



«Процеси та апарати хімічних виробництв» Силабус дисципліни

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 – Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 – Хімічні технології та інженерія
Освітні програми	«Хімічні технології та інженерія»
Статус освітнього компонента	нормативний
Обсяг дисципліни	180 годин/ 6 кредитів ЄКТС
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Форма навчання	заочна
Розклад занять	4 лекції, 3 лабораторні заняття, 2 практичні заняття
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен, МКР
Мова викладання	українська
Інформація про керівника курсу / викладачі	к.т.н., доцент, Семінський Олександр Олегович, forstd@ukr.net , @mahnv_kpi; к.т.н., доцент, Швед Микола Петрович, npchved46@gmail.com
Розміщення курсу	http://ci.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Процеси та апарати хімічних виробництв» викладається спільно здобувачам вищої освіти (далі – здобувачі) зазначених у реквізитах цієї освітньої програми на хіміко-технологічному факультеті.

Мета дисципліни полягає в оволодінні базовими знаннями щодо теплових, механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів хімічних виробництв та їх проведення у промисловому обладнанні.

Відповідно до стандарту вищої освіти, дисципліна формує наступні **компетенності**:

- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 02);
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 03);
- здатність проектувати хімічні процеси з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень (ФК 03);
- здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії (ФК 04);
- здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв (ФК 05).

Зазначені компетентності розкриваються у **програмних результатах навчання**, до яких належать:

- знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості (ПРН 03);
- розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосування в хімічній інженерії (ПРН 06);
- обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв (ПРН 07);
- Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії, зокрема, для розрахунків устаткування і процесів хімічних виробництв (ПРН 08).

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Дисципліна викладається на базі дисциплін «Математика», «Фізика» і «Загальна хімічна технологія». Вона взаємодоповнює дисципліни «Фізична хімія» і «Хімічна кінетика та поверхневі явища», забезпечує освітні компоненти «Переддипломна практика» і «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Основи теорії перенесення.

Тема 2. Технічна гідравліка.

Тема 3. Основи теплопередачі.

Тема 4. Теплообмінне обладнання

Тема 5. Механічні процеси.

Тема 6. Гідромеханічні процеси.

Тема 7. Масообмінні процеси.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Процеси та обладнання хімічної технології / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок, В.Л. Ракицький, Г.Л.Рябцев. К.: НТУУ «КПІ», 2011. – [Ч. 1. – 300 с.; Ч. 2.-416 с.]
2. Врагов А.П. Масообмінні процеси та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: навчальний посібник для студ. вищих навч. закладів / А.П. Врагов. - Суми : Університетська книга, 2016. - 284 с.
3. Процеси та апарати хімічних технологій : у 5 ч. : [навч. посіб. для сту. вищих навч. закл., які навч. за напрям. "Хімічна технологія та інженерія" та "Інженерна механіка"] / Мін-во освіти і науки України, Нац. ун-т "Львівська політехніка" ; за ред. Я.М. Ханика. - Львів : Львівська політехніка, 2010.
4. Процеси та апарати хімічної технології : підручник : у 2-х частинах : пер. з рос. / Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО [та ін.] ; за ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСЬКОГО ; Мін-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т "Харківський політехн. ун-т". - Харків : НТУ "ХПІ", 2007.
5. Процеси та обладнання хімічних технологій. Частина 1. Практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» спеціальності 133 Галузеве машинобудування / Корнієнко Я. М., Степанюк А. Р., Гулієнко С. В., Гайдай С. С., Семінський О. О. ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 9,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 468 с. – Назва з екрана.

6. Корнієнко, Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології-3. Гідромеханічні та механічні процеси: практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 6.9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 210 с. – Назва з екрана.

7. Корнієнко, Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології-4. Масообмінні процеси: розрахункова робота [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», освітньої програми «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 4.59 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2023. – 94 с. – Назва з екрана.

8. Процеси та обладнання хімічної технології-2. Теплові процеси: лабораторний практикум, навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. М. Любека, М. П. Швед, Я. М. Корнієнко, Г. С. Подиман. – Електронні текстові данні (1 файл: 2.46 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 65 с. – Назва з екрана.

9. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси: лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Я.М. Корнієнко, А.Р. Степанюк, С.В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 4,81 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 217 с.

Додаткова література:

1. Perry's Chemical Engineers' Handbook / Editor-in-Chief D.W. Green. - McGraw-Hill Education, 2019. – 2274 p.

2. Field R. Chemical Engineering: Introductory Aspects / R. Field. – Macmillan Publishers Limited, 1988. – 180 с.

3. Cheremisinoff N. Handbook of Chemical Process Equipment / N. Cheremisinoff, Butterworth-Heinemann, 2000. – 535 p.

4. Тепломасообмін (основи теорії і розрахунку): навч. посіб. /А.І. Погорелов. – 2-е вид. випр. – Львів: Новий світ -2000, 2004. – 144 с.

5. Лабай В.Й. Тепломасообмін. - Львів: Тріада плюс, 1998.- 260 с.

6. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: підручник / Г.Б. Варламов, Г.М. Любчик. – К.: ІВЦ "Видавництво «Політехніка»", 2003. – 232 с.

7. Єгоров Я.О. Теоретичні основи теплотехніки (у системах машинобудування): / Єгоров Я.О., Беліков С.Б., Улітенко О.М.: Навч. посібник. – Запоріжжя: Дике Поле, 2004. – 286 с.

8. Основні залежності та приклади розрахунків теплообмінних апаратів. [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. Л.Г. Воронін, А.Р. Степанюк, Л.І. Ружинська,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 68 с.

9. Процеси та апарати хімічних виробництв. Розділ: Устаткування для подрібнювання і класифікації матеріалів [Електронний ресурс]: методичні вказівки до виконання курсових проектів по курсу для студентів за напрямом підготовки 6.051301 «Хімічна технологія», спеціальностей «Хімічні технології тугоплавких неметалевих і силікатних матеріалів», «Хімічні технології переробки

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Календарно-тематичний план

Лекційні заняття

Номер	Зміст навчальної роботи	Кількість годин
1	Вступ до курсу процесів та апаратів. Класифікація хіміко-технологічних процесів. Явища перенесення в хімічній технології. Рівняння збереження маси, енергії та кількості руху. Принципи їх розв'язання.	2
2	Основи технічної гідравліки. Фізичні засади. Базові рівняння. Вступ до гідромеханічних процесів.	2
3	Основи теплопередачі. Фізичні засади. Базові рівняння.	2
4	Основи масообміну. Фізичні засади. Базові рівняння.	2
Разом:		8

Практичні заняття

Номер	Зміст навчальної роботи	Кількість годин
1	Розрахунки процесів та апаратів хімічних виробництв.	2
2	Модульна контрольна робота.	2
Разом:		4

Лабораторні заняття

Номер	Зміст навчальної роботи	Кількість годин
1	Дослідження процесів кипіння і конденсації.	2
2	Дослідження кінетики осадження.	2
3	Дослідження масопереносу при десорбції в насадковій колоні.	2
Разом:		6

6. Самостійна робота студента

Номер	Зміст навчальної роботи	Кількість годин
1	Статика рідин. Характеристика та їх властивості. Рівняння Ейлера. Основне рівняння гідростатики. Класифікація та принцип дії гідравлічних машин.	6
2	Дослідження конструкцій машин для переміщення рідин та газів та розрахунки, які ґрунтуються на рівняннях гідростатики та Бернуллі.	8
3	Гідродинаміка рідин. Рівняння Ейлера, Нав'є-Стокса, Бернуллі. Опір тертя і місцевий опір, їх розрахунок. Оптимальний діаметр трубопроводу.	6
4	Дифузійне перенесення теплової енергії.	6
5	Дослідження конструкцій теплообмінних апаратів та розрахунок кожухотрубчатого теплообмінника.	8
6	Конвективний теплообмін. Часткові випадки конвективного теплообміну.	6
7	Теплообмін при зміні агрегатного стану та випромінюванні.	6

8	Дослідження конструкцій випарних апаратів та розрахунок випарної установки.	8
9	Нагрівання, охолодження і теплообмінні апарати.	6
10	Випарювання і випарні установки.	8
11	Дослідження конструкцій сушарок та розрахунок конвективної сушильної установки.	8
12	Сушіння і сушильні установки.	6
13	Основи подрібнення матеріалів. Оцінка результатів подрібнення. Кінетика подрібнення.	6
14	Енергетичні гіпотези подрібнення і оцінка витрат енергії на проведення процесу. Цикли подрібнення.	6
15	Основи механічного розділення дисперсних матеріалів. Грохочення та його види. Матеріальний баланс, ефективність та кінетика процесу.	6
16	Дослідження конструкцій подрібнювального і сортувального обладнання.	8
17	Розділення неоднорідних систем під дією сили тяжіння: фізичні основи процесу, виведення рівняння осадження, аналіз параметрів процесу і визначення його швидкості. Розділення під дією перепаду тиску: базові відомості про фільтрування, швидкість і кінетика фільтрування.	6
18	Розділення під дією відцентрової сили. Розділення у циклонах: особливості процесу і конструкції циклонів, оцінка ефективності розділення, рівняння розділення під дією відцентрової сили і його застосування. Розділення у центрифугах: особливості процесу і конструкцій центрифуг та їх застосування.	6
19	Перемішування: суть процесу, методи перемішування; механічне перемішування (гідродинаміка, особливості конструкцій та роботи швидко- і тихохідних пристроїв, область їх застосування); рівняння перемішування та енерговитрати на проведення процесу.	6
20	Дослідження конструкцій гідромеханічного обладнання.	8
21	Основи масообміну. Основне рівняння масопередачі. Механізми масопередачі: молекулярна, турбулентна, конвективна дифузія; перший закон Фіка, термодифузія, другий закон Фіка; масовіддача і закон Щукарєва; перенесення маси на границі розділу фаз.	6
22	Рушійна сила масообміну. Визначення середньої рушійної сили для прямо- і криволінійних ліній рівноваги; визначення коефіцієнта масовіддачі. Основні рівняння і співвідношення, необхідні для розрахунків параметрів процесів.	8
23	Подібність процесів перенесення. Базові критерії подібності при масообміні та їх фізична суть.	6
24	Дослідження конструкцій масообмінного обладнання	8
	Разом:	162

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни

Система вимог до студентів:

- **правила відвідування занять** – відвідування усіх видів занять (лекції, лабораторні заняття) - обов'язкове як при навчанні в аудиторіях, так і при дистанційному режиму навчання. В останньому випадку заняття проводяться в режимі Zoom-конференцій, а відвідуванням вважається приєднання студента онлайн до Zoom-конференції за наданими викладачами посиланнями і робота на занятті;

- **правила поведінки на заняттях** – не заважати зайвою діяльністю, розмовами (у тому числі телефоном) іншим студентам слухати лекції або працювати на лабораторних заняттях. В аудиторіях та при дистанційному навчанні дотримуватись правил техніки безпеки;

- **правила зарахування лабораторних занять і нарахування балів за їх виконання** – викладач оцінює роботу студента під час заняття, якість і своєчасність представлення результатів виконання завдання;

- **правила призначення заохочувальних та штрафних балів:**

1) заохочувальні бали передбачені у вигляді можливості зарахування освітнього компоненту за підсумками роботи у семестрі («автоматом») за наявності високих показників виконання і захисту завдань, якими вважаються: відвідування не менше 15 лекцій, вчасне написання модульної контрольної роботи, відпрацювання і захист лабораторних робіт; оцінка «автоматом» розраховується за формулою: $2 * (\text{семестровий рейтинг} - 10)$; можливість отримання оцінки «автоматом» та її значення повідомляється на передекзаменаційній консультації, після чого, до початку екзамену, студент повинен повідомити про свою згоду з результатом оцінювання або відмовитись від пропозиції і приступити до складання екзамену;

2) по 2 штрафних бали нараховується за відсутність на занятті без поважної причини або при невчасному виконанні лабораторних завдань;

- **політика дедлайнів та перескладань:**

1) відпрацювання, захист і оцінювання результатів виконання усіх завдань відбувається виключно під час аудиторних занять;

2) повторне складання будь-якого завдання з метою підвищення оцінки не допускається;

3) відсутність на занятті без поважної причини не може бути підставою для його відпрацювання;

4) перескладання екзамену здійснюються за графіком перескладань результатів семестрового контролю, встановленим на рівні університету у терміни, визначені викладачем і повідомлені студентам при оголошенні результатів екзамену;

- **політика щодо академічної доброчесності** – студенти зобов'язані дотримуватись положень Кодексу честі та вимог академічної доброчесності під час освітнього процесу; виявлення академічної недоброчесності при виконанні завдання призводить до незарахування такого завдання з необхідністю повторного його виконання зі зміною вихідних даних і призводить до позбавлення права на отримання оцінки «автоматом»; повторне виявлення академічної недоброчесності у роботах того ж студента призводить до його недопущення до складання екзамену.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: оцінювання роботи студентів на лабораторних заняттях (до 4 балів за кожну виконану і захищену лабораторну роботу, максимум за всі лабораторні заняття $4 \times 8 = 32$ балів), оцінювання роботи студентів на практичних заняттях (до 2 балів за кожне виконане завдання, максимум за всі практичні заняття $2 \times 8 = 16$ балів), оцінювання виконання модульної контрольної роботи (максимально 12 балів).

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр на 7-8 та 14-15 тижнях як моніторинг поточного стану виконання вимог Силабусу - студент отримує «атестовано» під час першого та другого календарного контролю, якщо його поточний рейтинг складає не менше за 0,5 від максимальної кількості балів, можливої на час проведення контролю.

Семестровий контроль проводиться у формі екзамену, що складається з двох частин: письмової і усної. Письмова частина передбачає відповідь на три питання (два теоретичних і одне – практичне). Питання сформульовані у білетах. Усна частина полягає в опитуванні за тематикою курсу, пов'язаною із питаннями у білеті. Теоретичні питання оцінюються у 12 балів максимум, практичне питання оцінюється у 16 балів максимум.

Умови допуску до семестрового контролю:

- допуск до складання екзамену можливий тільки у разі успішних відпрацювання і захисту всіх лабораторних робіт, написання модульної контрольної роботи і відвідування не менше 10 лекцій;
- студенти, які протягом семестру отримали сумарний рейтинговий бал < 20 до складання екзамену не допускаються;
- індивідуальні семестрові рейтинги студентів та наявність допуску до складання екзамену повідомляються на передекзаменаційній консультації.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни

Перескладання проводиться за «м'якою» схемою (зі збереженням балів, набраних протягом семестру). При цьому за кожне перескладання нараховується 10 штрафних балів.

Силабус навчальної дисципліни:

Складено доцентами кафедри МАХНВ: к.т.н., доцентом Семінським Олександром Олеговичем і к.т.н., доцентом Шведом Миколою Петровичем

Затверджено на засіданні кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв (протокол № 20 від 20 червня 2024 р.)

Ухвалено методичною комісією інженерно-хімічного факультету (протокол № 11 від 28 червня 2024 р.)