



Силабус освітнього компонента
Програма навчальної дисципліни



Процеси та апарати природоохоронних технологій

Шифр та назва спеціальності
101 - Екологія

Інститут
Навчально-науковий інститут хімічних технологій та інженерії

Освітня програма
Інженерна екологія

Кафедра
Інтегрованих технологій, процесів та апаратів (191)

Рівень освіти
Бакалавр

Тип дисципліни
Вибіркова

Семестр
5, 6

Мова викладання
Українська

Викладачі, розробники



Пономаренко Ганна Володимирівна

Hanna.Ponomarenko@khi.edu.ua

к.т.н., доцент, доцент кафедри інтегрованих технологій, процесів та апаратів

Автор 33 наукові праць, з них – 4 наукові публікації у журналах, що входять до наукометричної бази SCOPUS.

Провідний лектор з дисциплін : «Процеси та апарати природоохоронних технологій», «Природоохоронні технології у галузі», «Інформаційні системи та комплекси»

[Детальніше про викладача на сайті кафедри](#)

Загальна інформація

Анотація

Курс ґрунтується на загальних законах фізики і хімії та є теоретичною базою природоохоронних технологій, що дозволяє проаналізувати і розрахувати процес, знайти його оптимальні параметри, а також розробити і розрахувати апаратуру, необхідну для проведення цього процесу.

Мета та цілі дисципліни

Отримання студентами знань щодо фізичної сутності основних процесів природоохоронних технологій з метою узагальнення уявлення про їх математичний опис, використання інженерних методик для проектування технологічних процесів та розрахунків розмірів та потужності технологічного обладнання.



Формат занять

Лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, самостійна робота, консультації. Підсумковий контроль – залік.

Компетентності

Здатність використовувати знання фізико-хімічної суті основних технологічних процесів, професійно профільовані знання, уміння і навички в галузі природничо-наукових дисциплін, загальної хімічної технології, процесів та апаратів природоохоронних технологій, а також методи розрахунку сучасної апаратури для оптимізації процесів та обладнання і створення високоефективних технологічних систем захисту довкілля.

Результати навчання

Розраховувати та проектувати пристрої та системи для очищення газових та рідких відходів від забруднювачів; розраховувати та вибирати засоби утилізації відходів.

Обсяг дисципліни

5 семестр

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 32 год., практичні заняття – 16 год., самостійна робота – 72 год., розрахункове завдання, залік.

6 семестр

Загальний обсяг дисципліни 120 год. (4 кредитів ECTS): лекції – 36 год., лабораторних робіт – 12 год., самостійна робота – 72 год., розрахункове завдання, залік.

Передумови вивчення дисципліни (пререквізити)

Для успішного проходження курсу необхідно мати знання та практичні навички з наступних дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Техноекологія».

Особливості дисципліни, методи та технології навчання

Лекції проводяться з використанням мультимедійних технологій. На практичних заняттях використовується проектний підхід до навчання, ігрові методи, акцентується увага на застосуванні інформаційних технологій. Навчальні матеріали доступні студентам через OneNote Class Notebook

Програма навчальної дисципліни

Теми лекційних занять

Тема 1. Основи гідравліки.

- 1.1 Предмет і задачі дисципліни “Процеси та апарати природоохоронних технологій”.
- 1.2 Класифікація основних процесів.
- 1.3 Загальні принципи аналізу та розрахунків процесів та апаратів.
- 1.4 Основні поняття, фізичні властивості рідин
- 1.5 Основне рівняння гідростатики.
- 1.6 Гідродинаміка. Видаток рідини, швидкість, режими руху. Рівняння нерозірваності потоку.
- 1.7 Диференціальні рівняння Ейлера.
- 1.8 Рівняння Нав`є-Стокса.
- 1.9 Рівняння Бернуллі.
- 1.10 Основи теорії подібності.
- 1.11 Теореми подібності.
- 1.12 Гідродинамічна подібність, критерії подібності.
- 1.13 Гідравлічні опори в трубопроводах.

- 1.14 Опори тертя.
- 1.15 Опори місцеві.
- 1.16 Рух тіл у рідинах.

Тема 2. Переміщення рідин.

- 2.1 Насоси, загальні відомості. Основні показники роботи.
- 2.2 Визначення напору насосу.
- 2.3 Висота всмоктування.

Тема 3. Переміщення та стиснення газів.

- 3.1 Загальні відомості про компресорні машини.
- 3.2 Термодинамічні основи стиску.
- 3.3 Поршневі компресори: конструкція, продуктивність.

Тема 4. Розділення неоднорідних систем. Перемішування рідин.

- 4.1 Класифікація неоднорідних систем.
- 4.2 Основні методи розділення неоднорідних систем.
- 4.3. Розділення рідких систем, матеріальний баланс.
- 4.4 Відстоювання рідких систем, загальні відомості
- 4.5 Фільтрація рідких систем, загальні відомості.
- 4.6 Кінетика фільтрування.
- 4.7 Рівняння процесу фільтрування.

Тема 5. Теплові процеси в природоохоронній апаратурі.

- 5.1 Загальні відомості.
- 5.2 Види теплообміну.
- 5.3 Теплопровідність: закон Фур'є, диференціальне рівняння теплопровідності.
- 5.4 Теплопровідність плоскої стінки.
- 5.5 Теплопровідність циліндричної стінки.
- 5.6 Теплопровідність кульової стінки
- 5.7 Конвекційний теплообмін.
- 5.8 Диференціальне рівняння конвекційного теплообміну.
- 5.9 Теплова подібність, критерії подібності.
- 5.10 Визначення коефіцієнту тепловіддачі з використанням критеріальних рівнянь.
- 5.11 Вільна конвекція.
- 5.12 Вимушена конвекція.
- 5.13 Визначення коефіцієнту тепловіддачі при зміні агрегатного стану речовини.
- 5.14 Режими кипіння.
- 5.15 Тепловіддача при конденсації.
- 5.16 Теплопередача крізь плоску та циліндричну стінку при постійних та змінних температурах теплоносіїв, рушійна сила теплопередачі..
- 5.17 Основне рівняння теплопередачі, коефіцієнт теплопередачі.
- 5.18 Методи інтенсифікації процесів теплопередачі.
- 5.19 Основні закони променистого теплообміну.
- 5.20 Теплообмін випромінюванням між плоско-паралельними поверхнями.
- 5.21 Теплообмін випромінюванням між тілами обмежених розмірів.
- 5.22 Теплові баланси.
- 5.23 Визначення середньої рушійної сили процесу теплопередачі.
- 5.24 Тепловий розрахунок теплообмінних апаратів.

Тема 6. Випарювання.

- 6.1 Фізичні основи випарювання.
- 6.2 Методи випарювання.
- 6.3 Однокорпусне випарювання.
- 6.4 Матеріальний і тепловий баланси.
- 6.5 Рушійна сила випарювання.
- 6.6 Витрати корисної різниці температур.
- 6.7 Багатокорпусне випарювання, типові схеми багатокорпусних випарних установок.
- 6.8 Матеріальний і тепловий баланси багатокорпусного випарювання.
- 6.9 Розподіл загальної корисної різниці температур по корпусах.

6.10 Вибір оптимальної кількості корпусів

Тема 7. Основи масопередачі.

- 7.1 Загальні свідомості.
- 7.2 Класифікація та загальна характеристика масообмінних процесів.
- 7.3 Рівновага при масопередачі.
- 7.4 Матеріальний баланс.
- 7.5 Робоча лінія.
- 7.6 Швидкість масопередачі.
- 7.7 Закони дифузії.
- 7.8 Диференціальне рівняння масообміну.
- 7.9 Механізм масопередачі.
- 7.10 Рівняння масовіддачі Щукарьова.
- 7.11 Подібність масообмінних процесів, критерії подібності.
- 7.12 Рівняння масопередачі, коефіцієнт масопередачі.
- 7.13 Рушійна сила масообмінних процесів

Тема 8. Сорбція.

- 8.1 Загальні відомості та галузі застосування абсорбції.
- 8.2 Рівновага при абсорбції.
- 8.3 Матеріальний баланс.
- 8.4 Розрахунок витрат абсорбенту.
- 8.5 Кінетика процесу.
- 8.6 Класифікація абсорберів.
- 8.7 Порівняння технологічних схем процесу абсорбції.

Тема 9. Сушіння.

- 9.1 Фізичні основи сушіння.
- 9.2 Властивості волого повітря.
- 9.3 I-X діаграма Рамзіна волого повітря.
- 9.4 Рівновага при сушінні.
- 9.5 Матеріальний і тепловий баланс конвекційної сушарки.
- 9.6 Розрахунок питомих витрат повітря та тепла на сушіння.
- 9.7 Нормальний варіант сушіння.
- 9.8 Реальний процес сушіння.
- 9.10 Технологічні схеми процесу сушіння.
- 9.11 Кінетика сушіння.
- 9.12 Класифікація основних типів сушарок

Тема 10. Перегонка та ректифікація рідин.

- 10.1 Загальні свідомості.
- 10.2 Рівновага систем рідини-пар
- 10.3 Матеріальний баланс фракційної перегонки.
- 10.4 Принцип ректифікації. Флегмове число.
- 10.5 Тепловий та матеріальний баланс ректифікації.

Тема 11. Штучне охолодження.

- 11.1 Загальні свідомості.
- 11.2 Термодинамічні основи одержування холоду.
- 11.3 Помірне охолодження.
- 11.4 Діаграми стану холодильних агентів.
- 11.5 Компресійні парові холодильні машини.
- 11.6 Абсорбційні холодильні машини.

Тема 12. Подрібнення твердих матеріалів.

- 12.1 Загальні свідомості.
- 12.2 Фізико-механічні основи подрібнення.
- 12.3 Розхід енергії на подрібнення твердих тіл. Закони подрібнення.
- 12.4 Класифікація машин для подрібнення твердих тіл.

Теми практичних занять

- Тема 1. Основи гідравліки. Приклади рішення задач
Тема 2. Переміщення рідин. Насоси. Приклади рішення задач.
Тема 3. Переміщення та стиснення газів. Компресори. Приклади рішення задач.
Тема 4. Розділення неоднорідних систем. Перемішування в рідких середовищах. Приклади рішення задач.
Тема 5. Теплові процеси. Приклади рішення задач.
Тема 6. Випарювання. Приклади рішення задач.
Тема 7. Сорбція. Приклади рішення задач.
Тема 8. Сорбція. Приклади рішення задач.
Тема 9. Сушіння. Приклади рішення задач.
Тема 10. Перегонка та ректифікація рідин. Приклади рішення задач.
Тема 11. Штучне охолодження. Приклади рішення задач.
Тема 12. Подрібнення твердих матеріалів. Приклади рішення задач.

Теми лабораторних робіт

- Тема 1. Визначення гідравлічних опорів у трубопроводах.
Тема 2. Визначення процесу фільтрування на елементі нутч-фільтра.
Тема 3. Вивчення кінетики сушіння.

Самостійна робота

Курс передбачає виконання індивідуальних розрахункових завдань за темами «Знаходження робочої точки відцентрованого насосу» та «Розрахунок теплообмінного обладнання». Результати розрахунків та графіки оформлюються у письмовий звіт.

Література та навчальні матеріали

Основна література:

- Товажнянський Л. Л., Готлінська Г. П., Лещенко В. А., Нечипоренко І. О., Чернишев І. С. Процеси та апарати хімічної технології. : Підручник. В двох частинах. Частина 1 / Під заг. Ред. Л.Л. Товажнянського. – Харків: НТУ «ХПІ», 2022. – 1016 с. [Підручник Процеси та апарати хімічної технології. За ред. Л. Л. Товажнянського.pdf](#)
- Приклади та задачі за курсом «Процеси та апарати хімічної технології» : навч. посібник / Л. Л. Товажнянський, В. О. Лещенко, А. П. Готлінська, І. О. Нечипоренко, І. С. Чернишов, П. О. Капустенко, О. І. Зайцев, І. Б. Рябова, В. М. Соловей, Г. Л. Хавін, Г. С. Новікова, І. Б. Іванова, О. О. Гапонова ; за ред. Л. Л. Товажнянського ; Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». – Харків : НТУ «ХПІ», 2022. – 47 с. [Приклади та задачі за темою «теплові баланси» \(1\).pdf](#)

Додаткова література:

- Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Визначення характеристик відцентрованого насосу» з курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: Горбунов К.О., Пономаренко Г.В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 16 с. [МВ до розрахункового завдання_2024.pdf](#)
- Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Визначення характеристик регенеративного теплообмінного апарату з проміжним теплоносієм» за курсом «Процеси та апарати хімічних та харчових виробництв» для студентів хіміко-технологічних спеціальностей та галузевого машинобудування всіх форм навчання./ Рябова І.Б., Горбунов К.О., Биканов С.М., Зінченко М.Г., /Горбунова О.В. – Харків: НТУ «ХПІ», 2024. – 16 [Лабораторна_ТА труба у труб_2024.pdf](#)
- Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Вивчення будови та принципу дії одноступінчастого поршневого компресора» з курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: С.М. Биканов, О.О. Гапонова, К.О. Горбунов, Г.В. Пономаренко, І.Б. Рябова, Ю.А. Селіхов.. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 12 с. [Лабораторна_Компресор_макет.pdf](#)

4. Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Процес розділення неоднорідної системи за допомогою нутч-фільтра» з курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: С.М. Биканов, О.О. Гапонова, К.О. Горбунов, Г.В. Пономаренко, І.Б. Рябова, Ю.А. Селіхов.. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 12 с.

[Лабораторна НУТЧ макет.pdf](#)

5. Методичні вказівки для виконання лабораторної роботи «Розділення тонкодисперсної суспензії в лабораторній центрифугі» з курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів хімічних спеціальностей усіх форм навчання / Укл.: С.М. Биканов, О.О. Гапонова, К.О. Горбунов, Г.В. Пономаренко, І.Б. Рябова, Ю.А. Селіхов.. – Харків: НТУ «ХПІ», 2023. – 8 с.

[Лабораторна ВІДСТІЙНА ЦЕНТРИФУГА макет.pdf](#)

6. Розрахунок та проектування випарних установок.: Навчальний посібник до курсового проектування з курсу «Процеси і апарати хімічних виробництв» для студентів хімічних спеціальностей всіх форм навчання / Коцаренко В.О., Гапонова О.О., Горбунов К.О., Рябова І.Б., Селіхов Ю.А.– Х.: НТУ «ХПІ», 2024 . – 135 с. – На укр. мові. Електронне видання.

[Навчальний посібник Випарка 2024.pdf](#)

7. Процеси та апарати хімічних виробництв-1. Технічна гідравліка. Основи теплопередачі. Теплообмінне обладнання: Практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів, які навчаються за програмою підготовки бакалаврів за спеціальністю 161 - Хімічні технології та інженерія / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Т.Б. Шилович, І.Л. Шилович – Електронні текстові дані (1 файл: 1,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 38 с.

[П та А Практикум 2021.pdf](#)

9. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з курсів «Компресорні машини», «Процеси та апарати хімічних виробництв», «Процеси та апарати хімічних технологій», «Процеси та апарати природоохоронних технологій», «Процеси та апарати хіміко фармацевтичних технологій», «Типові технологічні об'єкти і процеси виробництв», «Проектування та розрахунок теплообмінного обладнання», «Кріогенні системи скраплення та розділення газових сумішей» для студентів усіх форм навчання хімічних та нехімічних спеціальностей / Укл.: Горбунов К.О., Биканов С.М., Рябова І.Б., Миронов А.М., Ільченко М.В., Краснокутський Є.В., Гарев Л.А. – Харків : НТУ «ХПІ», 2024. – 32 с.

[МВ до КР Розрахунок пластинчастого теплообмінника 2024 2.pdf](#)

Система оцінювання

Критерії оцінювання успішності студента та розподіл балів

5 семестр

100% підсумкової оцінки складаються з результатів поточного оцінювання (100%)
Залік: 2 онлайн тести (по 25%), практичні заняття (20%) та розрахункове завдання (30%).

6 семестр

100% підсумкової оцінки складаються з результатів поточного оцінювання (100%)
Залік: 2 онлайн тести (по 25%), практичні заняття (20%) та розрахункове завдання (30%).

6 семестр

Шкала оцінювання

<u>Сума балів</u>	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

Студент 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

31.08.2024 р.



Завідувач кафедри
Костянтин ГОРБУНОВ

31.08.2024 р.



Гарант ОП
Антоніна САКУН