



**Процеси та обладнання хімічної технології – 2. Гідромеханічні та механічні процеси**

**Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)**

**Реквізити навчальної дисципліни**

<b>Рівень вищої освіти</b>	<i>Перший (бакалаврський)</i>
<b>Галузь знань</b>	<i>13 механічна інженерія</i>
<b>Спеціальність</b>	<i>133 галузеве машинобудування</i>
<b>Освітня програма</b>	<i>Комп'ютерно інтегровані технології проектування обладнання хімічної інженерії</i>
<b>Статус дисципліни</b>	<i>Нормативна</i>
<b>Форма навчання</b>	<i>денна (очна/дистанційна)</i>
<b>Рік підготовки, семестр</b>	<i>3 курс, весняний семестр</i>
<b>Обсяг дисципліни</b>	<i>210 годин (54 – годин лекції; 18 годин – практичні; 18 годин – лабораторні; 120 години – СРС)</i>
<b>Семестровий контроль/ контрольні заходи</b>	<i>Екзамен</i>
<b>Розклад занять</b>	<i><a href="https://rozklad.kpi.ua/">https://rozklad.kpi.ua/</a> <a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a></i>
<b>Мова викладання</b>	<i>Українська</i>
<b>Інформація про керівника курсу / викладачів</b>	<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>
<b>Розміщення курсу</b>	<i><a href="https://ecampus.kpi.ua/">https://ecampus.kpi.ua/</a></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 в промисловому обладнанні через гідродинаміку;

- 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 в промисловому обладнанні через гідродинаміку.

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 в промисловому обладнанні через гідродинаміку;

- 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 в промисловому обладнанні через гідродинаміку;

- 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 в промисловому обладнанні через гідродинаміку;

- 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 через гідродинаміку.

## **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 1. 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 псевдозріженого шару.
6. Дослідження роботи щоклової 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 псевдозріженому 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 дані (1 файл: 4,80 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 151 с. ([https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32178/1/P ta OKhT.docx](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/32178/1/P%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://mspi.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)	Кількість годин
1	2	3
<b>Розділ 1. Гідромеханічні процеси</b>		
1	<b>Тема 1.1 Вступ. Загальні положення</b> 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	<b>Тема 1.2 Механічне очищення газів</b> 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.	16
3	<b>Тема 1.3 Розділення неоднорідних рідких систем</b> 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	26

	<p>псевдозрідженні. Поняття про число псевдозрідження та умови реалізації активної гідродинаміки при однорідному та неоднорідному псевдозрідженні. Опанування методики розрахунку апаратів.</p> <p>Література [1-14].</p> <p>Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції апарату для кожного з розглянутих процесів та провести критичний аналіз.</p>	
<b>Розділ 2. Механічні процеси</b>		
<b>4</b>	<p><b>Тема 2.1</b> Подрібнення твердих матеріалів</p> <p>Розглянуто основні поняття, визначення та класифікацію процесів подрібнення. Пояснено сутність гіпотез подрібнення. Розглянуто 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>	<b>6</b>
<b>5</b>	<p><b>Тема 2.2</b> 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"> <li>- гідравлічної</li> <li>- повітряної</li> <li>- магнітної</li> </ul> <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>	<b>4</b>
	<b>Всього</b>	<b>54</b>

### **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;

–формуванню критеріїв 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><b>Практичне заняття № 1.</b>  <b>Розрахунок пилоосаджувальної камери (газового відстійника).</b>  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.  Література [1,2,3].  Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
2	<p><b>Практичне заняття № 2.</b>  <b>Розрахунок циклона.</b>  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.  Література [2,3].  Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
3	<p><b>Практичне заняття № 3.</b>  <b>Розрахунок гідроциклону.</b>  Опанувати методику розрахунку гідроциклону. Обрати геометричні розміри та кількість гідроциклонів при яких забезпечуються високі значення коефіцієнта очищення.  Література [2,3].  Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
4	<p><b>Практичне заняття № 4.</b>  <b>Розрахунок барабанного вакуум-фільтра.</b>  Опанувати методику розрахунку барабанного вакуум-фільтра для розділення середньо концентрованих суспензій.  Література [2,3, 4].  Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
5	<p><b>Практичне заняття № 5.</b>  <b>Розрахунок центрифуги відстійного типу.</b>  Опанувати методику розрахунку центрифуги відстійного типу для заданих витрат робочого середовища.  Література [2,3, 4].  Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
6	<p><b>Практичне заняття № 6.</b>  <b>Розрахунок фільтруючої центрифуги.</b></p>	2



	<p>Опанувати методику розрахунку фільтраційної центрифуги. Визначити швидкість фільтрації та витрати потужності при заданому значенні фактору розділення.</p> <p>Література [2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	
7	<p><b>Практичне заняття № 7</b></p> <p><b>Розрахунок рідинної мішалки.</b></p> <p>Опанувати методику розрахунку рідинної мішалки та порівняти витрати енергії при застосуванні різних типів перемішувачів.</p> <p>Література [2,3].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
8	<p><b>Практичне заняття № 8.</b></p> <p><b>Розрахунок апарату із псевдозрідженим шаром.</b></p> <p>Опанувати методику розрахунку апарату із псевдозрідженим шаром при однорідному псевдозрідженні для двох значень еквівалентного діаметра частинок у шарі.</p> <p>Література [2-14].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
9	<p><b>Практичне заняття № 9.</b></p> <p><b>Розрахунок щоклової дробарки.</b></p> <p>Опанувати методику розрахунку щоклової дробарки при різних параметрах дробильної камери. Порівняти питомі енерговитрати на процес подрібнення.</p> <p>Література [2, 3, 4].</p> <p>Завдання на СРС: Провести порівняння з обраною конструкцією з патентного огляду.</p>	2
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

### 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><b>Лабораторне заняття № 1.</b></p> <p><b>Дослідження руху рідини в каналах.</b></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>	2

	<i>Завдання на СРС: Порівняти як впливають на режим руху рідини витрати суцільного середовища та його теплофізичні параметри.</i>	
<b>2</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 2.</b>  <b>Дослідження процесу осадження в полі сил тяжіння.</b>  Визначити вплив на швидкість осадження твердих тіл із різними фізико-механічними властивостями у середовищах із різними теплофізичними параметрами та режими руху.  Література [1,2,3,9].  Завдання на СРС: Визначити як впливає температура рідкого середовища на швидкість осадження.</p>	<b>3</b>
<b>3</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 3.</b>  <b>Дослідження роботи фільтруючої центрифуги.</b>  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.  Література [1,2,3,9].  Завдання на СРС: Проаналізувати вплив зменшення часу центрифугування та часу пуску центрифуги на витрати енергії.</p>	<b>3</b>
<b>4</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 4.</b>  <b>Дослідження роботи мішалки для перемішування рідин.</b>  Провести експериментальне визначення витрат на перемішування в пусковий та робочий періоди. Визначити критерії потужності та їх залежність від числа обертів мішалки.  Література [1,2,3,9].  Завдання на СРС: Провести аналіз енерговитрат на перемішування та обґрунтувати технічне рішення щодо зниження енерговитрат за матеріалами патентного дослідження.</p>	<b>3</b>
<b>5</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 5.</b>  <b>Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару.</b>  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>	<b>3</b>
<b>6</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 6.</b>  <b>Дослідження роботи щоклової дробарки.</b>  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].</p>	<b>2</b>

	<i>Завдання на СРС: Проаналізувати вплив способу підвісу рухомої щоки на енерговитрати.</i>	
<b>7</b>	<p><b>Лабораторне заняття № 7.</b>  <b>Дослідження роботи валкової дробарки.</b>  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>	<b>2</b>
	<b>Разом</b>	<b>18</b>

## 6. Самостійна робота студента

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

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</b>	<b>Кількість годин</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>Розділ 1. Гідромеханічні процеси</b>		
<b>1</b>	<p><b>Тема 1.1 Вступ. Загальні положення</b>  Аналіз основних типів існуючих конструкцій апаратів для розділення неоднорідних газових систем з патентами за останні 10 років.  Порівняння ефективності роботи базових конструкцій апаратів для розділення рідинних неоднорідних систем з відповідними патентами за останні 10 років.  Література: [Література [1,2,3].</p>	<b>24</b>
<b>2</b>	<p><b>Тема 1.2. Перемішування рідин та сипких матеріалів.</b>  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>	<b>24</b>
<b>Розділ 2. Механічні процеси</b>		
<b>3</b>	<p><b>Тема 2.1 Подрібнення.</b>  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>	<b>19</b>
<b>4</b>	<p><b>Тема 2.2 Сортування та класифікація твердих матеріалів</b>  За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по</p>	<b>6</b>

	<i>одній конструкції для кожного із розглянутих типів процесу класифікації та провести критичний аналіз. Література [1,2,3,4].</i>	
<b>5</b>	<b><i>Підготовка до модульної контрольної роботи</i></b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b><i>Виконання розрахункової роботи</i></b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b><i>Підготовка до іспиту</i></b>	<b>30</b>
	<b><i>Разом</i></b>	<b>120</b>

## 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 – 3. Гідромеханічні та механічні 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:

Семестр	Навчальний час		Розподіл навчальних годин				Контрольні заходи		
	Кредити	акад. год.	Лекції	Практичні	Лаб. роб.	СРС	МКР	РР	Семестровий контроль
6	4	210	54	18	18	120	2	1	іспит

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

- виконання практичних завдань ( 18 годин)
- виконання лабораторних робіт (18 годин)
- виконання модульної контрольної
- підготовки аналітичного огляду (реферату)

**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.

### **Реферат**

- 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:

$$R = 2 \cdot r_{\text{практичні}} + 2 \cdot r_{\text{лабораторні}} + 1 \cdot r_{\text{Реф}} + 2 \cdot r_{\text{МКР}} = 2 \cdot 8 + 2 \cdot 7 + 1 \cdot 8 + 2 \cdot 6 = 50 \text{ балів}$$

### **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 (50 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 – 18 балів, питання 2 – 9 балів, питання 3 – 9 балів, питання 4 – 14 балів.

### **Система оцінювання відповідей на питання**

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

I – 18-16; II – 9-8; III – 9-8; IV – 14-12.

– «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації або незначні неточності (повне розв'язання завдань з незначними неточностями), відповідно: I – 15-13; II – 6-5; III – 6-5; IV – 11-9.

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконано з певними недоліками), відповідно: I – 12-10; II – 3-2; III – 4-3; IV – 8-6.

- «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:

<b>Кількість балів</b>	<b>Оцінка</b>
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):***

*Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол №20 від 20.06.2024 р.)*

*Погоджено Методичною радою ІХФ<sup>1</sup> (протокол № 11 від 28.06.2024 р.)*

---

<sup>1</sup> Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.



**ПЕРЕЛІК**

*теоретичних питань, які виносяться на семестровий контроль  
з дисципліни «Процеси та обладнання хімічної технології – 3.  
Гідромеханічні та механічні 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. Пояснити механізм розділення неоднорідних газових систем в полі сил тяжіння. Вивести диференціальне рівняння осідання твердих частинок та навести методику одержання критеріїв подібності.
2. Навести порядок розрахунку потужності на центрифугування в пусковий період.
3. Сформулювати переваги та недоліки циклонів.
4. Сформулювати фізичну модель розділення неоднорідних газових систем в полі відцентрових сил. Вивести диференціальне та критеріальне рівняння.
5. Виконати перетворення основного рівняння фільтрації для випадку постійної швидкості фільтрації.
6. Оцінити переваги та недоліки пилеосаджуючої камери.
7. Пояснити фізичну модель процесу фільтрації суспензій. Вивести диференціальне рівняння руху рідини через осадок.
8. Навести методику розрахунку потужності мішалки в робочий період.
9. Обґрунтувати переваги та недоліки батарейних циклонів.
10. Пояснити фізичну модель процесу розділення в центрифугі. Записати рівняння матеріального балансу процесу центрифугування. Визначити фактор розділення. Вивести рівняння поверхні рідини в центрифугі.
11. Навести методику розрахунку газового відстійника.
12. Сформулювати переваги та недоліки рідинних фільтрів, які працюють під надлишковим тиском.
13. Сформулювати фізичну модель процесу розділення у фільтраційній центрифугі. Пояснити сутність фактору розділення. Визначити рушійну силу процесу фільтрації для фільтрувальної центрифуги.
14. Навести методику розрахунку потужності для рідинних мішалок в пусковий період.
15. Обґрунтувати переваги та недоліки рукавних фільтрів для розділення неоднорідних газових систем.
16. Обґрунтувати фізичну модель процесу фільтрації суспензій. Провести перетворення основного рівняння фільтрації для випадку, коли  $\Delta P = \text{const}$ .
17. Навести методику розрахунку газового відстійника.
18. Оцінити переваги та недоліки електрофільтрів.
19. Перерахувати основні способи мокрої газоочистки.
20. Навести перетворення критеріїв Рейнольдса та Ейлера для рідинних мішалок. Визначити витрати потужності на перемішування в робочий період.
21. Оцінити переваги та недоліки апарату для мокрої газоочистки.
22. Пояснити фізичну модель взаємодії рідкої фази з неоднорідною газовою системою при мокрій газоочистці.
23. Пояснити принцип роботи пінного апарату мокрої газоочистки та оцінити його ефективність.
24. Навести переваги та недоліки гідроциклонів.
25. Навести основні технічні способи створення поля відцентрових сил. Вивести диференціальне рівняння осадження твердих частинок в полі відцентрових сил.
26. Обґрунтувати умови застосування мокрої газоочистки. Навести переваги та недоліки швидкісного газопромивача "СИОТ".
27. Обґрунтувати переваги і недоліки фільтрувальної центрифуги безперервної дії.
28. Пояснити фізичну модель процесу фільтрації суспензій. Вивести диференціальне рівняння руху в'язкої рідини в шарах осаду.
29. Навести порядок розрахунку мішалок для рідин.
30. Навести переваги і недоліки рідинного відстійника.
31. Сформулювати фізичну модель вловлювання твердих частинок в циклонах з водяною плівкою.

32. Сформулювати фізичну модель вловлювання твердих частинок в низьконапірних скруберах Вентурі.
33. Навести переваги і недоліки апарату з псевдозрідженим шаром.
34. Пояснити фізичну модель процесу фільтрації газів через пористу перегородку.
35. Сформулювати сутність та одержати вираз для визначення фактора розділення у центрифугах. Вивести рівняння поверхні рідини в барабані центрифуги.
36. Навести переваги і недоліки рідинного фільтру, що працює під вакуумом.
37. Пояснити фізичну модель процесу мокрої газоочистки в апаратах ударно-інерційної дії (ротоклон, скрубер Дойля).
38. Сформулювати фізичну сутність фактора розділення та яких значень він набуває для циклонів та центрифуг.
39. Навести переваги і недоліки відстійної центрифуги.
40. Навести переваги і недоліки прямоточного циклону.
41. Пояснити фізичну модель розділення в центрифугах. Навести рівняння матеріального балансу процесу.
42. Навести переваги і недоліки фільтру для рідин безперервної дії.
43. Навести переваги і недоліки лопатевих мішалок.
44. Пояснити взаємозв'язок ефективності та інтенсивності при перемішуванні рідких систем.
45. Навести порядок розрахунку витрат потужності для рідинних мішалок в робочий період.
46. Провести перетворення критеріїв  $Re$  та  $Eu$  для мішалок. Визначити порядок розрахунку витрат потужності в робочий період.
47. Навести переваги і недоліки перемішувачих пристроїв для сипких матеріалів.

### **Модульна контрольна робота №2 виконується після вивчення розділу 2.**

1. Надати визначення подрібнення.
2. Способи подрібнення.
3. Класи подрібнення.
4. Ступінь подрібнення.
5. Сформулювати гіпотезу поверхневого подрібнення. Визначити область її застосування.
6. Сформулювати гіпотезу об'ємного подрібнення. В чому полягає основний недолік гіпотези?
7. Сформулювати об'єднану гіпотезу подрібнення.
8. Навести способи підвісу рухомої щоки. Який вплив цих способів на розмір шматків кінцевого продукту?
9. Який спосіб підвісу рухомої щоки доцільно застосувати при подрібненні твердих матеріалів  $\sigma \geq 200$  МПа?
10. Як визначається кут захвату в щоківій дробарці? Чи може бути він довільним?
11. В яких межах повинен бути кут між штоком та розпірною плитою в щоківій дробарці?
12. Як впливає кут захвату на продуктивність щоківій дробарки?
13. За якої умови визначається число обертів ексцентрикового валу щоківій дробарки?
14. До якого класу машин відноситься валкова дробарка?
15. Яке співвідношення діаметра валків та початкових розмірів матеріалу є найбільш доцільним для гладеньких валків?
16. Чи існує обмеження числа обертів валків валкової дробарки? Пояснити, чому.
17. До якого класу машин відносяться бігуни? Який спосіб подрібнення при цьому реалізується?
18. Як збільшити діючу силу процесу при використанні бігунів?
19. Як збільшити продуктивність бігунів?
20. До якого класу машин відносяться молоткові дробарки?
21. Чи виконується при роботі в молоткових дробарках "Золоте правило" подрібнення?

22. Який основний недолік молоткових дробарок?
23. Який спосіб подрібнення реалізується в шокових дробарках?
24. До якого класу машин відносяться кульові млини?
25. Назвати форму та матеріал робочих тіл в кульових млинах.
26. Який спосіб подрібнення реалізується в кульових млинах і в якому інтервалі розмірів початкового і кінцевого матеріалу?
27. Для досягнення рівномірності подрібнення, які конструктивні особливості мають кульові млини?
28. Порівняйте витрати потужності в кульовому млині в робочому і "холостому" ході. Які з них більші і чому?
29. Яка сила утримує робоче тіло на внутрішній поверхні кульового млина?
30. Назвіть частку заповнення подрібнюючими тілами барабану кульового млина.
31. Чи є обмеження числа обертів кульового млина? Як визначається робоче число обертів кульового млина?
32. Яким чином здійснюється вивантаження подрібненого матеріалу з кульового млина при сухому та "мокрому" подрібненні?
33. Як здійснюється привід робочого барабану кульового млина?
34. До якого класу машин подрібнення відносяться вібромлини?
35. Який спосіб подрібнення реалізується у вібраційних млинах?
36. Назвати діапазон значень кінцевих розмірів частинок після подрібнення в колоїдних млинах.
37. Який спосіб подрібнення реалізується в струменевих млинах?
38. Яка максимальна ступінь подрібнення в шокових дробарках?
39. Яка максимальна ступінь подрібнення в молоткових дробарках?
40. Яким чином можна збільшити зусилля, яке передається через розпірну плиту в шоковій дробарці?

## 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  $\mu$ , та провести вибір конструкції циклона, що має коефіцієнт вловлювання  $\eta \geq 95\%$ .

Вар	Тип циклону	$V$ , $\text{м}^3/\text{год} \cdot 10^3$	$d_T$ , мкм	$\rho_{\text{ч}}$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Запиленість, $C$ , $\text{г}/\text{м}^3$	$\lg \sigma_{\eta}$	$t_r$ , $^{\circ}\text{C}$
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

## Теми рефератів з дисципліни

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

1. Розділення неоднорідних газових систем в полі сил тяжіння.  
Пилеосаджувальна камера.
2. Розділення неоднорідних газових систем в полі відцентрових сил .  
Циліндро-конічні циклони.
3. Розділення неоднорідних газових систем в полі відцентрових сил .  
Конічні циклони.
4. Розділення неоднорідних газових систем в полі відцентрових сил .  
Циклони із зворотнім конусом
5. Розділення неоднорідних газових систем в полі відцентрових сил .  
Апарат із зустрічними закрученими потоками.
6. Мокра газоочистка. Порожнистий скруббер.
7. Мокра газоочистка. Насадковий скруббер.
8. Мокра газоочистка. Пінний скруббер.
9. Мокра газоочистка. Апарати з рухомою насадкою.
10. Мокра газоочистка. Скрубер Дойля.
11. Мокра газоочистка. Відцентровий скруббер з тангенціальним підведенням газу.
12. Мокра газоочистка. Циклон з водяною плівкою.
13. Мокра газоочистка. Скрубери Вентурі.
14. Очистка газів методом фільтрації. Рукавний фільтр.
15. Очистка газів методом фільтрації газовий фільтр з рухомою перегородкою.
16. Очистка газів методом фільтрації. Керамічні фільтри.
17. Очистка газів методом фільтрації. Металокерамічні фільтри.
18. Осадження в полі електричного поля. Електрофільтри.
19. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Рідинні відстійники.
20. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Фільтр періодичної дії.
21. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Фільтр-прес.
22. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Патронний фільтр
23. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Стрічковий вакуум-фільтр.
24. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Барабанний вакуум-фільтр.
25. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Дисковий вакуум-фільтр.
26. Розділення неоднорідних рідких сумішей. Карусельний вакуум-фільтр.
27. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Циліндроконічний гідроциклон.
28. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Конічний гідроциклон.
29. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Циліндричні гідроциклони.

30. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Турбогідроциклон
31. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Відстійні центрифуги періодичної дії.
32. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Відстійні центрифуги безперервної дії.
33. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Фільтруючі центрифуги періодичної дії.
34. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Фільтруючі центрифуги безперервної дії.
35. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Барабанний сепаратор.
36. Розділення неоднорідних рідких систем в полі відцентрових сил.  
Надцентрифуги
37. Перемішування матеріалів. Рідинні мішалки з пласкими лопатями.
38. Перемішування матеріалів. Пропелерні рідинні мішалки
39. Перемішування матеріалів. Рамні рідинні мішалки
40. Перемішування матеріалів. Турбінні рідинні мішалки
41. Перемішування матеріалів. Пропелерні рідинні мішалки
42. Перемішування матеріалів. Пропелерні рідинні мішалки
43. Перемішування матеріалів. Якірні рідинні мішалки
44. Перемішування матеріалів. Кавітаційні мішалки.
45. Перемішування сипких матеріалів. Шнекові змішувачі.
46. Псевдозрідження. Апарати з псевдозрідженим шаром.
47. Псевдозрідження. Апарати з псевдозрідженим шаром.
48. Псевдозрідження. Апарати з фонтануючим шаром.
49. Псевдозрідження. Апарати із струменево-пульсаційним псевдозрідженням .
50. Псевдозрідження. Аерофонтанні сушарки
51. Подрібнення твердих матеріалів. Щокова дробарка.
52. Подрібнення твердих матеріалів. Конусна дробарка.
53. Подрібнення твердих матеріалів. Валкові дробарки
54. Подрібнення твердих матеріалів. Молоткові дробарки.
55. Подрібнення твердих матеріалів. Бігуни.
56. Подрібнення твердих матеріалів. Дезінтегратори.
57. Подрібнення твердих матеріалів. Дисмембратори
58. Машини розмелювання. Кульові млини.
59. Машини розмелювання. Пневматичні млини.
60. Машини розмелювання. Струменні млини.
61. Машини розмелювання. Колоїдні млини
62. Машини розмелювання. Вібромлини.