



Інтенсифікація гідродинамічних процесів
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Третій (доктор філософії)
Галузь знань	13 механічна інженерія
Спеціальність	133 галузеве машинобудування
Освітня програма	Галузеве машинобудування
Статус дисципліни	Вибірковий
Форма навчання	Денна
Рік підготовки, семестр	2 курс, весняний семестр
Обсяг дисципліни	120 годин (18 – годин лекції) 18 годин – практичні 84 години – СРС
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://ecampus.kpi.ua/
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: д.т.н професор Корнієнко Я.М. YNK@kpi.ua Практичні: Корнієнко Я.М.
Розміщення курсу	https://ecampus.kpi.ua/

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна спрямована на поглиблення уявлень аспірантів щодо сутності процесів перенесення енергії, маси та кількості руху в суцільних та дисперсійних середовищах. При розгляданні різних процесів теплообміну необхідно оцінити вплив режимів руху суцільних середовищ на ефективність процесів перенесення. Розглядаються різні способи підвищення інтенсивності дифузійно-контрольованих процесів в системах газ – рідина, тверде тіло – рідина, а також технологічних процесів при наявності фазових переходів, зокрема зневоднення та грануляції. Особливо масової кристалізації при одержанні твердих компонентів із заданими властивостями.

Основна увага приділяється зменшенню витрат енергії на процеси тепло- масообміну при досягненні високих якісних кінетичних характеристик.

Предмет навчальної дисципліни

Основні сучасні теорії та підходи, щодо інтенсифікації процесів тепломасообміну через застосування різних способів взаємодії суцільного середовища при неоднорідному русі або із застосуванням явища кавітації. Особливості застосування різних факторів інтенсивності гідродинамічних процесів без порушення функціонування апаратів та екологічної безпеки.

Метою цієї дисципліни є формування у аспірантів комплексу знань в області проведення процесів перенесення в обладнанні хімічної технології з метою підвищення їх інтенсивності та розроблення засад енергоефективного обладнання.

Відповідно до мети підготовки докторів філософії вимагає поглиблення сформованих у аспірантів компетентностей:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу робочих гіпотез;
- здатність до генерування нових ідей (креативності);
- здатність до осмислення філософсько-світоглядних засад, сучасних тенденцій, напрямків і закономірностей розвитку вітчизняної науки в умовах глобалізації та інтернаціоналізації.

Аспіранти після засвоєння дисципліни мають набувати таких знань:

Знати пріоритетні напрямки розвитку науки, техніки і технології в Україні та за кордоном;

Знати сучасні методи та способи гідродинамічної активізації суцільних та дисперсійних середовищ.

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

Вивчення дисципліни базується на засадах інтеграції різноманітних знань, отриманих аспірантами протягом бакалаврату та магістратури, вивченні дисциплін природного та інженерно-технологічного спрямування.

Представлена дисципліна є фундаментальною основою, що сприятиме розв'язання комплексних задач в області розроблення інноваційних енергоефективних процесів хімічної технології та обладнання для їх реалізації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Процеси перенесення при наявності фазового переходу

Тема 1. Теоретичні засади тепломасообміну в процесах сушіння, зневоднення та грануляції.

Тема 2. Критичний аналіз процесів та обладнання для проведення процесів сушіння, зневоднення та грануляції.

Тема 3. Теоретичні засади підвищення енергоефективності сушильних установок.

Розділ 2. Підвищення ефективності процесів перенесення у псевдозрідженому шарі.

Тема 4. Теоретичні засади тепломасообміну в апаратах із псевдозрідженим шаром.

Тема 5. Оцінка енергозатрат на створення активної гідродинаміки в апаратах для зневоднення та грануляції рідких систем у псевдозрідженому шарі.

Тема 6. Теоретичні засади неоднорідного псевдозрідження. Критерій оцінки якості гідродинаміки неоднорідного псевдозрідження.

Тема 7. Визначення базових характеристик струменево-пульсаційного псевдозрідження в автоколивальному режимі.

Тема 8. Оцінка кінетичних характеристик процесу грануляції при застосуванні неоднорідного псевдозрідження.

Тема 9. Методи узагальнення результатів дослідження та принципи розроблення конструкції промислового апарату.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Корнієнко Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології 1: підручник / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок, В. Л. Ракицький, Г. Л. Рябцев // К.: НТУУ «КПІ». – 2011. – Ч.1. – 300 С.
2. Корнієнко Я. М. Процеси та обладнання хімічної технології 2: Підручник / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок, В. Л. Ракицький, Г. Л. Рябцев // К.: НТУУ „КПІ”. – 2011. – Ч.2. – 416 С.
3. Товажнянський Л. Л. Процеси та апарати хімічної технології / Л. Л. Товажнянський, А. Л. Готлінська, В. О. Нечипоренко. І. С. Чернишов // Харків, НТУ. – 2006. – Ч.1. – 540 С.
4. Товажнянський Л. Л. Процеси та апарати хімічної технології / Л. Л. Товажнянський, А. Л. Готлінська, В. О. Нечипоренко І. С. Чернишов. – Харків, НТУ. – 2006. – Ч.2. – 540 С.
5. Корнієнко Я. М. Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, О. В. Мартинюк // НТУУ «КПІ». – 2014. – 349 С.
6. Корнієнко Я. М. Процес зневоднення композитних рідких систем в псевдозрідженому шарі із застосуванням механічного диспергатора / Я. М. Корнієнко, Д. С. Семененко, О. В. Мартинюк. С. С. Гайдай // НТУУ «КПІ». – Київ. – 2015. – 167 С.
7. Корнієнко Я. М. Процес одержання модифікованих гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, А. М. Любека, С. С. Гайдай // КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. – 2017. – 210 С.
8. Корнієнко Я. М. Процеси гранулоутворення мінерально-гумінових добрив / Я. М. Корнієнко, Р. В. Сачок // Електронне видання. – 2014 р. – 158 С.

Додаткова література

9. Нагурський О. А. Закономірності капсулювання речовин у стані псевдозрідження та їх дифузійного вивільнення: монографія / О. А. Нагурський // М-во освіти і науки, молоді та спорту України, Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л.: Вид-во Львів. політехніки. – 2012. – 188 С.
10. Никитенко Н. Н. Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена. Монография / Н. Н. Никитенко, Ю. Ф. Снежкін, Н. Н. Сороковая, Ю. Н. Кольчик // НВП «Видавництво наукова думка». – НАН України. – 2014. – 567 С.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

11. Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://mspi.gov.ua>.
12. Союз хіміків України [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <http://chemunion.org.ua/uk>.
13. International congress of chemical process [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://2020.chisa.cz>.
14. Digital management of the construction process – developed by entrepreneurs for entrepreneurs [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://www.chisa.dk>.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних глибоких знань з дисципліни, рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі роботи критичної творчої роботи спільно з викладачем;
- виховання у аспірантів професійних якостей та розвиток у них самостійного творчого мислення;
- усвідомлення світових тенденцій розвитку науки в області інтенсифікації процесів тепло- масообміну в промисловому обладнанні;
- усвідомлення методів обробки інформаційних ресурсів та визначення основних напрямків щодо вирішення конкретних науково – технічних задач;
- викладання матеріалів досліджень чіткою та якісною мовою з дотримання структурно– логічних зв'язків, роз'яснення всіх наведених термінів і понять доступних для сприйняття аудиторією.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1	2	3
Розділ 1. Процеси перенесення при наявності фазових переходів		
1	Теоретичні засади процесів тепло- масообміну в процесах сушіння, зневоднення та грануляції Проведення аналізу процесів тепло- масообміну в системах: газ – тверде тіло, газ – рідина, що супроводжується ізотермічною кристалізацією. Література: [1, 2, 3, 4] Завдання на СРС. Визначити лімітуючі стадії процесу видалення вологи при сушінні, зневодненні та грануляції моно- та полікомпонентних рідких систем.	2
2	Критичний аналіз процесів та обладнання для проведення процесів сушіння, зневоднення та грануляції Аналіз енерго витрат на процеси тепло- масообміну, що супроводжуються фазовими переходами. Ефективність використання рушійних сил по тепло та масообміну. Конструкція сушильного обладнання. Література: [1, 2, 3, 4, 5] Завдання на СРС. Обґрунтувати технічні рішення подачі сушильного агенту для підвищення інтенсивності видалення вологи в першому та другому періоді сушіння.	2
3	Теоретичні засади підвищення енергоефективності сушильних установок Наводяться методики оцінки ефективності сушарок для різних форм вологи. Способи регулювання рушійної сили при масообміну Література: [1, 2, 3, 4] Завдання на СРС. Проаналізувати схеми сушильних установок із відкритими та закритими циклами. Порівняти енергозатрати при	2

	застосуванні схем з тепловим насосом.	
Розділ 2. Підвищення ефективності процесів перенесення у псевдозрідженому шарі		
4	<p>Теоретичні засади тепломасообміну в апаратах із псевдозрідженим шаром</p> <p>Реалізація міжфазового контакту в апаратах із псевдозрідженим шаром. Однорідне псевдозрідження. Особливості теплообміну при сушінні та зневодненні і грануляції рідких систем.</p> <p>Література: [12, 67, 8]</p> <p>Завдання на С.Р.С. Визначити вплив гідродинамічних режимів псевдозрідження на ефективність процесів перенесення при сушінні та зневодненні і грануляції рідких систем.</p>	2
5	<p>Оцінка енерговитрат на створення активної гідродинаміки в апаратах для зневоднення та грануляції рідких систем у псевдозрідженому шарі</p> <p>Провести аналіз конструкцій газорозподільчих пристроїв (ГРП) для визначення раціональної конструкції в яких мінімізується ризик застійних зон. Визначатись із способом введення теплоносія з високою температурою у випадку зневоднення та грануляції рідких систем. Провести розрахунок коефіцієнта гідравлічного опору ГРП, при значенні приведених швидкостей від 25 до 40 м/с.</p> <p>Літератур: [2, 5, 6, 7, 8]</p> <p>Завдання на СРС. Розрахувати гідравлічний опір ГРП для трьох обраних типів та визначити надійність їх роботи за методом професора Тагута</p>	2
6	<p>Теоретичні засади неоднорідного псевдозрідження. Критерій оцінки неоднорідного псевдозрідження.</p> <p>Розглядають способи інтенсифікації процесів тепломасообміну системи газ – тверде тіло при проведенні процесів зневоднення та грануляції:</p> <p>Розглядаються фактори, які впливають на інтенсивність дифузійно контрольованих процесів при контакті нагрітого теплоносія з поверхнею твердих частинок. Можливість підвищення інтенсивності об'ємного тривимірного перемішування зернистого матеріалу при неоднорідному псевдозрідженні.</p> <p>Література: [5, 6, 7, 8]</p> <p>Завдання на СРС. Ознайомитись з особливостями перебігу процесів перенесення в системі газ – тверде тіло при пульсаційному режимі подачі газового теплоносія та зміні напрямку руху зернистого матеріалу в апараті.</p> <p>Ознайомитись із способами реалізації неоднорідного псевдозрідження.</p>	2
7	<p>Визначення базових характеристик струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження в автоколивальному режимі</p> <p>Фізична модель струменево – пульсаційного режиму гідродинаміки неоднорідного псевдозрідження в автоколивальному режимі. Умова та</p>	2

	<p>формування газових бульбашок та співвідношення їх розмірів з геометричними розмірами камери гранулятора. Вплив робочої приведеної швидкості газу на частоту пульсацій, та інтенсивності руху зернистого матеріалу на робочих поверхнях ГРП. Поняття визначення числа псевдозрідження $K_w = w_p / w_{кр}$, та індексу неоднорідності $i_n = \epsilon_{II} / \epsilon_I$ ($\epsilon_{III} / \epsilon_I$)</p> <p>Література [5, 6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС. Проаналізувати вплив еквівалентного діаметра частинок на умови реалізації струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження в автоколивальному режимі. Визначити K_w і i_n.</p>	
8	<p>Оцінка кінетичних характеристик процесу грануляції при застосуванні неоднорідного псевдозрідження</p> <p>При сталих умовах реалізації процесу: температура теплоносія на вході до апарату та в шарі, також при сталих витратах рідкої фази, яка подається до гранулятора з інтервалом 20 хв визначаються:</p> <ul style="list-style-type: none"> - динаміка зміни $d_e = f(\tau)$; - динаміка зміни масових відсотків окремих фракцій $x = f(\tau)$; - динаміка зміни коефіцієнта грануляції $\psi = f(\tau)$, $\psi_{min} \geq 85\%$ <p>Література [5, 6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС. При корисній різниці температур $\Delta T = T_{вх} - T_{ш} = 100$ °С, розрахувати витрати теплоти на випаровування 1 кг вологи та порівняти з теоретичними значеннями. Провести аналіз динаміки зміни масових відсотків окремих фракцій та визначити механізм грануляції – пошаровий чи агломераційний.</p>	2
9	<p>Методи узагальнення результатів дослідження та принципи розроблення конструкції промислового апарату.</p> <p>Проведення статистичної обробки результатів вимірювань фізичних величин. Графічна інтерпретація результатів та застосування різних способів апроксимації: Визначення похибок одержаних кореляційних залежностей. Формування критеріїв масового переходу та розрахунку вузлів промислового апарату.</p> <p>Література [6, 7, 8]</p> <p>Завдання на СРС. Порівняння базових кінетичних характеристик при зневодненні рідких систем з різною концентрацією сухих речовин.</p> <p>Сформулювати конструкцію блочно-модульного промислового апарату при реалізації струменево-пульсаційного режиму псевдозрідження в автоколивальному режимі.</p>	2
	Всього	18

Практичні заняття

Повинні допомагати аспірантам розвивати творче мислення, креативний підхід до наукового обґрунтування напрямку та методології досліджень.

Основні задачі циклу практичних занять:

- допомогти аспірантам систематизувати і поглибити знання теоретичного характеру в області тепломасопереносу в динамічних дисперсних системах;
- сприяти навчанню аспірантів методології визначення лімітуючих факторів процесів перенесення кількості руху, теплоти та маси в динамічних системах при наявності фазового переходу;
- формувати критерії оцінки ефективності процесів перенесення та вміти визначати рівень питомих витрат енергії.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1	2	3
1	<p>Масообмін у процесах сушіння та при зневодненні і грануляції розчинів у псевдозрідженому шарі.</p> <p>Фактори, які визначають швидкість сушіння в першому та другому періодах. Тепловий баланс процесів сушіння. Розрахунок рушійної сили процесу по масообміну.</p> <p>Визначення рушійної сили масообміну при зневодненні розчинів та грануляції. Пропозиції щодо збереження рушійної сили.</p> <p>Література: [6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС.</p> <p>Визначити температуру «мокрого термометра» для процесів конвективного сушіння.</p> <p>Розрахувати раціональну температуру теплоносія в шарі при зневодненні та грануляції 40% розчину сульфату амонію.</p>	2
2	<p>Критичний аналіз способів сушіння, їх конструктивного оформлення та визначення відмінності від грануляції у псевдозрідженому шарі.</p> <p>Методика оцінки впливу конструкції вузлів апаратів для зневоднення та грануляції на стійкість кінетики процесів та пропозиція технічних рішень щодо усунення виявлених недоліків.</p> <p>Література: [6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС.</p>	1

	<p><i>Проаналізувати способи подачі рідкої фази до гранулятора.</i></p> <p><i>Визначити раціональний спосіб контакту зернистого матеріалу із газовим теплоносієм.</i></p> <p><i>Сформулювати вимоги до конструкції газорозподільних пристроїв (ГРП) для грануляторів із псевдозрідженим шаром.</i></p>	
3	<p><i>Способи підвищення енергоефективності сушильних установок.</i></p> <p><i>Підвищення ефективності використання теплоти в сушарках різного типу в залежності від форм зв'язаної вологи.</i></p> <p><i>Розроблення робочої гіпотези оцінки роботи трьох типів апаратів при грануляції рідких систем. Методи підвищення ефективності процесів перенесення.</i></p> <p><i>Література: [6, 7, 8].</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>Провести розрахунки ефективності використання теплоти для сушарок кондуктивного та конвективного типів. Порівняти цей параметр для апаратів із псевдозрідженим шаром.</i></p>	1
4	<p><i>Розрахунок процесу зневоднення та грануляції у псевдозрідженому шарі.</i></p> <p><i>Визначення витрат теплоти на випаровування 1 кг вологи при трьох значеннях корисної різниці температур $\Delta T=100, 200$ та $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ при температурі в шарі 96°C.</i></p> <p><i>Література: [6, 7, 8].</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>Проаналізувати значення робочої швидкості псевдозрідження для моно- і полідисперсного шару з еквівалентним діаметром частинок $d_e=2,0; 2,5; 3,0$ мм.</i></p>	2
5	<p><i>Оцінка ефективності забезпечення активного руху зернистого матеріалу на робочих поверхнях ГРП.</i></p> <p><i>Розрахунок кінетичної енергії газового струменя, спрямованого вздовж робочої поверхні ГРП для запобігання утворенню застійних зон.</i></p> <p><i>Література: [6, 7, 8].</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>Проаналізувати конструкції ГРП, які дозволяють мінімізувати ризик утворення застійних зон на робочій поверхні ГРП та сприяти створенню</i></p>	2

	<i>активного спрямованого перемішування зернистого матеріалу в апараті.</i>	
6	<p>Способи створення неоднорідного псевдозрідження.</p> <p><i>Типи конструкцій вузлів пульсаційної подачі газового теплоносія в камеру гранулятора з механічними пульсаторами.</i></p> <p><i>Особливості конструкції ГРП та способів введення теплоносія до гранулятора при струменево-пульсаційному неоднорідному псевдозрідженні.</i></p> <p><i>Література: [6, 7, 8].</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>Встановити залежність частоти пульсацій від висоти початкового шару та приведенного числа псевдозрідження.</i></p>	2
7	<p>Визначення механізму грануляції та оцінка ефективності кінетики процесу.</p> <p><i>Використовуючи відомі методики розрахувати:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <i>– еквівалентний діаметр гранул в апараті у заданому інтервалі часу;</i> <i>– оцінити інтенсивність приросту маси шару в апараті через збільшення середніх значень гідравлічного опору шару;</i> <i>– проаналізувати динаміку зміни масових відсотків окремих фракцій та характер обміну між фракціями;</i> <i>– проаналізувати динаміку зміни коефіцієнта грануляції та у випадку $\varphi \leq 80\%$ запропонувати робочу гіпотезу підвищення цього параметра, ґрунтуючись на основних засадах тепло-масообміну в динамічних дисперсних системах.</i> <p><i>Література: [6, 7, 8].</i></p> <p><i>Завдання на СРС.</i></p> <p><i>За результатами аналізу процесу визначити лімітуючу стадію процесу зневоднення і грануляції та визначити вагомість впливу на процес технологічних та гідродинамічних параметрів.</i></p>	2
8	<p>Процеси перенесення при неоднорідному псевдозрідженні.</p> <p><i>Особливості міжфазового контакту при проведенні тепло-масообмінних процесів в умовах неоднорідного струменево-пульсаційного псевдозрідження в автоколивальному режимі.</i></p> <p><i>Вплив пульсаційної подачі теплоносія на порозність шару в окремих зонах апарату та дзеркальна зміна векторів швидкості окремих кластерів</i></p>	2

	<p>зернистого матеріалу.</p> <p>Література: [6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС.</p> <p>Оцінити динаміку зміни порозності в окремих зонах апарату та пульсаційну зміну швидкості окремих твердих частинок.</p>	
9	<p>Узагальнення результатів.</p> <p>Використання визначених фізичних величин для розв'язку обраної математичної моделі. Одержання кореляційних залежностей та межі їх застосування і верифікація. Формулювання критеріїв подібності для розрахунку конструкцій вузлів промислового апарата.</p> <p>Література: [6, 7, 8].</p> <p>Завдання на СРС.</p> <p>Розв'язати рівняння теплового балансу для газової та твердої фаз при зневодненні і грануляції рідких систем із різною динамікою порозності.</p>	2
10	Залік	2
	Разом	18

6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота становить 70% вивчення кредитного модуля, до якої входить і підготовка до заліку. Головне завдання самостійної роботи аспірантів – це поглиблення світоглядних та наукових знань у напрямках, визначених у лекціях, шляхом пошуку необхідної інформації, формування наполегливості та творчого пошуку у формуванні робочих гіпотез для інтенсифікації процесів перенесення.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин
1	2	3
Розділ 1. Процеси перенесення при наявності фазового переходу		
1	<p>Основні види перенесення кількості руху, енергії та маси у процесах сушіння та зневоднення рідких систем.</p> <p>Вплив гідродинаміки на процеси перенесення в системі газ-тверде тіло.</p> <p>Умови видалення з пористих тіл поверхневої вологи.</p> <p>Теплообмін при масовій кристалізації розчинів на поверхні твердого тіла.</p> <p>Оцінка ефективності теплообміну при кондуктивному та конвективному способах підведення теплоти до рідкої фази.</p> <p>Масова кристалізація сульфату амонію з однокомпонентних розчинів</p>	30

	та у присутності домішок органічного та мінерального походження. Література: [6, 7, 8].	
Розділ 2. Підвищення ефективності процесів перенесення у псевдозрідженому шарі		
2	<p>Базові режими гідродинаміки у системі взаємодії газу і зернистого матеріалу: барботажний, фонтануючий, поршневий.</p> <p>Розрахунок критичної швидкості та приведеного числа псевдозрідження.</p> <p>Провести критичний аналіз конструкцій газорозподільних пристроїв та камери апаратів, які забезпечують інтенсивне об'ємне перемішування моно- і полідисперсних матеріалів.</p> <p>Визначити розміри твердих частинок, при яких можлива активна гідродинаміка без утворення застійних зон на робочій поверхні ГРП.</p> <p>Особливості теплообміну при однорідному псевдозрідженні.</p> <p>Як змінюється висота шару, на якій реалізується корисна різниця температур у випадку таких режимів: барботажного, фонтануючого та поршневого.</p> <p>Обґрунтувати методику визначення лімітуючих стадій перенесення теплоти при реалізації різних режимів псевдозрідження при сушінні зернистих матеріалів у першому та другому періодах.</p> <p>Опанувати теоретичні засади процесу зневоднення та грануляції рідких систем.</p> <p>Сформулювати основні принципи стійкої кінетики процесу в залежності від механізму грануляції.</p> <p>Особливості конструкцій ГРП при застосуванні теплоносія з температурою, що перевищує температуру плавлення матеріалу.</p> <p>Критична оцінка способів та конструкцій розподільвачів для введення рідкої фази до гранулятора.</p> <p>Умови реалізації процесу з коефіцієнтом грануляції $\psi \geq 90\%$ при збереженні рушійної сили по масообміну.</p> <p>Визначення лімітуючої стадії процесу та формулювання пропозицій щодо підвищення інтенсивності дифузійно-контрольованих процесів.</p> <p>Особливості гідродинаміки неоднорідного псевдозрідження та доцільність застосування цього методу для інтенсифікації процесу.</p> <p>Базові конструктивно-технологічні принципи гранулятора для</p>	48

	<p>реалізації неоднорідного псевдозрідження в автоколивальному режимі.</p> <p>Визначення кінетичних характеристик, за якими доцільно проводити порівняння ефективності процесів зневоднення та грануляції для барботажного та неоднорідного струменево-пульсаційного режимів псевдозрідження.</p> <p>Література: [6, 7, 8].</p>	
3	Підготовка до заліку	6
	Разом	84

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять та поведінки на заняттях

Відвідування занять є обов'язковим. Аспіранти зобов'язані брати активну участь у навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважних причин, не заважати викладачу проводити заняття та не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих доробків та робочих гіпотез.
Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.
- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

Політика дедлайнів та перескладань

У разі виникнення академічних заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, аспіранти мають зв'язатися з викладачем для узгодження алгоритму дій, пов'язаних із вирішенням існуючих проблем.

Політика академічної доброчесності

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань при використанні друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять.

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

Політика академічної поведінки і етики

Аспіранти мають бути толерантним, поважати думку оточуючих, заперечення формулювати в коректній формі, адекватно підтримувати зворотний зв'язок на заняттях.

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>

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

Розподіл навчального часу за видами занять і завдань з дисципліни згідно з робочим навчальним планом:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
4	4	120	18	18	—	84	-	—	залік

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

Рейтинг аспіранта з кредитного модуля складається з балів, що він отримує за роботу на практичних заняттях.

Семестровим контролем є залік.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

Виконання завдань на практичних заняттях.

Ваговий бал на 1 та 2 практичних заняттях складає по 15 балів; на практичних заняттях 3 – 9 – по 10 балів.

Критерії оцінювання виконання практичного завдання

Повнота та ознаки виконання завдання	Бали	
Завдання виконане в повній мірі	15	10
Незначні недоліки за пунктом 1	13-14	8-9
Несвоєчасне виконання завдання	10-12	7
Несвоєчасне виконання завдання, недоліки за п. 1	2-9	2-6
Неякісне виконання завдання	1	1
Невиконання завдання	0	0

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 2 \cdot 15 + 7 \cdot 10 = 100 \text{ балів}$$

За результатами навчальної роботи за перші 7 тижнів «ідеальний аспірант» має набрати 40 балів. На першій атестації (8-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 20 балів.

За результатами навчальної роботи за 13 тижнів навчання «ідеальний аспірант» має набрати 90 балів. На другій атестації (14-й тиждень) аспірант отримує «зараховано», якщо його поточний рейтинг не менше 40 балів.

Максимальна сума балів складає 100. Для отримання заліку з кредитного модуля «автоматом» потрібно мати рейтинг не менше 60 балів.

Необхідною умовою допуску до заліку є рейтинг, що складає не менше 40 % від рейтингової шкали (R), тобто 40 балів.

Аспіранти, які набрали протягом семестру рейтинг менше 0,6 R, а також ті, хто хоче підвищити загальний рейтинг, виконують залікову контрольну роботу. При цьому всі бали, що були ними отримані протягом семестру, скасовуються. Завдання контрольної роботи

містять запитання, які відносяться до різних розділів кредитного модуля. Перелік залікових запитань наведено у Розділі 9.

Для отримання залікової оцінки, сума всіх отриманих протягом семестру рейтингових балів **R** переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка
95...100	відмінно
85...94	дуже добре
75...84	добре
65...74	задовільно
60...64	достатньо
$RD < 60$	незадовільно
Не виконані умови допуску	не допущено

7. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Орієнтовний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль

1. Процеси масопередачі. Механізм передачі маси.
2. Матеріальний баланс масообміну. Вивід рівняння робочої лінії процесу в масообмінних апаратах.
3. Стан рівноваги. Правило фаз.
4. Розрахунок середньої рушійної сили процесу, коли лінія рівноваги пряма.
5. Конвективна дифузія. Закон Щукарева.
6. Молекулярна дифузія. Фізична сутність.
7. Визначення середньої рушійної сили процесу для випадку, коли лінія рівноваги крива.
8. Вивід критеріїв подібності для масообмінних процесів.
9. Фізична суть конвективної дифузії.
10. Коефіцієнти масопередачі. Фізична сутність.
11. Фізична модель молекулярної дифузії. Перший закон Фіка.
12. Вивід диференційного рівняння молекулярної дифузії.
13. Перетворення основного рівняння масопередачі для насадкових колон.
14. Число одиниць переносу. Висота одиниці переносу.
15. Стан рівноваги. Правило фаз. Закон Генрі.
16. Фізична модель процесу масопередачі.
17. Особливості масообміну в системі газ-тверде тіло.
18. Основні параметри газового теплоносія як сушильного агенту.
19. Фактори які впливають в перший та другий період сушіння. Способи інтенсифікації процесу сушіння при конвективній та кондуктивній сушці.
20. Пояснити сутність дифузійно контрольованих процесів. Визначити форми, які обмежують швидкість процесу та надати пропозиції щодо його інтенсифікації.
21. Фізична сутність процесу псевдозрідження. Характеристика процесу, порозність ϵ , число псевдозрідження K_w , гідравлічний опір шару.
22. Методика розрахунку еквівалентного діаметра частинок в шарі та загальної поверхні шару через гідравлічний опір шару.
23. Пояснити, як впливає форма апарата та конструкція ГРП на характер псевдозрідження
24. Сформулювати основні вимоги до газорозподільчого пристрою (ГРП).
25. Обґрунтувати способи усереднення застійних зон на робочих поверхнях ГРП.
26. Методика визначення коефіцієнта гідравлічного опору ГРП, яка фізична сутність цього параметра?
27. Методика розрахунку критичної швидкості псевдозрідження (по Тодесу та по Ляценку)
28. Визначення активності гідродинамічного режиму через критерій Архімеда.

29. Принципи організації неоднорідного псевдозрідження без встановлення вузла пульсаційної подачі газу.
30. Спосіб введення газових струменів для створення умов їх об'єднання та створення газової бульбашки.
31. Розрахунок розміру газової бульбашки в стані рівноваги в зернистому шарі.
32. Умови формування газових бульбашок для забезпечення об'ємної 3D циркуляції з частотою більше 2 Гц.
33. Методика розрахунку основних кінетичних характеристик процесу зневоднення та грануляції.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф., д.т.н., Корнієнко Я. М.

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол № 29 від 29.06.2021)