



«Процеси та апарати хімічних виробництв 2. Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси» Силабус кредитного модуля

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	16 – Хімічна та біоінженерія
Спеціальність	161 – Хімічні технології та інженерія
Освітні програми	«Електрохімічні технології неорганічних і органічних матеріалів», «Хімічні технології неорганічних речовин та водочищення», «Хімічні технології органічних речовин»; «Хімічні технології косметичних засобів та харчових добавок»
Статус освітнього компонента	нормативний
Обсяг дисципліни	165 годин/ 5,5 кредитів ЕКТС
Рік підготовки, семестр	3 курс, весняний семестр
Форма навчання	очна (денна)
Розклад занять	1 лекція і 1 лабораторне заняття на тиждень
Семестровий контроль/ контрольні заходи	екзамен
Мова викладання	українська
Інформація про керівника курсу / викладачі	к.т.н., доцент, Семінський Олександр Олегович, forstd@ukr.net , @mahnv_kpi
Розміщення курсу	http://ci.kpi.ua

Програма навчальної дисципліни

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

Кредитний модуль «Процеси та апарати хімічних виробництв 2. - Механічні, гідромеханічні і масообмінні процеси» викладається спільно здобувачам вищої освіти (далі – здобувачі) зазначених у реквізитах цієї освітньої програми на хіміко-технологічному факультеті.

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

Відповідно до стандарту вищої освіти, кредитний модуль формує наступні **компетентності**:

- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності у частині механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів та обладнання хімічних виробництв;
- здатність застосовувати знання щодо фізико-хімічних особливостей механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів, конструкцій і застосування обладнання, визначення режимних параметрів та прийняття технічних рішень у практичних ситуаціях;

- здатність застосовувати типові аналітичні методи, кількісні методи математики, фізики, інженерних наук, а також комп'ютерні програмні засоби для ефективного розв'язування завдань хімічної інженерії;
- здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії.

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

- вміння коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;
- знання і розуміння механізмів і кінетики механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів і вміння ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;
- вміння 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 механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів хімічних виробництв і відповідного обладнання;
- вміння використовувати знання механічних, гідромеханічних і масообмінних процесів і відповідного обладнання для забезпечення безпеки персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Кредитний модуль викладається на базі дисциплін «Фізика» і «Загальна хімічна технологія», а також кредитного модуля «Процеси та апарати хімічних виробництв 1. - Теплові процеси», взаємодоповнює дисципліни «Фізична хімія» і хімічна кінетика та поверхневі явища», забезпечує освітні компоненти «Переддипломна практика» і «Дипломне проектування».

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Механічні процеси.

Тема 2. Гідромеханічні процеси.

Тема 3. 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. 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.

4. 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.

5. 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.

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. 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 полімерних та композиційних матеріалів» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О.М. Тимонін, І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – Електронні текстові дані (1 файл: 27,4 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2015. – 63 с.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Календарно-тематичний план

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (93 година за навчальним планом)
Тема 1. Механічні процеси.		
1	Лекція. Вступна частина. Суть і застосування механічних процесів. Основи подрібнення.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій подрібнювального обладнання.
	Лабораторне заняття. Вступне заняття. Ознайомлення з правилами техніки безпеки. Ознайомлення з лабораторним обладнанням.	Одержання та ознайомлення з рекомендованою літературою.
2	Лекція 2. Оцінка результатів подрібнення. Представлення дисперсних складів і підходи до їх аналізу. Кінетика подрібнення.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій подрібнювального обладнання.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 1: дослідження роботи шокової дробарки (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.

<i>Тиждень</i>	<i>Зміст навчальної роботи</i>	<i>СРС (93 година за навчальним планом)</i>
3	Лекція. Енергетичні гіпотези подрібнення і оцінка витрат енергії на проведення процесу. Цикли подрібнення.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій подрібнювального обладнання.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 1: дослідження роботи шокової дробарки (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.
4	Лекція. Основи механічного розділення дисперсних матеріалів. Грохочення та його види. Матеріальний баланс, ефективність та кінетика процесу.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій грохотів і класифікаторів.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 2: дослідження кінетики осадження (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
Тема 2. Гідромеханічні процеси.		
5	Лекція. Вступ до гідромеханічних процесів. Основні бінарні системи та їх особливості. Гідродинамічна подібність. Базові та похідні критерії гідродинамічної подібності.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 2: дослідження кінетики осадження (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.
6	Лекція. Розділення неоднорідних систем під дією сили тяжіння: фізичні основи процесу, виведення рівняння осадження у диференціальному та інваріантному виглядах, аналіз параметрів процесу і визначення його швидкості, підходи до вибору обладнання.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій осаджувального обладнання.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 3: Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
7	Лекція. Розділення під дією перепаду тиску: базові відомості про фільтрування, швидкість і кінетика фільтрування, рівняння процесу та його частинні випадки.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій фільтрувального обладнання.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 3: Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (93 година за навчальним планом)
8	Лекція. Розділення під дією відцентрової сили-1. Розділення у циклонах: особливості процесу і конструкції циклонів, оцінка ефективності розділення, рівняння розділення під дією відцентрової сили і його застосування.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій циклонів.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 4. Дослідження роботи фільтрувальної центрифуги (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
9	Лекція. Розділення під дією відцентрової сили-2. Розділення у центрифугах: особливості процесу і конструкцій центрифуг та їх застосування, визначення часу осадження, продуктивності та енерговитрат на проведення процесу.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій центрифуг.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 4. Дослідження роботи фільтрувальної центрифуги (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.
10	Лекція. Основи псевдозрідження: суть процесу та його особливості, види псевдозріджених шарів і режими псевдозрідження відомості щодо практичного застосування, криві псевдозрідження і аналіз процесу, особливості розрахунків.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій апаратів для проведення псевдозрідження та газорозподільних пристроїв.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 5. Дослідження перемішування рідин (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
11	Лекція. 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.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій апаратів для проведення перемішування та механічних перемішувальних пристроїв.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 5. Дослідження перемішування рідин (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (93 година за навчальним планом)
12	Лекція. Спеціальні способи перемішування: барботаже, циркуляційне, з використанням статичних змішувачів; оцінка інтенсивності та ефективності перемішування.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій обладнання для проведення барботажного і циркуляційного перемішування, статичних змішувачів.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 6. Дослідження гідродинаміки насадкової колони (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
Тема 3. Масообмінні процеси.		
13	Лекція. Основи масообміну: найпоширеніші масообмінні процеси та їх особливості; фізична суть масопередачі; рівновага при масопередачі; базові закони; матеріальний баланс масообміну, рівняння робочої лінії та його частинні випадки; основне рівняння масопередачі.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 6. Дослідження гідродинаміки насадкової колони (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.
14	Лекція. Механізми масопередачі: молекулярна, турбулентна, конвективна дифузія; перший закон Фіка, термодифузія; аналогія гідродинамічних, теплових і масообмінних процесів; другий закон Фіка; масовіддача і закон Шукарева; перенесення маси на границі розділу фаз.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 7. Дослідження масопереносу при десорбції в насадковій колоні (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
15	Лекція. 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.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 7. Дослідження масопереносу при десорбції в насадковій колоні (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.

Тиждень	Зміст навчальної роботи	СРС (93 година за навчальним планом)
16	Лекція. Подібність процесів перенесення. Базові критерії подібності при масообміні та їх фізична суть.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 8. Дослідження тарілчастої ректифікаційної колони (дослідна частина).	Підготовка до лабораторної роботи. Оформлення протоколу.
17	Лекція. Базові відомості про абсорбцію та десорбцію. Способи проведення. Кінетика і особливості процесів.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій абсорберів та їх складових.
	Лабораторне заняття. Лабораторна робота 8. Дослідження тарілчастої ректифікаційної колони (аналітична частина).	Проведення розрахунків, узагальнення одержаних результатів, формулювання висновків за результатами роботи.
18	Лекція. Базові відомості про ректифікацію і перегонку. Особливості процесів. Фізичний зміст понять числа одиниць перенесення і висоти одиниці перенесення, підходи до їх визначення, пояснення застосування.	Опрацювання тематики заняття. Робота з рекомендованою літературою. Вивчення конструкцій апаратів для перегонки, ректифікаційних колон та їх складових.
	Лабораторне заняття. Модульна контрольна робота. Здача звіту з лабораторних робіт.	Підготовка до модульної контрольної роботи. Оформлення звіту з лабораторних робіт.
<p><u>Примітка.</u> Лабораторні роботи виконуються студентами у підгрупах. Рекомендована кількість студентів у підгрупі – чотири. Порядок виконання лабораторних робіт визначається викладачем, який керує лабораторним практикумом, індивідуально для кожної з підгруп.</p>		

6. Самостійна робота студента

Види самостійної роботи вказані в п. 5, відповідно до навчальних тижнів та запланованих навчальних занять.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

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 6 балів за кожну виконану і захищену лабораторну роботу, максимум за всі лабораторні заняття $6 \times 8 = 48$ 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 (освітнього компонента)

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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено доцентом кафедри МАХНВ, к.т.н., доцентом Семінським Олександром Олеговичем.

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.)