5. Реактори з неідеальною структурою потоку Причини відхилень від ідеальної гідродинаміки. Каскад CSTR як інженерна апроксимація PFR та реальних потоків. Узагальнені підходи до опису неідеальності.	2
Тема 6. Розподіл часу перебування (RTD) у реакторах Зміст і інтерпретація функцій $E(t)$ та $F(t)$. Використання RTD для аналізу роботи апарата та прийняття інженерних рішень.	2
Тема 7. Оцінювання об'єму та продуктивності хімічних реакторів Критерії вибору об'єму та часу перебування. Зв'язок із кінетичними характеристиками, структурою потоку та вимогами до якості продукту.	2
Тема 8. Реакторні системи та каскади реакторів Послідовні, паралельні й рециркуляційні схеми; вплив каскадування на конверсію та селективність. Приклади застосування у харчових і переробних виробництвах: ферментація, гідроліз, нейтралізація.	2
Тема 9. Теплові режими та стабільність роботи реакторів Екзотермічні та ендотермічні процеси; виникнення локальних перегрівів і методи їх запобігання; забезпечення стабільності температурного режиму в біореакторах і недопущення термоденатурації білків та ферментів.	2
Тема 10. Конструктивні типи хімічних реакторів Апаратні рішення для гомогенних, гетерогенних і каталізаторних процесів; вибір конструкційних матеріалів з урахуванням середовища та вимог безпеки.	2
Тема 11. Гідромеханічні засоби інтенсифікації Перемішування, барботаж, псевдорозрідження як чинники тепло- і масоперенесення. Типи мішалок і критерії вибору конфігурації з урахуванням реологічних властивостей середовища.	2
Тема 12. Реактори для спеціальних середовищ Біореактори: вимоги стерильності, вузли CIP/SIP, чутливість до температури. Реактори для високов'язких і структурованих систем: особливості тепломасообміну та запобігання пригоранню.	2
Тема 13. Контактні апарати та мультифазні реакційні системи Газ-рідинні та рідинно-рідинні процеси; контактні колони та реактори зі суміщеними функціями реакції й масообміну. Застосування у технологіях очищення газів, ароматизації та абсорбції CO_2 у харчових напоях.	2
Тема 14. Інтеграція та компоновка реакторів у технологічні схеми Рециркуляція, байпас, теплові контури; місце реактора в виробничому циклі; вузли обв'язки та компоновка: теплообмінники, насоси, регулююча арматура, підвід сировини та відвід продукту, вузли CIP.	2
Тема 15. Економічні аспекти проєктування та експлуатації Структура собівартості (сировина, енергія, обладнання). Вплив конструктивних рішень і теплових режимів на економічні показники процесу. Узагальнені підходи до оптимізації.	2
Тема 16. Сучасні тенденції реакторобудування Енергоефективні та інтенсифіковані апарати; мікрореактори й мембранні реактори; засоби автоматизації та цифрової діагностики.	2
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти b
Тема 1 Ефективність протікання реакцій: конверсія, вихід, селективність Розрахунок ступеня перетворення, виходу й селективності для заданої реакції; узагальнений матеріальний баланс реакційної системи.	2	0,1
Тема 2. Матеріальний баланс реактора періодичної та безперервної дії Складання матеріального балансу типу «вхід – вихід – накопичення» для реактора періодичної дії та реактора ідеального змішування, порівняння особливостей постановки балансу	2	0,1
Тема 3. Розрахунок орієнтовного об'єму реактора за часом перебування Оцінка об'єму реактора для RІЗ і RІВ; зіставлення отриманих значень і висновки щодо вибору.	3	0,2
Тема 4. . Порівняння RІЗ (CSTR) і RІВ (PFR) для простої реакції Якісний аналіз впливу структури потоку на очікувану конверсію; обґрунтування вибору типу реактора за однакових вхідних умов.	3	0,2
Тема 5. Каскадування реакторів: вплив кількості ступенів на конверсію Порівняння одиночного реактора та 2–3-ступеневих каскадів CSTR; інженерний висновок щодо наближення до PFR і підвищення конверсії.	3	0,2
Тема 6. Тепловий режим реактора: якісний аналіз і вибір теплообмінних рішень Визначення екзо/ендотермічності, потреби в охолодженні/нагріванні та вибір схеми теплообміну (сорочка, теплообмінник, теплоконтур) для безпечної експлуатації..	3	0,2
Загальна кількість годин	16	$\sum_{i=1}^n b_i = 1$

Лабораторні заняття

Лабораторні роботи в рамках дисципліни не передбачені

Контрольні роботи

Одна підсумкова контрольна робота, яка охоплює теоретичні та практичні питання дисципліни та проходить у формі письмової перевірки знань.

Теми контрольних робіт	Вагові коефіцієнти a
Контрольна робота	1
Загальна кількість годин	$\sum_{i=1}^n a_i = 1$

Самостійна робота

Курс передбачає самостійне опрацювання теоретичного матеріалу та виконання індивідуального завдання у вигляді розрахункового завдання.

Опрацювання теоретичного матеріалу

Теми для самостійного вивчення	Кількість годин
Тема 1. Хімічна рівновага в реакційних системах Розрахунок констант рівноваги та рівноважного складу реакційної суміші; аналіз впливу температури, тиску та початкового складу на зміщення рівноваги і вибір робочих умов реактора.	6
Тема 2. Послідовні й паралельні реакції: селективність і якість продукту Оцінка утворення цільових/побічних продуктів у складних реакційних мережах; якісний та розрахунковий аналіз селективності й підбір умов, що мінімізують побічні перетворення.	6
Тема 3. Масоперенесення у системах «газ–рідина» та «рідина–рідина» Коефіцієнти масовіддачі, положення зони реакції, визначальні опори перенесенню та інженерні підходи до інтенсифікації в абсорберах, барботажних і контактних апаратах.	7
Тема 4. Реакції з участю твердих фаз: моделі й апаратне оформлення Моделі хімічного перетворення твердих частинок (кінетичний контроль, зовнішня/внутрішня дифузія), вплив розміру та структури частинок; огляд типових апаратів (шар, псевдозрідження, обертові печі).	6
Тема 5. Термодинамічні засади оптимізації температурних режимів Енергетичні характеристики реакційних систем, вплив температури на конверсію і селективність; підхід до вибору та стабілізації температурного режиму з урахуванням теплового балансу та безпеки.	6
Тема 6. Параметрична чутливість реакційних процесів і наслідки для проектування Оцінка впливу змін кінетичних, теплових і гідродинамічних параметрів на результати процесу; практичні висновки для вибору конструкції реактора, обв'язки та режимів експлуатації.	7
Загальна кількість годин	38

Тематика індивідуальних завдань

Орієнтовний обсяг роботи – 10–12 сторінок друкованого тексту (формат А4, шрифт Times New Roman 14, міжрядковий інтервал 1,5). Робота має бути оформлений відповідно до вимог, наведених у літературному джерелі [10]. Завдання виконується протягом навчальних тижнів і подається на перевірку до заліку.

Теми індивідуального завдання

Тема 1. Розрахунок складу реакційної суміші та константи рівноваги для заданого процесу Опанувати методи визначення константи хімічної рівноваги та складу реакційної суміші для заданої реакції за термодинамічними параметрами, оцінити вплив температури й тиску на рівноважний стан та зробити інженерні висновки щодо умов роботи реактора.
Загальна кількість годин

34

Неформальна освіта

Публікація (тези доповідей у конференції, стаття у фаховому виданні, монографія тощо) ,тематика якої відповідає практичній роботі (роботам) може бути зарахована замість таких видів робіт з максимальною оцінкою

Література, навчальні матеріали та інформаційні ресурси

Основна література

1. Fogler H. S. Elements of Chemical Reaction Engineering. 5th ed. Boston: Pearson Education, 2016. 1120 с. https://madar-ju.com/storage/images/files/file_1738588074Np08H.pdf
2. Іванченко А. В. Загальна хімічна технологія : конспект лекцій. – Кам'янське : ДДТУ, 2016. – 80 с. <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/5-7-kl5.pdf>
3. Загальна хімічна технологія. Практикум. Частина 1 [Електронний ресурс]: навчальний посібник / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; О. І. Янушевська, М. І. Літинська, Г. В. Кримець, А. В. Лапінський. – Електронні текстові дані (1 файл: 1.41 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 147 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/55813>
4. Конспект лекцій з курсу «Загальна хімічна технологія», частина 1 «Теоретичні основи хімічної технології» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 161 – Хімічні технології та інженерія / Уклад.: Л.В. Іванченко, В.Я. Кожухар, Національний ун-т «Одеська політехніка». – Одеса, 2024. – 101 с. <https://drive.google.com/file/d/1uNUoly5R1Jm4w28iNxbFjtbQ0bD0jCI/view>
5. Загальна хімічна технологія: підручник / В.Т. Яворський, Т. В. Перекупко, З.О. Знак, Л.В. Савчук. – 3-тє вид., доп. та доопр. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2014. – 540 с
6. Знак З. О. Загальна хімічна технологія (окремі розділи) : навч. посіб. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2021. – 144 с.
7. Руднева С. І. Гетерогенні рівноваги в хімічній інженерії [Електронний ресурс] : навч. посібник / С. І. Руднева, М. Д. Сахненко, А. В. Дженюк ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Електрон. текст. дані. – Харків, 2020. – 116 с. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/52494>.
8. Розрахунок хімічних реакторів. Числові методи на мові C# : навч. посібник / А. С. Савенков [та ін.] ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : Панов А. М., 2019. – 308 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/41866>
9. Контрольні задачі та методичні вказівки для самостійної роботи за курсами: «Загальна хімічна технологія» та «Теоретичні основи хімічних реакторів» для студентів усіх форм навчання / Уклад.: Гапонова О. О., Биканов С. М., Пономаренко Г. В., Горбунов К. О., Краснокутський Є. В.; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т» – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 28 с. <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/87947>
10. Система стандартів з організації навчального процесу .Текстові документи у сфері навчального процесу. Загальні вимоги до виконання. СТЗВО-ХПІ-3.01-2025. <https://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/metodotdel/wp-content/uploads/sites/28/2025/06/STZVO-HPI-3.01-2025-2.pdf>

Додаткова література

1. Іванов С.В. Загальна хімічна технологія: навчально-методичний комплекс / С.В.Іванов, П.С.Борсук, Н.М. Манчук. – К.: НАУ, 2008. – 288 с.
2. Мельник С.Р., Мельник Ю.Р., Піх З.Г. Проектування та розрахунок технологічних процесів органічного синтезу. Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2006. – 448 с.

Система оцінювання

Підсумкова оцінка з освітнього компонента визначається відповідальним лектором за темами, видами занять, тощо у відповідності до силабусу і є інтегральною оцінкою результатів усіх видів навчальної діяльності здобувача вищої освіти. Підсумкова оцінка повинна відображати всі оцінки за складовими навчального процесу з урахуванням їх вагових показників k:

Поточний контроль (практичні, семінарські, лабораторні заняття), k_1	Контрольні роботи (за наявності), k_2	Індивідуальне завдання (за наявності), k_3	Підсумковий контроль (для ОК з іспитом), k_4
0,3	0,3	0,4	

Сума коефіцієнтів повинна складати одиницю: $k_1 + k_2 + k_3 + k_4 = 1$. Підбір вагових коефіцієнтів підсумкової оцінки здійснює розробник курсу.

Розрахунок підсумкової оцінки проводиться за формулою:

$$O = P \cdot k_1 + K \cdot k_2 + I \cdot k_3 + Pk \cdot k_4$$

де: P – середньозважена середня оцінка за поточний контроль

I – оцінка за виконання індивідуального завдання

K – середньозважена оцінка за контрольні роботи

Pk – оцінка за підсумковий контроль

$$K = \frac{K_1 \cdot a_1 + \dots + K_n \cdot a_n}{\sum_{i=1}^n a_i}$$

де: a_i - ваговий коефіцієнт за кожну контрольну роботу.

$$P = \frac{P_1 \cdot b_1 + P_2 \cdot b_2 + \dots + P_n \cdot b_n}{\sum_{i=1}^n b_i}$$

де: b_i - ваговий коефіцієнт за кожне практичне (семінарське) або лабораторне заняття.

Поточні оцінки за кожну складову ($P, K, I, \dots$) виставляються за 100-бальною шкалою згідно з положенням «Про критерії та систему оцінювання знань та вмінь і про рейтинг здобувачів вищої освіти» НТУ «ХПІ».

Підсумкова оцінка виставляється відповідно до розрахованої O з округленням до найближчого цілого числа в більшу сторону.

Шкала оцінювання

Сума балів	Національна оцінка	ECTS
90–100	Відмінно	A
82–89	Добре	B
75–81	Добре	C
64–74	Задовільно	D
60–63	Задовільно	E
35–59	Незадовільно (потрібне додаткове вивчення)	FX
1–34	Незадовільно (потрібне повторне вивчення)	F

Норми академічної етики і політика курсу

Здобувач вищої освіти повинен дотримуватися «Кодексу етики академічних взаємовідносин та доброчесності НТУ «ХПІ»: виявляти дисциплінованість, вихованість, доброзичливість, чесність, відповідальність. Конфліктні ситуації повинні відкрито обговорюватися в навчальних групах з викладачем, а при неможливості вирішення конфлікту – доводитися до відома співробітників дирекції інституту.

Нормативно-правове забезпечення впровадження принципів академічної доброчесності НТУ «ХПІ» розміщено на сайті: <http://blogs.kpi.kharkov.ua/v2/nv/akademichna-dobrochesnist/>

Погодження

Силабус погоджено

30.08.2025



Завідувач кафедри

Олексій ШЕСТОПАЛОВ