



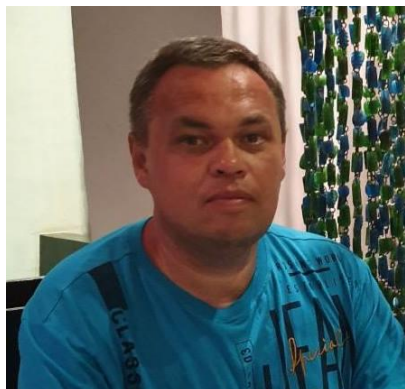
Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Екологічна інженерія, теорія та конструювання екологічно безпечних реакторів та реакторних систем

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

Курс висвітлює принципи роботи та проектування хімічних реакторів з акцентом на екологічну безпеку. Розглядаються основи кінетики, гідродинаміки, масо- і теплообміну, конструкції реакторів та методи зниження техногенного впливу. Дисципліна формує практичні навички аналізу, вибору й оптимізації екологічно безпечних реакторних систем.

Мета та цілі дисципліни

Надати студентам системні знання про принципи роботи хімічних реакторів та реакторних систем, навчити аналізувати їх ефективність і безпечність, а також формувати вміння проектувати та обирати реакторні рішення з урахуванням екологічних вимог сучасної інженерної практики.

Формат занять

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

Компетентності

.Здатність аналізувати хімічні реакції та обирати відповідний тип реактора.
Здатність оцінювати екологічні ризики й пропонувати технічні заходи для їх мінімізації.

Результати навчання

Пояснювати принципи роботи основних типів хімічних реакторів та умови їх застосування.
Обґрунтовувати вибір реактора й режиму роботи з урахуванням ефективності та екологічної безпеки.

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. Поняття хімічного реактора та реакторної системи Хімічний реактор як основний апарат хімічного виробництва. Місце реактора в технологічній схемі та поняття реакторної системи. Взаємозв'язок конструкції, режиму роботи та ефективності процесу.	2
Тема 2. Класифікація хімічних реакторів Класифікація хімічних реакторів за принципом дії, режимом роботи та характером руху реакційного середовища. Періодичні, напівбезперервні та безперервні реактори. Реактори ідеального змішування та ідеального витіснення.	2
Тема 3. Основні параметри та режими роботи хімічних реакторів Показники ефективності роботи реакторів: ступінь перетворення, селективність, продуктивність. Вплив режимів роботи на перебіг хімічних процесів.	2
Тема 4. Хімічна кінетика в реакторах Швидкість хімічної реакції, порядок реакції, температурна залежність швидкості. Зв'язок кінетичних характеристик з вибором типу реактора та умов його експлуатації.	2
Тема 5. Матеріальний баланс хімічних реакторів та екологічні аспекти процесу	2

Загальний і компонентний матеріальні баланси. Балансові рівняння для різних типів реакторів. Аналіз матеріальних потоків як основа оцінки утворення побічних продуктів, втрат сировини та відходів виробництва.

Тема 6. Гідродинаміка в хімічних реакторах Режими руху реакційного середовища. Ідеальні та неідеальні структури потоків. Зони застою та нерівномірність перемішування.	2
Тема 7. Теплові процеси в хімічних реакторах Теплові ефекти хімічних реакцій. Екзотермічні та ендотермічні процеси. Підтримання температурного режиму.	2
Тема 8. Масообмін у гетерогенних реакторах Процеси масообміну між фазами. Дифузійні обмеження. Вплив масообміну на швидкість реакції.	2
Тема 9. Реактори ідеального змішування. Принцип роботи реакторів ідеального змішування. Конструктивні особливості та експлуатаційні режими.	2
Тема 10. Реактори ідеального витіснення Принцип роботи реакторів ідеального витіснення. Порівняння з реакторами ідеального змішування.	2
Тема 11. Каталітичні реактори з нерухомим шаром Будова каталітичних реакторів з нерухомим шаром. Гідродинамічні та теплові особливості.	2
Тема 12. Реактори з псевдозрідженим шаром. Принцип псевдозрідження. Конструктивні рішення реакторів з псевдозрідженим шаром.	2
Тема 13. Біореактори та їх роль у природоохоронних технологіях. Основні типи біореакторів. Режими роботи та технологічні обмеження. Використання біореакторів у процесах очищення стічних вод, газових викидів і переробки органічних відходів.	2
Тема 14. . Конструкція хімічних реакторів. Основні елементи конструкції реакторів. Матеріали корпусів і внутрішніх пристроїв. Загальні вимоги до надійності та довговічності.	2
Тема 15. Реакторні системи та їх компоновка Окремі реактори та їх поєднання в системи. Каскадні схеми реакторів.	2
Тема 16. Безпечна та екологічно орієнтована експлуатація хімічних реакторів Небезпечні режими роботи реакторів і пов'язані з ними екологічні наслідки. Причини аварійних ситуацій. Інженерні підходи до зниження техногенного навантаження та забезпечення екологічної безпеки.	2
Загальна кількість годин	32

Практичні заняття

Теми практичних занять	Кількість годин	Вагові коефіцієнти <i>b</i>
Тема 1 Основні показники ефективності хімічних реакторів Розрахунок ступеня перетворення, селективності та виходу продукту для простої реакції. Аналіз складу реакційної суміші за матеріальним балансом.	3	0,2
Тема 2. Матеріальні баланси реакторів періодичної дії	3	0,2

Методика складання матеріального балансу для реактора ідеального змішування періодичної дії. Визначення тривалості реакції та необхідного робочого об'єму реактора.

Тема 3. Матеріальний баланс і час перебування у реакторі ідеального витіснення Складання та розв'язання рівнянь балансу для PFR у сталому режимі. Визначення необхідної об'ємної швидкості подачі реагентів для заданого ступеня перетворення.	3	0,2
Тема 4. Кінетика простої рідкофазної реакції Визначення константи швидкості реакції за експериментальними даними; побудова графіків $\ln(c) = f(t)$; розв'язання простих кінетичних рівнянь першого порядку; прогноз часу напівперетворення.	3	0,2
Тема 5. Порівняння ефективності реакторів різного типу Розрахунок необхідного об'єму РІЗ та РІВ для однієї й тієї ж реакції й однакового ступеня перетворення. Аналіз отриманих результатів для вибору більш енерго- та ресурсоефективного реактора.	2	0,1
Тема 6. Простий дифузійно-кінетичний аналіз гетерогенної реакції Розрахунок часу перетворення твердих частинок однакового та різного розміру. Визначення, що лімітує процес: зовнішня дифузія, дифузія в шарі продукту чи хімічна реакція.	2	0,1
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. Аналіз екологічних ризиків у роботі хімічних реакторів Основні види екологічних ризиків, пов'язаних з експлуатацією реакторів. Методи їх кількісної та якісної оцінки. Інженерні підходи до попередження	8
--	---

аварійних ситуацій. Значення екологічного аудиту на етапі проєктування та експлуатації реакторних систем.

Тема 2. Технології очищення газових і рідких потоків на основі реакторних систем	8
---	----------

Сучасні апаратні рішення для зменшення викидів забруднювальних речовин: каталітичні реактори, абсорбційні та біологічні системи очищення. Огляд конструкцій та принципів роботи. Приклади промислового застосування технологій для забезпечення екологічної безпеки.

Тема 3. Енергоефективність хімічних реакторів та утилізація тепла	8
--	----------

Джерела теплових втрат у реакторних системах. Технології рекуперації та утилізації тепла. Екологічний та економічний ефект впровадження енергоефективних рішень. Приклади оптимізації теплового режиму реакторів у промислових умовах.

Тема 4. Реакторні системи для переробки органічних відходів	8
--	----------

Типи реакторів, що використовуються у процесах переробки відходів: біогазові, піролізні, газифікаційні системи. Принципи роботи та порівняння їх екологічних характеристик. Роль реакторних технологій у розвитку циркулярної економіки та зменшенні техногенного навантаження на довкілля.

Загальна кількість годин	32
---------------------------------	-----------

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. Вибір оптимального типу реактора для заданої хімічної реакції

Для заданої хімічної реакції проаналізувати можливі типи реакторів (періодичний, реактор ідеального змішування, реактор ідеального витіснення, каталізаторний або біореактор — залежно від характеру процесу).

Загальна кількість годин	40
---------------------------------	-----------

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. Кринець, 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>
11. Методичні вказівки для самостійної роботи студента з дисципліни "Екологічна інженерія, теорія та конструювання екологічно безпечних реакторів та реакторних систем" [Електронний ресурс] : для студентів всіх форм навчання спец. 101 "Екологія" / уклад. Н. А. Забіяка ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків : НТУ "ХПІ", 2024. – 15 с. – URI: <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/76770>

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:

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

де: P – середньозважена середня оцінка за поточний контроль
 I – оцінка за виконання індивідуального завдання
 K – середньозважена оцінка за контрольні роботи
 P_k – 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