



Комп'ютеризовані технології 3D-друку
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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>денна (очна/дистанційна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити, 120 годин, з них 54 години – аудиторні заняття (18 годин – лекції; 36 годин – практичні); 66 годин – СРС, у тому числі 18 годин – контрольні заходи (6 годин – МКР; 6 годин – ГР; 6 годин – заліки)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік</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: к.т.н., доцент Гайдай Сергій Сергійович ssgaidai@gmail.com</i> <i>практичні: к.т.н., доцент 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

Широке розповсюдження в усьому світі отримав термін *Additive manufacturing* – цей термін найбільш точно можна перекласти як виробництво додаванням або пошарове виробництво. Процес 3D-друку (або 3D-прототипування) складається з наступних основних етапів: створення тривимірної моделі об'єкту, який заплановано виготовити; *Slicing* цієї моделі на безліч шарів; безпосередньо друк тривимірної моделі на 3D-принтері шар за шаром.

Деталі, що виготовляються 3D-друком можуть мати складну геометричну форму, при цьому складність деталі впливає на швидкість та якість при її виготовленні із застосуванням технологій 3D-друку.

Технології 3D-друку дозволяють використовувати велику кількість різноманітних матеріалів для друку – полімери, метали, кераміка, біоматеріали, харчові продукти і навіть папір.

На практиці при проходженні навчання за даною дисципліною спроектовані 3D-моделі промислового обладнання та його деталей будуть виготовлятися за допомогою 3D-друку з використанням у якості матеріалу полімерних композитів.

Вивчення даної дисципліни дозволить студентам засвоїти фундаментальні поняття теорії 3D-друку. Дозволить сформулювати уявлення щодо способів та основних принципів 3D-друку. Сприятиме розумінню залежності ефективності 3D-друку на реалізацію одержання якісного результату у виді готової 3D-моделі промислового обладнання та його деталей. Формулювання уявлення та оволодіння методиками щодо прототипування при застосуванні технологій 3D-друку обладнання (промислового та його деталей) для різних задач дозволить створити професійну базову основу для подальшого успішного розроблення енергоефективного промислового обладнання та мінімізувати його металоємність.

Предмет навчальної дисципліни

Системний підхід щодо вивчення процесів 3D-моделювання та 3D-друку розроблених моделей промислового обладнання та його деталей із різними геометричними конфігураціями. Проектування 3D-моделей промислового обладнання та його деталей з урахуванням особливостей 3D-друку та визначення найбільш оптимальних умов для проведення процесу 3D-друку.

Міждисциплінарні зв'язки

Дисципліна «Комп'ютеризовані технології 3D-друку» ґрунтується на таких дисциплінах: «Процеси та апарати хімічної технології. Частина 1. Теплові процеси»; «Фізика. Частина 1. Класична фізика»; «Промислова екологія»; «Загальна та неорганічна хімія. Частина 1. Загальна хімія»; «Загальна та неорганічна хімія. Частина 2. Неорганічна хімія»; «Вища математика. Частина 1. Лінійна алгебра і аналітична геометрія. Диференціальне числення»; «Вища математика. Частина 2. Інтегральне числення і диференціальні рівняння».

Метою цієї навчальної дисципліни є формування ґрунтовних навичок використання методів і прийомів необхідних для досягнення реалістичності спроектованих 3D-моделей обладнання засобами 3D-друку (прототипування).

Основні завдання навчальної дисципліни

- навчити студентів технології 3D-друку (прототипування);
 - отримати практичні навички з проектування та 3D-друку (прототипування);
 - навчитися розуміти будову матеріалів та обирати оптимальні умови для 3D-друку;
 - отримати практичні навички з технології 3D-друку;
 - навчитися на основі здобутих знань принципам проектування 3D моделей;
 - використовувати методи моделювання при прототипуванні для 3D-друку нових 3D-моделей;
 - проводити 3D-друк користуючись методами і засобами для досягнення необхідних технологічних вимог до 3D моделей обладнання.
- Відповідно до мети підготовка бакалаврів вимагає поглиблення сформованих у студентів компетентностей:
- здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач;
 - здатність проектувати промислове обладнання та його деталі з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень;
 - здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії;
 - здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;

- здатність використовувати обчислювальну техніку та інформаційні технології для вирішення складних задач і практичних проблем в галузі хімічної інженерії;
- здатність враховувати комерційний та економічний контекст при проектуванні хімічних виробництв;
- здатність застосовувати сучасні експериментальні методи роботи з технологічними об'єктами в промислових і лабораторних умовах;
- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу;
- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
- знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
- здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово;
- прагнення до збереження навколишнього середовища.

Програмні результати навчальної дисципліни

- Уміти експериментувати та аналізувати дані;
- Знати та вміти використовувати знання фундаментальних наук, що лежать в основі технології 3D-друку (прототипування обладнання), на рівні, необхідному для досягнення інших результатів освітньої програми;
- Кваліфіковано вибирати матеріали для виробів різного призначення;
- Знати та застосовувати у професійній діяльності технології 3D-друку (прототипування обладнання);
- Знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для досягнення результатів освітньої програми;
- Коректно використовувати у професійній діяльності термінологію та основні поняття хімії, хімічних технологій, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі;
- Знати і розуміти механізми і кінетику процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості;
- Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики;
- Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосовування в хімічній інженерії;
- Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та керування технологічних процесів хімічних виробництв;
- Використовувати сучасні обчислювальну техніку, спеціалізоване програмне забезпечення та інформаційні технології для розв'язання складних задач і практичних проблем у галузі хімічної інженерії;
- Забезпечувати безпеку персоналу та навколишнього середовища під час професійної діяльності у сфері хімічної інженерії;
- Обговорювати результати професійної діяльності з фахівцями та нефахівцями, аргументувати власну позицію;
- Вільно спілкуватися з професійних питань усно і письмово державною мовою;
- Розуміння хімічної інженерії як складника сучасних науки і техніки, її місця у розвитку інженерії, української держави та загальносвітової культури.

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 та масообмінних процесів, навички використання інформаційних та комп'ютерних технологій для проектування та прототипування промислового обладнання та

його деталей, 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 та масообмінних процесів, а також 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, здатність прототипувати промислове обладнання та його деталей при застосуванні технологій 3D-друку.

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 при застосуванні технологій 3D-друку.

3. Зміст навчальної дисципліни

Лекційні заняття

Розділ 1. Сучасні адитивні технології прототипування виробів

Розділ 2. Прототипування обладнання із застосуванням технологій 3D-друку.

Практичні заняття

1. Дослідження процесу осадження в полі сил тяжіння.
2. Дослідження роботи фільтруючої центрифуги.
3. Дослідження роботи мішалки для перемішування рідин.
4. Дослідження гідродинаміки псевдозрідженого шару.
5. Дослідження роботи цокової дробарки.
6. Дослідження роботи валкової дробарки.
7. Визначення гідравлічного опору насадкового абсорбера при різних режимах руху рідкої та газової фази.
8. Дослідження процесу десорбції.
9. Дослідження процесу ректифікації.

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%20та%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)	Кількість 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	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.	
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 процесів. 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. Фізичні засади процесу перемішування рідин. Ознайомлення із методиками визначення ефективності та інтенсивності процесу, що визначає раціональну область проведення процесу. Фізична 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].	

1	2	3
	<p><i>Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції апарату для кожного з розглянутих процесів та провести критичний аналіз.</i></p>	
Розділ 2. Механічні процеси		
4	<p>Тема 2.1 <i>Подрібнення твердих матеріалів</i> <i>Основні поняття, визначення та класифікації процесів подрібнення. Сутність гіпотез подрібнення. Способи подрібнення та основні вимоги до машин подрібнення. Принцип роботи машин великого, середнього та дрібного подрібнення. Базова методика розрахунку машин для подрібнення. Конструкції млинів та ознайомлення із методиками розрахунку кульових та вібротлинів.</i> <i>Література [1,2,3].</i> <i>Завдання на СРС: За матеріалами огляду вітчизняних та зарубіжних патентів обрати по одній конструкції машин для подрібнення та провести критичний аналіз.</i></p>	
5	<p>Тема 2.2 <i>Сортування та класифікація твердих матеріалів</i> <i>Загальні положення та схеми класифікації твердих матеріалів за допомогою грохотів. Фізична сутність процесів класифікації:</i> <ul style="list-style-type: none"> - гідравлічної - повітряної - магнітної <i>та методики розрахунку для їх проведення.</i> <i>Література [1,2,3,4].</i> <i>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.</i></p>	
Розділ 3. Основи теорії масообміну		
6	<p>Тема 3.1 Вступ. Основні визначення. Стан рівноваги <i>Наводиться фізична сутність процесів масообміну та основні визначення. Розглядається стан рівноваги процесів. Обґрунтовується загальний розв'язок основного рівняння масопередачі та способи вираження концентрацій.</i> <i>Література [1,2,3].</i> <i>Завдання на СРС: Способи вираження концентрації для бінарних систем. Потрійні діаграми для рідких систем. Механізм конвективної дифузії.</i></p>	
7	<p>Тема 3.2 Дифузійний перенос маси в рухомих середовищах <i>Розглянуто механізм масопередачі. Перший закон Фіка. Диференційне рівняння молекулярної дифузії. Фізична модель конвективної дифузії. Диференційне рівняння конвективної дифузії. Термодифузія. Моделі дифузійних процесів.</i> <i>Основний закон конвективної дифузії – закон Щукарева. Узагальнена математична модель процесів масообміну. Визначення коефіцієнту масопередачі. Одержання критеріїв подібності для процесів масообміну. Перетворення основного рівняння масопередачі для насадкових апаратів.</i></p>	

1	2	3
	<p><i>Література [1,2,3].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Пояснити, як впливає гідродинамічний режим на ефективність масообміну. Навести фактори, які найбільш суттєво визначають дифузійний опір масопередачі.</i></p>	
8	<p>Тема 3.3 Основи розрахунку масообмінних апаратів</p> <p><i>Наведено основи розрахунку базових конструкцій масообмінних апаратів. Розрахунок діаметру масообмінних препаратів тарілчастого та насадкового типів. Визначення робочої швидкості газової фази.</i></p> <p><i>Література [1,2,3].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Навести критерії, за якими найбільш доцільно проводити вибір конструктивного оформлення поверхні масообміну.</i></p>	
9	<p>Тема 3.4 Масообмін в системах з твердою фазою</p> <p><i>Розглянута масопередача в системах з твердою фазою. Фізична модель процесу. Математичний опис процесу. Основні критеріальні залежності, які використовуються для інженерних розрахунків.</i></p> <p><i>Література [1,2,3].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Пояснити, які фактори найбільш суттєво впливають на інтенсивність переносу маси в системах з твердою фазою.</i></p>	
Розділ 4. Масообмінні процеси		
10	<p>Тема 4.1 Масообмін при абсорбції</p> <p><i>Наведено фізичну модель процесу абсорбції. Види абсорбції. Кінетика процесу абсорбції. Матеріальний баланс процесу абсорбції. Робоча лінія процесу. Розрахунок мінімальних, робочих та оптимальних витрат поглинача.</i></p> <p><i>Розглянуто схеми процесу абсорбції. Особливості конструкцій абсорберів. Основи розрахунку різних типів абсорбції. Десорбція. Фізична модель. Методи проведення десорбції.</i></p> <p><i>Література [1,2,3].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: Обґрунтувати схеми проведення абсорбції у випадках вилучення цільового компонента з газового середовища або насичення рідкої фази. За матеріалами патентного огляду навести сучасні ефективні конструкції абсорбції з різними способами організації поверхні міжфазового контакту. Обґрунтувати конструктивні особливості апаратів для десорбції. Пояснити принципи побудови технологічної схеми абсорбції поєднаної з десорбцією.</i></p>	
11	<p>Тема 4.2 Масообмін при адсорбції</p> <p><i>Наведено фізичну модель. Статика і кінетика адсорбції. Рівняння Шилова.</i></p> <p><i>Розглянуто схеми адсорбції. Основи розрахунку адсорберів. Конструкції адсорберів. Схеми процесу. Хроматографія. Іонний обмін. Десорбція.</i></p> <p><i>Література [1,2,3,4].</i></p> <p><i>Завдання на СРС: За матеріалами патентного огляду навести сучасні конструкції адсорберів періодичної та безперервної дії, а також апарати з використанням іонообмінних смол.</i></p>	

1	2	3
12	<p>Тема 4.3 Масообмін при дистиляції та ректифікації</p> <p>Представлення процесу ректифікації на діаграмах t-x, y та у-х. Вивід рівняння для робочих ліній процесу та їх графічна інтерпретація. Аналіз роботи ректифікаційної колони. Визначення мінімального та робочого флегмових чисел. Основні конструкції ректифікаційних колон.</p> <p>Література [1,2,3,4].</p> <p>Завдання на СРС: Пояснити доцільність застосування періодичної та безперервної ректифікації. Вказати переваги та недоліки. За оглядом патентів навести сучасні конструкції ректифікаційних колон з різними типами масообмінних пристроїв.</p>	
	Всього	18

Практичні заняття

Повинні допомагати студентам набувати умінь застосовування теоретичних знань при дослідженні обладнання для проведення процесів у хімічній інженерії.

Основні завдання циклу практичних робіт полягають в доскональному вивченні особливостей та механізму реалізації прототипування обладнання хімічної інженерії та його деталей із застосуванням технологій 3D-друку.

№ 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>Інструктаж із техніки безпеки при роботі в лабораторії та з 3D-принтерами. Ознайомлення із конструктивними особливостями обладнання.</p> <p>Знайомство з лабораторною установкою та техніка безпеки при роботі з 3D-принтером. Визначити вплив на швидкість осадження твердих тіл із різними фізико-механічними властивостями у середовищах із різними теплофізичними параметрами та режими руху.</p> <p>Завдання на СРС: Визначити як впливає температура рідкого середовища на швидкість осадження.</p>	2
2	<p>Лабораторне заняття № 2.</p> <p>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>Завдання на СРС: Проаналізувати вплив зменшення часу центрифугування та часу пуску центрифуги на витрати енергії.</p>	4
3	<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>Завдання на СРС: Провести аналіз енерговитрат на перемішування та обґрунтувати технічне рішення щодо зниження енерговитрат за матеріалами патентного дослідження.</p>	4

1	2	3
4	<p>Лабораторне заняття № 4. 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.</p> <p>Завдання на СРС: Провести аналіз конструкцій газорозподільних пристроїв та оцінити їх вплив на гідродинаміку псевдозрідженого шару.</p>	4
5	<p>Лабораторне заняття № 5. 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.</p> <p>Завдання на СРС: Проаналізувати вплив способу підвісу рухомої щоки на енерговитрати.</p>	4
6	<p>Лабораторне заняття № 6. Дослідження роботи валкової дробарки. Визначення максимального розміру частинок при якому можливе втягування матеріалу. Визначити енерговитрати при різних ступенях подрібнення.</p> <p>Завдання на СРС: Обґрунтувати пропозиції щодо виконання «Золотого правила подрібнення для валкових дробарок.</p>	4
7	<p>Лабораторне заняття № 7. Визначення гідравлічного опору насадкового абсорбера при різних режимах руху рідкої та газової фази. Отримати уявлення про реалізацію масообмінних процесів при абсорбції. Визначити гідравлічний опір сухої колони. Визначити гідравлічний опір при постійній витраті рідини, а також при збільшенні витрат газової фази та досягти режиму інверсії фаз.</p>	4
8	<p>Лабораторне заняття № 8. Дослідження процесу десорбції. Дослідити процес десорбції вуглекислого газу в струмені повітря при різних витратах рідкої фази та постійних витратах газової фази. Повторити дослідження при мінімальній щільності зрошення поверхні насадки, але при різних витратах рідкої фази.</p>	4
9	<p>Лабораторне заняття № 9. Дослідження процесу ректифікації. Визначити кількісні та якісні параметри дистилляту при різних значеннях флегмового числа.</p>	6
Разом		36

6. Самостійна робота студента

Мета самостійної роботи полягає у поглибленому вивченні методів, способів та конструкцій обладнання для прототипування промислового обладнання та його деталей при застосуванні технологій 3D-друку.

№ 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 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>	4
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>	4
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>	4
4	<p>Тема 2.2 Сортування 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>	4
Розділ 3. Основи теорії масообміну		
5	<p>Тема 3.1 Вступ. Основні визначення. Стан рівноваги Визначити найбільш суттєві параметри, які впливають на стан рівноваги. Література: [Література [1,2,3].</p>	1
6	<p>Тема 3.2 Дифузійний перенос маси в рухомих середовищах Ознайомитись із способами зменшення дифузійного опору при молекулярній дифузії. Література: [Література [1,2,3].</p>	2
7	<p>Тема 3.3 Основи розрахунку масообмінних апаратів. Ознайомитись з методикою розрахунку тарілчастих ректифікаційних апаратів за методом «від тарілки до тарілки» Література: [Література [1,2,3].</p>	4
1	2	3
Розділ 4. Масообмінні процеси		
8	<p>Тема 4.1. Масообмін при абсорбції. За результатами патентного огляду навести по одній конструкції абсорберів в залежності від форми утворення міжфазового контакту: поверхневі, розпилювальні, плівкові, насадкові та тарілчасті. Література: [6, 7, 8].</p>	4

9	Тема 4.2 Масообмін при адсорбції За матеріалами патентного огляду навести найбільш ефективні конструкції адсорберів з нерухомим та рухомим шаром сорбенту. Література: [6, 7, 8].	2
10	Тема 4.3. Масообмін при дистиляції та ректифікації. За матеріалами патентного огляду навести найбільш ефективні конструкції ректифікаційних колон: насадкові, тарілчастого типу (три типи тарілок) та роторно-плівкового апарату. Література: [6, 7, 8].	3
11	Підготовка до модульної контрольної роботи	6,86
12	Підготовка до іспиту	20
	Разом	58,86

Політика та контроль

Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

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

–на лекції викладач користується власним презентаційним матеріалом, використовує Google диск та/або Telegram для викладання матеріалів поточної лекції, додаткових ресурсів, 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;

–практичні роботи виконуються у два етапи – перший етап: студенти підтверджують свою необхідну підготовку та проводять практичні роботи; другий етап: захист практичної роботи;

–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 «Комп'ютеризовані технології 3D-друку», а саме: 3D-принтери (FDM та SLA), програмне забезпечення для підготовки до друку змодельованих 3D деталей обладнання хімічної інженерії.

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	Консультації	МКР	РР	Семестровий контроль (залік)
6	4	120	18	36	0	66	6	6	6	6

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

- виконання лабораторних робіт (45 балів)
- виконання модульної контрольної (15 балів)

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Лабораторні роботи

- «відмінно» – повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 90% потрібної інформації) – 5 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь, вчасно, на занятті виконане завдання (не менше 75% потрібної інформації) – 4-3 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь, невчасно, після заняття, виконане завдання (не менше 60% потрібної інформації) – 2-1 бали;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Модульна контрольна робота №1

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 7 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь, (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 6-4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь, (не менше 60% потрібної інформації), та незначні помилки – 3-1 бали;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам на «задовільно» – 0 балів.

Модульна контрольна робота №2

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 8 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь, (не менше 75% потрібної інформації), або повна відповідь з незначними неточностями – 7-4 балів;
- «задовільно» – неповна відповідь, (не менше 60% потрібної інформації), та незначні помилки – 3-1 бали;

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

Заохочувальні бали

- за активну роботу на лекції – 3-1 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 (в умовах надзвичайної ситуації в країні мінімальна кількість балів для отримання «атестовано» може зменшитись з урахуванням реальних можливостей студентів).

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 (в умовах надзвичайної ситуації в країні мінімальна кількість балів для отримання «атестовано» може зменшитись з урахуванням реальних можливостей студентів).

Таким чином рейтингова семестрова шкала з кредитного модуля складає:

$$R = 5 \cdot r_{\text{лабораторні}} + 1 \cdot r_{\text{МКР(№1)}} + 1 \cdot r_{\text{МКР(№2)}} = 5 \cdot 9 + 1 \cdot 7 + 1 \cdot 8 = 60 \text{ балів}$$

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 – 9 балів, питання 2 – 9 балів, питання 3 – 9 балів, питання 4 – 13 балів.

Система оцінювання відповідей на питання

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

I – 9-8; II – 9-8; III – 9-8; IV – 13-12.

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

- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки (завдання виконано з певними недоліками), відповідно: I – 4-1; II – 4-1; III – 4-1; IV – 6-1.

- «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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викл., к.т.н., Гайдай С. С.

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол №29, від 29.06.2022)

Ухвалено кафедрою Е та ТРП (протокол №__, від _____.2022)