



Процеси та обладнання хімічної технології – 3. Гідромеханічні та механічні процеси
Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Комп'ютерно інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>денна (очна/дистанційна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>210 годин (36 – годин лекції; 36 годин – практичні; 18 годин – лабораторні; 120 години – СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>https://rozklad.kpi.ua/ https://ecampus.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., професор Корнієнко Ярослав Микитович YNK@kpi.ua</i> <i>Практичні: к.т.н., старший викладач Гайдай Сергій Сергійович ssgaidai@gmail.com</i> <i>Лабораторні: к.т.н., старший викладач Гайдай Сергій Сергійович ssgaidai@gmail.com</i>
Розміщення курсу	<i>https://ecampus.kpi.ua/</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Вивчення даної дисципліни дозволить студентам засвоїти фундаментальні поняття теорії перенесення кількості руху однофазних та багатофазних дисперсних систем. Дозволить сформулювати уявлення щодо способів розділення газових і рідких систем у полі сил тяжіння, відцентрових сил та в електричному полі. Сприятиме розумінню залежності ефективності розділення дисперсних систем та енерговитрат на реалізацію цього процесу. Розуміння сутності ефективності вилучення із дисперсій частинок, менших 10 мкм. Розширити уявлення про процеси перемішування в рідких і сипких системах та освоїти методики визначення основних критеріїв оцінки якості – ефективності та затрат енергії – інтенсивності. Ознайомить із основами теорії подрібнення та умовами реалізації таких процесів за умови виконання «Золотого правила подрібнення». Оволодіння методиками розрахунку обладнання

для гідромеханічних та механічних процесів дозволить створити професійну базову основу для успішного розроблення енергоефективного обладнання та мінімізувати його металоємність.

Предмет навчальної дисципліни

Системний підхід щодо вивчення процесів перенесення кількості руху в дисперсних системах із різним фазовим складом. розрахунки витрат енергії при розділенні та перемішуванні неоднорідних систем, а також освоєння базових принципів подрібнення матеріалів.

Міждисциплінарні зв'язки

Дисципліна «Процеси та обладнання хімічної технології – 3. Гідромеханічні та механічні процеси» ґрунтується на таких дисциплінах: процеси та обладнання хімічної технології – 1, 2; теоретична механіка; теорія машин та механізмів; деталі машин; фізична хімія; механіка матеріалів та конструкцій.

Метою цієї навчальної дисципліни є ґрунтовне ознайомлення студентів із теоретичними засадами гідромеханічних процесів, визначення умов ефективного проведення процесу, засвоєння практичних навичок розрахунків гідромеханічних апаратів та машин із використанням комп'ютерних технологій.

Основні завдання навчальної дисципліни

Студенти після засвоєння дисципліни мають набувати таких знань:

- сучасних підходів, методів і методик, вирішення задач при проектуванні, обслуговуванні, модернізації та утилізації відходів хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну;

- сучасних підходів, методів і методик, вирішення задач при виборі і підготовці сировини, отриманні продукції та утилізації відходів хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну.

Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає поглиблення сформованих у студентів компетентностей:

- користуючись науково-технічною інформацією, нормативними документами, професійними знаннями виконувати вирішення задач при проектуванні, обслуговуванні, модернізації та утилізації обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну;

- користуючись науково-технічною інформацією, нормативними документами, професійними знаннями самостійно виконувати вирішення задач при проектуванні та модернізації обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну;

- користуючись науково-технічною інформацією, нормативними документами, професійними знаннями виконувати вирішення задач при підборі та підготовці сировини, отриманні продукції та утилізації відходів хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну;

- застосовувати методи комп'ютерного інжинірингу з використанням спеціального програмного забезпечення виконувати комп'ютерне проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв з урахуванням базових принципів теорії тепломасообміну.

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

Пререквізити: здатність застосовувати знання на практиці при оцінці методів розрахунку гідромеханічних процесів, навички використання інформаційних та комп'ютерних технологій, здатність до пошуку, опрацювання та аналізу з різних джерел, здатність застосовувати знання про основні фізико-хімічні засади технологічних процесів хімічної інженерії.

Постреквізити: здатність застосовувати знання для практичного вирішення задач, пов'язаних із наданням інноваційних технічних рішень щодо проведення гідромеханічних процесів та вибору алгоритму його реалізації, здатність застосовувати комп'ютеризовані системи розрахунку для обґрунтування технічних рішень щодо удосконалення існуючого обладнання для підвищення його енергоефективності, здатність оцінювання техніко-економічної ефективності систем та їх складників на основі застосування аналітичних методів та аналізу аналогів, здатність приймати рішення щодо вибору конструкційних матеріалів для створення інноваційного обладнання.

Після опанування навчальної дисципліни студенти зможуть використовувати знання з фундаментальних дисциплін та математичний апарат для реалізації професійно-профільованих знань і практичних навичок для вирішення завдань системного інжинірингу зі створення ефективних процесів та інноваційного обладнання для їх реалізації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Розділ Гідромеханічні

процеси

Розділ 2. Механічні процеси

Практичні заняття

1. Розрахунок пилоосаджувальної камери (газового відстійника).
2. Розрахунок циклона.
3. Розрахунок гідроциклону.
4. Розрахунок стрічкового вакуум-фільтра.
5. Розрахунок барабанного вакуум-фільтра.
6. Розрахунок центрифуги відстійного типу.
7. Розрахунок фільтруючої центрифуги.
8. Розрахунок рідинної мішалки.
9. Розрахунок апарату із псевдозрідженим шаром.
10. Розрахунок щоклової дробарки.
11. Розрахунок валкової дробарки.
12. Розрахунок бігунів.
13. Розрахунок кульового млина.

Лабораторні заняття

1. Дослідження руху рідини в каналах.
2. Дослідження процесу осадження в полі сил тяжіння.
3. Дослідження роботи фільтруючої центрифуги.
4. Дослідження роботи мішалки для перемішування рідин.
5. Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару.
6. Дослідження роботи шокової дробарки.
7. Дослідження роботи валкової дробарки.

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. Процеси та обладнання хімічних технологій: Гідромеханічні та механічні процеси: лабораторний практикум. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, обладнання та технології хімічних та нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Я.М. Корнієнко, А.Р. Степанюк, С.В. Гулієнко., С.С. Гайдай – Електронні текстові данні (1 файл: 4,80 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 151 с. ([https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32178/1/P та OKhT.docx](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32178/1/P%20ta%20OKhT.docx)).
10. Монографія по псевдозрідженню. Корнієнко Я. М. Підвищення ефективності процесу одержання гранульованих гуміново-мінеральних добрив / Я. М. Корнієнко, С. С.

Гайдай, О. В. Мартинюк // НТУУ «КПІ». – Київ: НТУУ «КПІ». – 2014. – 349 С.
(<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11943>)

11. 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: НТУУ «КПІ». – 2015. – 167 С.

(<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/11944>)

12. 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.

(<http://ela.kpi.ua/handle/123456789/21268>)

13. Підвищення ефективності процесу грануляції органо-мінеральних добрив у апаратах із псевдозрідженим шаром [Електронний ресурс]: монографія для студентів, які навчаються за напрямком «Машинобудування», освітня програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 194 С.

14. Забезпечення стабілізації поверхні в динамічних дисперсних системах при грануляції органо-мінеральних добрив [Електронний ресурс]: монографія для студентів, які навчаються за напрямком «Машинобудування», освітня програма «Комп'ютерно-інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії»/ КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Я. М. Корнієнко, С. С. Гайдай, Куріньовський О. В.. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 193 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

15. Міністерство з питань стратегічних галузей промисловості України [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://mspu.gov.ua>.

16. Союз хіміків України [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <http://chemunion.org.ua/uk>.

17. International congress of chemical process [Електронний ресурс]. – 2021. – Режим доступу: <https://2020.chisa.cz>.

18. 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 студентів професійних якостей та розвиток у них самостійного творчого мислення;
- усвідомлення світових тенденцій розвитку науки в області інтенсифікації процесів тепло- масообміну в промисловому обладнанні через гідродинаміку;
- усвідомлення методів обробки інформаційних ресурсів та визначення основних напрямків щодо вирішення конкретних науково-технічних задач.

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількіст ь годин
1	2	3
Розділ 1. Гідромеханічні процеси		
1	Тема 1.1 Вступ. Загальні положення Наводиться характеристика дисперсій у залежності від агрегатного стану дисперсійного середовища та дисперсної фази. Література [1,2,3]. Завдання на СРС: Навести методики визначення дисперсного складу пилу.	2
2	Тема 1.2 Механічне очищення газів Розглянуто фізичну сутність процесів при розділенні неоднорідних газових систем у фізичних полях різної природи: гравітаційному, відцентровому та електростатичному, а також при фільтрації через перегородку та застосуванні методів «мокрого» газоочищення. Література [1,2,3]. Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів вибрати по одній конструкції з кожного способу очищення та провести критичний аналіз.	10
3	Тема 1.3 Розділення неоднорідних рідких систем Розглянуто фізичну сутність процесів розділення неоднорідних рідких систем під дією рушійних сил різної природи: гравітації та відцентрових, а також при фільтрації. Ознайомлення із основними кінетичними характеристиками при різних способах організації. Пояснення теоретичних засад процесу розділення у гідроциклонах. Формулювання уявлення про процеси розділення у центрифугах відстійного та фільтруючого типів. Набуття навиків розрахунку витрат енергії для проведення процесу. Опанування методиками для розрахунку центрифуг різного типу. Розглянуто фізичні засади процесу перемішування рідин. Ознайомлення із методиками визначення ефективності та інтенсивності процесу, що визначає раціональну область проведення процесу. Наведено фізичну сутність та особливості взаємодії дисперсної фази та суцільного середовища при псевдозрідженні. Поняття про число псевдозрідження та умови реалізації активної гідродинаміки при однорідному та неоднорідному псевдозрідженні. Опанування методики розрахунку апаратів. Література [1-14]. Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції апарату для кожного з розглянутих процесів та провести критичний аналіз.	16
Розділ 2. Механічні процеси		

5	<p>Тема 2.1 Подрібнення твердих матеріалів</p> <p>Розглянуто основні поняття, визначення та класифікацію процесів подрібнення. Пояснено сутність гіпотез подрібнення. Розглянуто</p>	4
---	---	---

	<p>способи подрібнення та наведено основні вимоги до машин подрібнення. Наведено принцип роботи машин великого, середнього та дрібного подрібнення. Ознайомлено із базовою методикою розрахунку машин для подрібнення. Розглянуто конструкції млинів та ознайомлено із методиками розрахунку кульових та вібромлинів.</p> <p>Література [1,2,3].</p> <p>Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції машин для подрібнення та провести критичний аналіз.</p>	
6	<p>Тема 2.2 Сортування та класифікація твердих матеріалів</p> <p>Розглянуто загальні положення та схеми класифікації твердих матеріалів за допомогою грохотів. Розглянуто фізичну сутність процесів класифікації:</p> <ul style="list-style-type: none"> - гідравлічної - повітряної - магнітної <p>та наведено методики розрахунку для їх проведення.</p> <p>Література [1,2,3,4].</p> <p>Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції для кожного із розглянутих типів процесу класифікації та провести критичний аналіз.</p>	4
	Всього	36

Практичні заняття

Повинні допомагати студентам набувати умінь застосовування теоретичних знань при розрахунку обладнання для проведення гідромеханічних та механічних процесів.

Основні задачі циклу практичних занять:

–допомогти студентам систематизувати і поглибити знання теоретичного характеру в області перенесення кількості руху в динамічних дисперсних системах;

–сприяти навчанню студентів методології визначення лімітуючих факторів процесів розділення та перемішування в динамічних системах, а також при подрібненні твердих матеріалів;

–формувані критерії оцінки ефективності гідромеханічних та механічних процесів та вміння визначати питомі енерговитрати та обирати область раціонального ведення процесу.

№ 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>Практичне заняття № 1.</p> <p>Розрахунок пилоосаджувальної камери (газового відстійника).</p> <p>Опанувати методику газового відстійника в полі сил тяжіння для двох типів твердих частинок, що відрізняються фізико-механічними властивостями та двох різних об'ємних витрат запиленого газу.</p> <p>Література [1,2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
---	--	---

2	<p>Практичне заняття № 2. Розрахунок циклона.</p> <p>Опанувати методику розрахунку апарата для розділення неоднорідних газових систем при двох різних фізико-механічних характеристик твердих систем та обрати конструкцію циклону, при якому досягається ефективність вловлювання не менше 95% при мінімальному гідравлічному опорі та металоємності для заданої продуктивності по запиленому газу.</p> <p>Література [2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	5
3	<p>Практичне заняття № 3. Розрахунок гідроциклонів.</p> <p>Опанувати методику розрахунку гідроциклонів. Обрати геометричні розміри та кількість гідроциклонів при яких забезпечуються високі значення коефіцієнта очищення.</p> <p>Література [2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
4	<p>Практичне заняття № 4. Розрахунок стрічкового вакуум-фільтра.</p> <p>Опанувати методику розрахунку стрічкового вакуум-фільтра для розділення суспензій.</p> <p>Література [2,3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
5	<p>Практичне заняття № 5. Розрахунок барабанного вакуум-фільтра.</p> <p>Опанувати методику розрахунку барабанного вакуум-фільтра для розділення середньо концентрованих суспензій.</p> <p>Література [2,3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
6	<p>Практичне заняття № 6. Розрахунок центрифуги відстійного типу.</p> <p>Опанувати методику розрахунку центрифуги відстійного типу для заданих витрат робочого середовища.</p> <p>Література [2,3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2

7	<p>Практичне заняття № 7.</p> <p>Розрахунок фільтруючої центрифуги.</p> <p>Опанувати методику розрахунку фільтраційної центрифуги.</p> <p>Визначити швидкість фільтрації та витрати потужності при заданому значенні фактору розділення.</p> <p>Література [2,3].</p>	2
---	---	---

	<i>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</i>	
8	<p>Практичне заняття № 8. Розрахунок рідинної мішалки.</p> <p>Опанувати методику розрахунку рідинної мішалки та порівняти витрати енергії при застосуванні різних типів перемішуючих пристроїв. Література [2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
9	<p>Практичне заняття № 9. Розрахунок апарату із псевдозрідженим шаром.</p> <p>Опанувати методику розрахунку апарату із псевдозрідженим шаром при однорідному псевдозрідженні для двох значень еквівалентного діаметра частинок у шарі. Література [2-14].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	4
10	<p>Практичне заняття № 10. Розрахунок щоклової дробарки.</p> <p>Опанувати методику розрахунку щоклової дробарки при різних параметрах дробильної камери. Порівняти питомі енерговитрати на процес подрібнення. Література [2, 3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	4
11	<p>Практичне заняття № 11. Розрахунок валкової дробарки.</p> <p>Опанувати методику розрахунку валкової дробарки при різних розмірах валків та зазору між валками. Порівняти питомі енерговитрати на процес подрібнення. Література [2, 3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	3
12	<p>Практичне заняття № 12. Розрахунок бігунів.</p> <p>Опанувати методику розрахунку бігунів для сухого подрібнення. Література [2, 3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	3
13	<p>Практичне заняття № 13. Розрахунок кульового млина.</p> <p>Опанувати методику розрахунку кульового млина для розмелювання твердих матеріалів. Література [2, 3, 4].</p>	3

	<i>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з</i>	
--	--	--

	патентного огляду.	
	Разом	36

Лабораторні заняття

Повинні допомагати студентам набувати умінь застосовування теоретичних знань при дослідженні обладнання для проведення гідромеханічних та механічних процесів.

Основні завдання циклу лабораторних робіт полягають в доскональному вивченні особливостей та механізму реалізації гідромеханічних та механічних процесів.

№ з/п	Назва теми лабораторного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Кількість годин
1	2	3
1	<p>Лабораторне заняття № 1. Дослідження руху рідини в каналах.</p> <p>Отримати уявлення про різні режими руху рідини в циліндричному каналі та опанувати методику розрахунку критерію Рейнольдса для різних режимів течії.</p> <p>Література [1,2,3,9].</p> <p>Завдання на СРС: Порівняти як впливають на режим руху рідини витрати суцільного середовища та його теплофізичні параметри.</p>	2
2	<p>Лабораторне заняття № 2. Дослідження процесу осадження в полі сил тяжіння.</p> <p>Визначити вплив на швидкість осадження твердих тіл із різними фізико-механічними властивостями у середовищах із різними теплофізичними параметрами та режими руху.</p> <p>Література [1,2,3,9].</p> <p>Завдання на СРС: Визначити як впливає температура рідкого середовища на швидкість осадження.</p>	3
3	<p>Лабораторне заняття № 3. Дослідження роботи фільтруючої центрифуги.</p> <p>Розширюється уявлення про цикли роботи центрифуги фільтраційного типу періодичної дії. Експериментально визначаються витрати потужності в пусковий та робочий періоди, час процесу розділення суспензії у полі відцентрових сил та вологість одержаного осаду. Приділяється увага зміні числа обертів барабана центрифуги при вивантаженні осаду.</p> <p>Література [1,2,3,9].</p> <p>Завдання на СРС: Проаналізувати вплив зменшення часу центрифугування та часу пуску центрифуги на витрати енергії.</p>	3

4	<p>Лабораторне заняття № 3.</p> <p>Дослідження роботи мішалки для перемішування рідин.</p> <p>Провести експериментальне визначення витрат на перемішування в пусковий та робочий періоди. Визначити критерії потужності та їх залежність від числа обертів мішалки.</p> <p>Література [1,2,3,9].</p> <p>Завдання на СРС: Провести аналіз енерговитрат на перемішування та обґрунтувати технічне рішення щодо зниження енерговитрат за</p>	3
---	---	---

	матеріалами патентного дослідження.	
5	<p>Лабораторне заняття № 3. Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару. Експериментально визначити залежність гідравлічного опору шару в залежності від приведеної швидкості газу в поперечному перерізі апарату. Визначити області існування стійкого режиму однорідного псевдозрідження. З'ясувати фізичну сутність числа псевдозрідження. Визначити коефіцієнт гідравлічного опору газорозподільного пристрою. Література [1,2,3,9]. Завдання на СРС: Провести аналіз конструкцій газорозподільних пристроїв та оцінити їх вплив на гідродинаміку псевдозрідженого шару.</p>	3
6	<p>Лабораторне заняття № 3. Дослідження роботи щоквої дробарки. Визначити вплив конструкції робочої камери дроблення та спосіб підвісу рухомої щоки на продуктивність та ступінь подрібнення. Визначити витрати енергії при різних ступенях подрібнення. Література [1,2,3,9]. Завдання на СРС: Проаналізувати вплив способу підвісу рухомої щоки на енерговитрати.</p>	2
7	<p>Лабораторне заняття № 3. Дослідження роботи валкової дробарки. Визначення максимального розміру частинок при якому можливе втягування матеріалу. Визначити енерговитрати при різних ступенях подрібнення. Література [1,2,3,9]. Завдання на СРС: Обґрунтувати пропозиції щодо виконання «Золотого правила подрібнення для валкових дробарок.</p>	2
	Разом	18

6. Самостійна робота студента

Мета самостійної роботи полягає у поглибленому вивченні методів, способів та конструкцій обладнання для проведення масообмінних процесів шляхом ознайомлення з вітчизняними та іноземними патентами за вказаними темами. Результати СРС вносяться до альбому конструкцій (звіт по СРС).

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин
1	2	3
Розділ 1. Гідромеханічні процеси		

1	<p>Тема 1.1 Вступ. Загальні положення</p> <p>Аналіз основних типів існуючих конструкцій апаратів для розділення неоднорідних газових систем з патентами за останні 10 років.</p> <p>Порівняння ефективності роботи базових конструкцій апаратів для розділення рідинних неоднорідних систем з відповідними патентами за останні 10 років.</p> <p>Література: [Література [1,2,3].</p>	22
---	--	----

2	<p>Тема 1.2. Перемішування рідин та сипких матеріалів. Розрахунок енерго-силових параметрів перемішуючих пристроїв та порівняння їх із сучасними технічними рішеннями, наведеними в патентах. Розрахунок основних параметрів апарату псевдозрідженого шару для забезпечення стійкої гідродинаміки. Література: [Література [1,2,3-14].</p>	22
Розділ 2. Механічні процеси		
3	<p>Тема 2.1 Подрібнення. На підставі огляду патентів навести конструкції дробарок, в яких реалізується «золоте правило механіки», або запропонувати своє вдосконалення обраної конструкції. За матеріалами патентного огляду вибрати патент за індивідуальним завданням та обґрунтувати пропозиції щодо вдосконалення конструкції. Література: [1, 2, 3].</p>	18
4	<p>Тема 2.2 Сорткування та класифікація твердих матеріалів За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції для кожного із розглянутих типів процесу класифікації та провести критичний аналіз. Література [1,2,3,4].</p>	12
5	Підготовка до модульної контрольної роботи	7
6	Виконання розрахункової роботи	9
7	Підготовка до іспиту	30
	Разом	120

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

–відвідування лекційних, практичних та лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення дисципліни;

–на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом, використовує Google диск для викладання матеріалів поточної лекції, додаткових ресурсів, практичних та лабораторних робіт та інше, викладач відкриває доступ до певної директорії для скидання методичних матеріалів у електронній формі;

–на лекції не бажано відволікати викладача від викладання матеріалу, усі запитання, уточнення та інше студенти задають в кінці лекції у відведений для цього час;

–лабораторні роботи виконуються у два етапи – перший етап: студенти підтверджують свою необхідну підготовку та проводять лабораторні роботи; другий етап: захист лабораторної роботи. Бали за лабораторну роботу зараховуються лише за наявності звіту;

–модульна контрольна робота пишеться на лекційних заняттях без застосування допоміжних засобів (мобільного телефону, планшету та ін.). Результат посилається у файлі до відповідної директорії Google диску;

–заохочувальні бали виставляються за активну участь у лекціях, участь у факультетських та університетських олімпіадах з навчальних дисциплін, у конкурсах робіт, підготовку оглядів наукових праць; презентацій по одній із тем СРС дисципліни тощо. Кількість заохочувальних балів не більше 10.

Методи навчання

При викладенні навчальної дисципліни для активації навчального процесу передбачено застосування таких навчальних технологій, як: проблемні лекції, роботи в малих групах тощо.

Проблемні лекції спрямовані на розвиток логічного мислення студентів і характеризуються тим, що коло питань теми обмежується двома-трьома ключовими моментами, увага студентів концентрується на матеріалі, що не знайшов відображення в підручниках, використовується досвід закордонних навчальних закладів з роздачею студентам під час лекції друкованого матеріалу та виділенням головних висновків з питань, що розглядаються. При читанні лекцій студентам даються питання для самостійного розмірковування, проте лектор сам відповідає на них, не чекаючи відповідей студентів. Система питань у ході лекції відіграє активізуючу роль, змушує студентів сконцентруватися і почати активно мислити у пошуках правильної відповіді.

Міні-лекції передбачають виклад навчального матеріалу за короткий проміжок часу і характеризуються значною ємністю, складністю логічних побудов, образів, доказів та узагальнень. Міні-лекції проводяться, як правило, як частина заняття-дослідження.

Кейс-метод (метод аналізу конкретних ситуацій) дає змогу наблизити процес навчання до реальної практичної діяльності спеціалістів і передбачає розгляд виробничих, управлінських та інших ситуацій, складних конфліктних випадків, проблемних ситуацій, інцидентів у процесі вивчення навчального матеріалу.

Інструменти та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна «Процеси та обладнання хімічної технології – 4. Масообмінні процеси».

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:

Семест р	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
6	7	210	36	36	18	120	2	1	іспит

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

- виконання практичних завдань (36 години)
- виконання лабораторних робіт (18 годин)

- виконання модульної контрольної
- виконання розрахункової роботи

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Практичні роботи

Виконання практичних робіт оцінюється:

- «відмінно» – повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 2 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 0,75 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь, невчасно, після заняття, виконане завдання (не менше 60% потрібної інформації) – 0,6 балів;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Лабораторні роботи

- «відмінно» – повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 2 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 0,75 бал;
- «задовільно» – неповна відповідь, невчасно, після заняття, виконане завдання (не менше 60% потрібної інформації) – 0,6 балів;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Розрахункова робота

- творча робота – 8 балів;
- роботу виконано з незначними недоліками – 7-6 балів;
- роботу виконано з певними помилками – 5-4 бали;
- роботу не зараховано (завдання не виконане або є грубі помилки) – 0 балів.

За кожний тиждень запізнення з поданням розрахункової роботи на перевірку нараховується штрафний – 1 бал (усього не більше -5 балів).

Модульна контрольна робота

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 6 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь, (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 5-4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь, (не менше 60% потрібної інформації), та незначні помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Заохочувальні бали

- за активну роботу на лекції – 1-3 бали

Міжсесійна атестація

За результатами роботи за перші 7 тижнів максимально можлива кількість балів – 20 балів. На першій атестації (8-й тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менше 10 балів.

За результатами 13 тижнів навчання максимально можлива кількість балів – 32 бали. На другій атестації (14 тиждень) студент отримує «атестовано», якщо його поточний рейтинг не менший ніж 16 балів.

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 2 \cdot r_{\text{практичні}} + 2 \cdot r_{\text{лабораторні}} + 1 \cdot r_{\text{РР}} + 2 \cdot r_{\text{МКР}} = 2 \cdot 13 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 6 = 60 \text{ балів}$$

Екзамен

Умовою допуску студента до екзамену є зарахування всіх практичних та лабораторних робіт, розрахункової роботи та стартовий рейтинг не менше 26 балів.

На екзамені студенти виконують письмову роботу (40 балів).

Екзаменаційний білет містить чотири питання. Перше, друге і третє відносяться до теоретичних, четверте – конструкція обладнання за матеріалами патентного огляду студента, тому максимальна кількість балів розподіляється таким чином: питання 1 – 16 балів, питання 2 – 7 балів, питання 3 – 7 балів, питання 4 – 10 балів.

Система оцінювання відповідей на питання

– «відмінно» – повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації (повне, безпомилкове розв'язання завдання), відповідно:

I – 16-14; II – 7-6; III – 7-6; IV – 10-8.

– «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язання завдань з незначними неточностями), відповідно: I – 13-11; II – 5-3; III – 5-3; IV – 7-5.

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконано з певними недоліками), відповідно: I – 10-8; II – 2-1; III – 2-1; IV – 4-2.

- «незадовільно» відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів

Сума стартових балів та балів за екзаменаційну контрольну роботу переводиться до екзаменаційної оцінки 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)

Перелік теоретичних питань, які виносяться на семестровий контроль наведено в додатку 1 Завдання до розрахункових робіт наведено в додатку 2

Робочу програму навчальної дисципліни

(силабус): Складено проф., д.т.н., Корнієнко Я. М.

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол №29, від 29.06.2021)

Погоджено Методичною комісією факультету¹ (протокол № 10 від 24.06.2022 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.

ПЕРЕЛІК

**теоретичних питань, які виносяться на семестровий контроль
з дисципліни «Процеси та обладнання хімічної технології – 4.
Масообмінні процеси»**

для спеціальності

133 Галузеве машинобудування

освітня програма

Комп'ютерно інтегровані технології проектування обладнання хімічної
інженерії

Модульна контрольна робота №1 виконується після вивчення розділу 1.

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 Щукарєва.
6. Молекулярна дифузія. Вивід диференційного рівняння молекулярної дифузії.
7. Визначення середньої рушійної сили процесу для випадку, коли лінія рівноваги крива.
8. Вивід критеріїв подібності для масообмінних процесів.
9. Фізична суть конвективної дифузії. Вивід диференційного рівняння конвективної дифузії.
10. Коефіцієнти масопередачі. Вивід рівняння для визначення коефіцієнта масопередачі.
11. Визначення числа одиниць переносу для випадку, коли лінія рівноваги пряма.
12. Фізична модель молекулярної дифузії. Перший закон Фіка.
13. Вивід диференційного рівняння молекулярної дифузії.
14. Перетворення основного рівняння масопередачі для насадкових колон.
15. Число одиниць переносу. Висота одиниці переносу.
16. Стан рівноваги. Правило фаз. Закон Генрі.
17. Фізична модель процесу масопередачі. Вивід диференційного рівняння конвективної дифузії.
18. Визначення числа теоретичних тарілок. Ступінь концентрації. Її визначення.
19. Рівняння на межі розділу фаз.
20. Турбулентна дифузія. Коментар рівняння турбулентної дифузії.
21. Розрахунок числа дійсних тарілок у масообмінних апаратах (Розрахунок масообмінних апаратів за кінетичними кривими).
22. Загальне рішення основного рівняння масопередачі.
23. Вивід рівняння робочої лінії масопередачі.
24. Перетворення основного рівняння масопередачі для насадкових колон.
25. Число одиниць переносу. Висота одиниць переносу.
26. Рівняння на межі розділу середовищ.
27. Визначення концентрації бінарної суміші в газовому середовищі через парціальний тиск компонентів.
28. Подібність в процесах масопередачі. Вивід критеріїв подібності.
29. Стан рівноваги. Правило фаз. Вплив температури і тиску на стан рівноваги.
30. Фізична модель взаємодії рідкої і газоподібної фаз в насадковому масообмінному апараті. Порядок розрахунку таких апаратів.
31. Фізична модель процесів масообміну в насадкових і тарільчатих колонах. Розрахунок числа дійсних тарілок в масообмінному апараті за кінетичними кривими.
32. Матеріальний баланс процесів масообміну. Вивід рівняння робочої лінії процесу.

Модульна контрольна робота №2 виконується після вивчення розділу 2.

1. Фізична модель процесу абсорбції. Фізична і хімічна абсорбція, матеріальний баланс процесу абсорбції.

2. Фізична модель процесу ректифікації. Вивід рівняння робочої лінії для нижньої частини ректифікаційної колони.
3. Конструкція абсорбера з провальними тарілками.
4. Визначення мінімальних витрат поглинач.
5. Фізична модель процесу ректифікації, флегмове число.
6. Вивід рівняння робочої лінії для нижньої частини ректифікаційної колони.
7. Конструкція плівкового абсорбера.
8. Дистиляція. Фізична суть процесу.
9. Фракційна перегонка. Розрахунок простої перегонки.
10. Фізична модель процесу абсорбції. Фізична та хімічна абсорбція.
11. Фактори, які суттєво впливають на процес абсорбції. Неізотермічна абсорбція. Розрахунок температури поглинач.
12. Ректифікаційна колона тарілчастого типу (два типи тарілок).
13. Визначення мінімальних витрат поглинач.
14. Перші закони Коновалова та Вревського.
15. Конструкція плівкового абсорбера.
16. Ідеальні сумішні діаграми P - X ; Y - X ; t - X , Y .
17. Абсорбція. рівняння матеріального балансу. Вивід робочої лінії процесу.
18. Конструкція тарілчастого абсорбера, зокрема з провальними тарілками.
19. Конструкція ректифікаційної колони насадкового типу.
20. Другий закон Коновалова, другий закон Вревського.
21. Азеотропна точка. Діаграми P - X ; t - X , Y ; Y - X .
22. Неізотермічна абсорбція. Визначення температури поглинач. Побудова реальної лінії рівноваги.
23. Фізична модель процесу абсорбції. Розрахунок мінімальних та дійсних витрат фази (поглинач) при абсорбції.
24. Конструкція абсорбера плівкового типу.
25. Фізична модель процесу ректифікації. Вивід рівняння робочої лінії для верхньої частини колони.
26. Насадковий абсорбер.
27. Фізична модель процесу дистиляції. Ідеальні рідини. Рідини, які не змішуються одна з одною. Визначення температури кипіння цих рідин.
28. Ректифікаційна колона з ковпачковими тарілками.
29. Фізична модель процесу ректифікації. Вивід рівняння робочої лінії для нижньої частини ректифікаційної колони.
30. Фізична модель процесу екстракції з твердого тіла.
31. Які фактори найбільш суттєво впливають на ефективність процесу екстракції з твердого тіла?
32. Методи проведення екстракції з твердого тіла.
33. Пояснити потрібну діаграму для зображення процесу екстракції в твердому тілі. Визначити область проведення екстракції з твердого тіла.
34. Графо-аналітичний метод. Визначення числа екстракторів з твердого тіла.
35. Навести типові конструкції екстракторів періодичної дії для проведення екстракції з твердого тіла.

36. Навести типові конструкції екстракторів безперервної дії для проведення екстракції з твердого тіла.
37. Навести схему багатоступінчатої екстракції з твердого тіла і пояснити принцип її роботи.
38. Пояснити фізичну сутність рідинної екстракції.
39. Рівновага в потрійній діаграмі. Визначити область проведення екстракції.
40. Навести вимоги до розчинника (екстрагента). Як знаходиться точка змішування вихідної суміші та розчинника в потрійній діаграмі.
41. Як визначається селективність розчинника?
42. Як визначити вміст початкових компонентів в екстракті та рафінаті.
43. Способи проведення рідинної екстракції.
44. Метод графо-аналітичного розрахунку кількості екстракторів періодичної дії.
45. Навести типові конструкції рідинних екстракторів періодичної дії.
46. Навести типові конструкції рідинних екстракторів безперервної дії.
47. Фізична модель процесу адсорбції.
48. Основні вимоги до адсорбенту.
49. Пояснити кінетику процесу адсорбції. Час дії захисного шару адсорбенту. Стан насичення.
50. Пояснити рівняння Шилова для адсорбції.
51. Десорбція. Способи регенерації адсорбенту.
52. Пояснити фізичну модель хроматографії.
53. Навести схеми процесу адсорбції.
54. Пояснити фізичну сутність іонного обміну. Аніони і катіони.
55. Конструкції адсорберів періодичної дії.
56. Конструкції адсорберів безперервної дії.

Завдання

для розрахункових робіт з дисципліни

«Процеси та обладнання хімічних технологій – 3. Гідромеханічні та механічні процеси»

Розрахувати за проектною методикою циклони типу «НДІОГАЗ» для вловлювання частинок з медіанним діаметром d_t , густиною твердих частинок $\rho_{\text{ч}}$, при початковій концентрації твердих частинок C і об'ємних витратах запиленого газу V , що має коефіцієнт динамічної в'язкості μ , та провести вибір конструкції циклона, що має коефіцієнт вловлювання $\eta \geq 95\%$.

Вар	Тип циклон у	V , $\text{м}^3/\text{год} \cdot 10^3$	d_t , мкм	$\rho_{\text{ч}}$, $\text{кг}/\text{м}^3$	Запиленість, C , $\text{г}/\text{м}^3$	$\lg \sigma_{\eta}$	$t_{\text{г}}$, $^{\circ}\text{C}$
1.	ЦН-11	25	26	2300	150	0,36	75
2.	СК-ЦН-33	35	28	1900	180	0,30	65
3.	СК-ЦН-34М	25	25	1650	100	0,34	55
4.	ЦН-24	15	20	2050	180	0,35	45
5.	ЦН-15у	10	25	2150	100	0,32	35
6.	СК-ЦН-33	17	28	2350	150	0,29	25
7.	ЦН-11	12	21	2400	120	0,31	65
8.	ЦН-24	13	29	1930	175	0,34	70
9.	ЦН-15	15	25	1750	190	0,34	85
10.	СК-ЦН-34	16	27	2000	170	0,34	60
11.	ЦН-11	18	20	1000	100	0,34	40
12.	ЦН-15	25	25	1300	150	0,30	30
13.	ЦН-24	15	20	1500	150	0,38	50
14.	СК-ЦН-33	15	28	1700	180	0,30	70
15.	СК-ЦН-34	18	20	1900	100	0,29	35
16.	ЦН-15	18	22	2200	170	0,34	80
17.	ЦН-24	18	20	1800	150	0,33	90
18.	ЦН-24	10	15	1800	100	0,34	20
19.	ЦН-15у	15	20	1930	200	0,30	40
20.	ЦН-11	20	25	2100	300	0,28	60
21.	ЦН-15	30	18	1750	400	0,32	80
22.	СК-ЦН-34	20	17	2400	50	0,30	90