



|   |   |
|---|---|
| Course of study (code) /<br>Назва дисципліни (шифр)                                 | Процеси і апарати хімічної промисловості<br>T11613BPACI, T11612CPACI  |
| Academic year / Навчальний<br>рік<br>Семестр  | 2022/2023 – 1, 2 семестр  |
| Course of study /<br>Назва спеціальності  | 161- Хімічні технології та інженерія  |
| Educational program / Освітня<br>програма<br>Education - ECTS / Рівень –<br>Кредити | Хімічні технології та інженерія<br>Перший (бакалаврський) рівень – 4 / 4 ECTS<br>Обов'язкова<br>Українська  |
| Author / Укладач  | Ляхова Ірина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент,<br>Державний університет економіки і технологій,<br>e-mail: <a href="mailto:lyakhova1959@gmail.com">lyakhova1959@gmail.com</a> <a href="https://orcid.org/0000-0002-6509-0794">https://orcid.org/0000-0002-6509-0794</a><br>моб. +380674902607 |
| Консультації  | Чтв.12.00-14.00   |

#### A. OBJECTIVE OF THE SUBJECT / МЕТА ТА ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Мета курсу - засвоєння знань, необхідних для аналізу фізичної сутності та теоретичних основ основних технологічних процесів, їх рушійних сил та способів регулювання, устрою та принципу дії основних і допоміжних видів апаратів, в яких здійснюються ці процеси, закономірностей протікання періодичних і безперервних, неусталених і стаціонарних процесів хімічної технології та основ їх розрахунку. Основними завданнями є надбання навичок у майбутніх інженерів розраховувати матеріальний і енергетичний баланси хіміко-технологічних процесів, виконувати розрахунок технологічних апаратів для здійснення процесів та обирати апарат за стандартами та нормативами.

#### B. SUBJECT PROGRAM / ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

##### Тема 11. Подрібнення твердих матеріалів.

Методи, види та схеми подрібнення. Фізико-механічні основи подрібнення. Крупне подрібнення. Щоківні і конусні дробарки. Середнє та дрібне подрібнення. Валкові та ударно-відцентрові дробарки. Тонке подрібнення. Кульові, стрижньові й трубчасті млини. Надтонке подрібнення. Вібраційні, струмінні та колоїдні млини.

##### Тема 12. Класифікація, сортування та змішування твердих матеріалів.

Грохочення. Конструкції та принцип дії грохотів. Гідравлічна класифікація й повітряна сепарація та їх апаратурне оснащення. Змішувачі для сипких і пастоподібних матеріалів. Змішування зернистих матеріалів у псевдозрідженому шарі.

##### Тема 13. Внутрішньозаводський транспорт.

Конструкції та принцип дії конвеєрів та елеваторів. Живильники. Бункери і затвори.

##### Тема 14. Теплообмінні процеси і апарати.

Основи теорії теплопередачі: теплопровідність, конвекція, випромінювання. Основні й диференціальні рівняння теплообміну. Подібність теплообмінних процесів. Класифікація теплообмінників. Конструкції та принцип дії теплообмінників різних типів.

##### Тема 15. Випарювання розчинів.

Теоретичні основи процесу випарювання. Конструкції та принцип дії промислових випарних апаратів. Однокорпусні та багатокорпусні випарні апарати. Схеми багатокорпусних випарних установок.

##### Тема 16. Процеси помірного охолодження.

Фізичні основи процесу помірного охолодження. Компресійні холодильні машини. Ідеальний робочий цикл. Дійсні одно- і двохступеневі машини.

##### Тема 17. Основні масообмінні процеси. Теорія масопередачі.

Класифікація масообмінних процесів та їх загальна характеристика. Статика масообмінних процесів. Матеріальний баланс і рівняння робочої лінії. Напрямок процесів масопереносу. Кінетика



масообмінних процесів. Молекулярна дифузія. Турбулентна дифузія. Основне рівняння масовіддачі. Основні критерії дифузійної подібності та їх фізична суть. Безперервний і ступеневий контакт фаз у масообмінних апаратах. Основи розрахунку масообмінних апаратів.

*Тема 18. Абсорбція. Конструкції та принцип дії абсорберів різних типів.*

Характеристика процесу абсорбції та області його використання. Теорія процесу, закон Генрі. Вибір абсорбентів. Десорбція та способи її проведення. Абсорбери, їх класифікація. Конструкція та принцип дії плівкових, насадкових, барботажних та розбризкуючих абсорберів. Порівняльна характеристика та області використання апаратів різних конструкцій.

*Тема 19. Дистиляція та ректифікація. Конструкція та принцип дії ректифікаційних колон.*

Характеристика процесів дистиляції та ректифікації та їх використання у хімічній промисловості. Проста та фракційна дистиляція. Матеріальний і тепловий баланси. Ректифікація. Схеми установок для безперервної та періодичної ректифікації бінарних і багатокомпонентних сумішей. Матеріальний баланс безперервної ректифікації бінарних сумішей. Тепловий баланс. Періодична ректифікація бінарних сумішей.

*Тема 20. Екстракція. Конструкції та принцип дії екстракторів різних типів.*

Характеристика процесу екстракції та області його використання. Фізичні основи та принципи вибору екстрагенту. Фізична екстракція та екстракція, яка супроводжується хімічною реакцією. Одноступенева та багатоступенева протиточна екстракція. Екстрактори. Класифікація, основні конструктивні типи. Порівнювальна характеристика та вибір типу апарату.

*Тема 21. Адсорбція. Конструкції та принцип дії адсорберів різних типів.*

Характеристика процесу адсорбції та області його використання. Промислові адсорбенти. Матеріальний баланс адсорбції. Адсорбери, їх класифікація та конструкції і принцип дії. Іонний обмін.

*Тема 22. Сушка. Конструкції та принцип дії сушарок різних типів.*

Загальна характеристика процесу сушки та області його використання. Методи сушки. Конвективна сушка. Статика процесу. Характеристика вологого повітря. Матеріальний та тепловий баланси. Основні варіанти конвективної сушки. Кінетика процесу сушки. Основні конструкції конвективних сушарок, їх класифікація, порівняльна оцінка. Контактна сушка. Матеріальний та тепловий баланси. Сушка під вакуумом. Типові конструкції сушарок.

*Тема 23. Кристалізація з розчинів. Конструкції та принцип дії кристалізаторів різних типів.*

Загальна характеристика процесів розчинення та кристалізації і області їх використання. Методи кристалізації. Кристалізація з охолодженням розчину або розплаву, з видаленням частини розчинника з розчину, комбіновані методи. Матеріальний і тепловий баланси кристалізації. Основи кінетики кристалізації. Кристалізатори: з охолодженням розчину, з повітряним випарюванням і з випарюванням під вакуумом, з псевдозрідженим шаром. Порівняльна характеристика та області використання кристалізаторів різних конструкцій, основні принципи їх вибору.

## C. LIST OF COMPETENCIES AND STUDIES TARGETED RESULTS / ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ ТА ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Загальні компетентності (ЗК)

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.  
ЗК02. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.  
ЗК03. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Спеціальні (фахові) компетентності (СК)

СК01. Здатність використовувати положення і методи фундаментальних наук для вирішення професійних задач.  
СК02. Здатність використовувати методи спостереження, опису, ідентифікації, класифікації об'єктів хімічної технології та промислової продукції.  
СК03. Здатність проектувати хімічні процеси з урахуванням технічних, законодавчих та екологічних обмежень.  
СК04. Здатність використовувати сучасні матеріали, технології і конструкції апаратів в хімічній інженерії.  
СК05. Здатність обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для контролю та керування технологічними процесами хімічних виробництв.

Програмні результати навчання

ПР01. Знати математику, фізику і хімію на рівні, необхідному для

досягнення результатів освітньої програми.  
 ПР03. Знати і розуміти механізми і кінетику хімічних процесів, ефективно використовувати їх при проектуванні і вдосконаленні технологічних процесів та апаратів хімічної промисловості.  
 ПР05. Розробляти і реалізовувати проекти, що стосуються технологій та обладнання хімічних виробництв, беручи до уваги цілі, ресурси, наявні обмеження, соціальні та економічні аспекти та ризики.  
 ПР06. Розуміти основні властивості конструкційних матеріалів, принципи та обмеження їх застосування в хімічній інженерії.  
 ПР07. Обирати і використовувати відповідне обладнання, інструменти та методи для вирішення складних задач хімічної інженерії, контролю та регулювання технологічних процесів хімічних виробництв.

#### D. SEMESTER PLAN / СЕМЕСТРОВИЙ ПЛАН

| Тиж-<br>день/<br>Дата | Тема, план/короткі тези   | Форма дія-<br>льності (за-<br>няття), го-<br>дини, фор-<br>мат | Завдання для СРС<br>(література, ресурси в інтернеті, пре-<br>зентація, відеокурси)  |
|-----------------------|---|--|--|
| <b>1 семестр</b>      |   |  |  |
| За роз-<br>ладом      | <i>Тема 11. Подрібнення твер-<br/>дих матеріалів.</i><br>11.1. Методи, види та схеми<br>подрібнення. Фізико-механічні<br>основи подрібнення.<br>11.2. Крупне подрібнення.<br>Щокові і конусні дробарки  | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom                                    | <b>Питання для СРС:</b> кут захоплення, чис-<br>ло обертів, потужність та продуктивність<br>дробарок різних типів. Порівняльна ха-<br>рактеристика та області використання<br>дробарок і млинів.<br>Література:<br>основна 1-3<br>додаткова 2, 4 |
|                       | <i>Подрібнення та класифікація<br/>твердих матеріалів. Розрахунки<br/>куту захоплення, кількості обе-<br/>ртів двигуна, потужності щоко-<br/>вих і конусних дробарок</i>  | Практичне<br>заняття<br>(2 год.)<br>Zoom                       | <b>Розділи теоретичного курсу для по-<br/>вторення:</b> фізико-механічні основи по-<br>дрібнення, рівняння Ребіндера, Кіка-<br>Кирпичова, Рітцінгера. Щокові і конусні<br>дробарки.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2-4            |
|                       | <i>Тема 11. Подрібнення твер-<br/>дих матеріалів.</i><br>11.3. Середнє та дрібне по-<br>дрібнення. Валкові та ударно-<br>відцентрові дробарки.<br>11.4. Тонке подрібнення. Ку-<br>льові, стрижньові й трубчасті<br>млини.<br>11.5. Надтонке подрібнення. Віб-<br>раційні, струмінні та колоїдні<br>млини. | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom                                    | <b>Питання для СРС:</b> кут захоплення, чис-<br>ло обертів, потужність та продуктивність<br>дробарок різних типів. Порівняльна ха-<br>рактеристика та області використання<br>дробарок і млинів.<br>Література:<br>основна 1-3<br>додаткова 2, 4 |
|                       | <i>Подрібнення та класифікація<br/>твердих матеріалів. Розрахунки<br/>валкових дробарок і кульових<br/>млинів</i>   | Практичне<br>заняття<br>(2 год.)<br>Zoom                       | <b>Розділи теоретичного курсу для по-<br/>вторення:</b> Валкові та ударно-<br>відцентрові дробарки.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2-4  |



|              |   |                                       |   |
|--------------|---|---------------------------------------|---|
| За розкладом | <p><i>Тема 12. Класифікація, сортування та змішування твердих матеріалів. Внутрішньозаводський транспорт.</i></p> <p>12.1. Грохочення. Конструкції та принцип дії грохотів.</p> <p>12.2. Гідравлічна класифікація й повітряна сепарація та їх апаратурне оснащення.</p> <p>12.3. Змішувачі для сипких і пастоподібних матеріалів. Змішування зернистих матеріалів у псевдозрідженому шарі</p> | Лекція<br>(2 год.)<br>Zoom            | <p><b>Питання для СРС:</b> характеристика крупності та криві розподілення. Гранулометричний склад твердого сипкого матеріалу. Характеристика матеріалів, що транспортуються в промислових умовах.</p> <p>Література:<br/>основна 1-3<br/>додаткова 2, 4</p>     |
|              | <p><i>Подрібнення та класифікація твердих матеріалів. Розрахунки грохотів.</i></p>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <p><b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Валкові та ударно-відцентрові дробарки.</p> <p>Література:<br/>основна 1-3, 4<br/>додаткова 2-4</p>  |
|              | <p><i>Тема 13. Внутрішньозаводський транспорт.</i></p> <p>13.1. Конструкції та принципи конвеєрів та елеваторів.</p> <p>13.2. Живильники. Бункери і затвори</p>   | Лекція<br>(2 год.)<br>Zoom            | <p><b>Питання для СРС:</b> характеристика крупності та криві розподілення. Гранулометричний склад твердого сипкого матеріалу. Характеристика матеріалів, що транспортуються в промислових умовах.</p> <p>Література:<br/>основна 1-3<br/>додаткова 2, 4</p>     |
|              | <p><i>Подрібнення та класифікація твердих матеріалів. Розрахунки конвеєрів і елеваторів</i></p>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <p><b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> кульові, стрижньові, трубчасті. Водоспадний режим роботи кульових млинів.</p> <p>Література:<br/>основна 1-3, 4<br/>додаткова 2, 4</p>   |
|              | <p><i>Тема 14. Теплообмінні процеси і апарати.</i></p> <p>14.1. Основи теорії теплопередачі: теплопровідність, конвекція, випромінювання.</p> <p>14.2. Основні й диференційні рівняння теплообміну.</p> <p>14.3. Подібність теплообмінних процесів.</p>   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | <p><b>Питання для СРС:</b> теплопровідність пласкої, циліндричної та сферичної стінок при стаціонарному режимі. Тепловіддача газів і рідин у різних умовах.</p> <p>Література:<br/>основна 1-3<br/>додаткова 2, 5</p>   |
|              | <p><i>Теплопередача в хімічній апаратурі. Розрахунки коефіцієнтів теплопровідності та тепловіддачі.</i></p>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <p><b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> способи теплообміну (теплопровідність, конвекція, випромінювання), коефіцієнти теплопровідності й тепловіддачі, критерії теплової подібності.</p> <p>Література:<br/>основна 1-4<br/>додаткова 2, 3, 5</p> |
| За розкладом | <p><i>Тема 14. Теплообмінні процеси і апарати.</i></p> <p>14.4. Класифікація теплообмінників.</p>   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | <p><b>Питання для СРС:</b> порівняльна характеристика промислових теплоносіїв, теплова ізоляція. Основи розрахунку теплообмінних апаратів.</p> <p>Література;</p>   |



|              |  |                                       |  |
|--------------|--|---------------------------------------|--|
|              | 14.5. Конструкції та принцип дії теплообмінників різних типів  |                                       | основна 1-3<br>додаткова 2, 5  |
|              | <i>Теплопередача в хімічній апаратурі. Розрахунки коефіцієнтів теплопередачі та поверхні теплообміну</i>   | Практичне заняття (2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> розрахунок теплообмінних апаратів (визначення рушійної сили процесу, коефіцієнтів тепловіддачі, поверхні теплообміну, основних розмірів апарату).<br>Література:<br>основна 1-4<br>додаткова 2, 3, 5 |
|              | <i>Тема 15. Випарювання розчинів.</i><br>15.1. Теоретичні основи процесу випарювання.<br>15.2. Конструкції та принцип дії промислових випарних апаратів. Однокорпусні та багатокорпусні випарні апарати. Схеми багатокорпусних випарних установок. | Лекція, (2 год),<br>Zoom              | Питання для СРС: матеріальний і тепловий баланси однокорпусного випарного апарату. Випарні апарати з тепловою помпою.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5  |
|              | <i>Випарювання розчинів. Розрахунки температури зріючої пари, температурної та гідравлічної депресії</i>   | Практичне заняття, (2 год),<br>Zoom   | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> температура кипіння розчинів, закон Рауля, температурна та гідростатична депресія, розрахунок випарних апаратів.   |
|              | <i>Тема 16. Процеси помірною охолодження.</i><br>16.1. Фізичні основи процесу помірною охолодження.<br>16.2. Компресійні холодильні машини. Ідеальний робочий цикл.<br>16.3. Дійсні одно- і двохступеневі машини.                                  | Лекція, (2 год),<br>Zoom              | <b>Питання для СРС:</b> холодоагенти та їх основні властивості, абсорбційні та пароелектронні холодильні машини.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5   |
|              | <i>Помірне охолодження речовин. Розрахунки холодильного коефіцієнту</i>  | Практичне заняття, (2 год),<br>Zoom   | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> компресійні холодильні машини, T-S діаграми ідеальної і дійсної холодильної машини, холодильний коефіцієнт.  |
|              | <i>Визначення гідравлічних опорів трубопроводів і вмонтованої в них арматури</i>   | Лабораторне заняття, (4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> рух реальної рідини по трубопроводах, загальний і місцеві гідравлічні опори, рівняння Бернуллі для реальної рідини, втрачений тиск..   |
|              | <i>Вивчення гідравліки зваженого шару</i>  | Лабораторне заняття, (4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> псевдозрідження шару твердого сипкого матеріалу, швидкість підвісання, гідродинаміка зваженого шару, кінетика процесу.   |
|              | <i>Швидкість осадження тіл у рідині</i>  | Лабораторне заняття, (4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> швидкість вільного і стисненого осадження твердих тіл у рідині, критерій Рейнольдса і Архімеда, роль коагулянтів і флокулянтів в процесі осадження.  |
| За розкладом | <i>Визначення гідравлічного опору циклону</i>  | Лабораторне заняття, (4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> будова і принцип дії циклону, фактор розділення і ступінь очищення газу в циклоні, гідравлічний опір цикло-  |





|                  |   |  |  |
|------------------|---|--|--|
|                  |   |  | ну.  |
|                  | Визначення гідравлічного опору насадкового скрубера   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> будова і принцип дії насадкового скрубера, порівняльна характеристика насадок, гідродинамічні режими роботи насадкового скрубера, гідравлічний опір.                                 |
|                  | <i>Визначення основних характеристик компресійного агрегату домашнього холодильника</i>   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> термодинамічні основи процесу помірною охолодження речовин, компресійні холодильні машини, ідеальний і дійсний робочий цикл.   |
| <b>2 семестр</b> |   |  |  |
| За розкладом     | <i>Тема 17. Основні масообмінні процеси. Теорія масопередачі.</i><br>17.1. Класифікація масообмінних процесів та їх загальна характеристика.<br>17.2. Статика масообмінних процесів. Матеріальний баланс і рівняння робочої лінії. Напрямок процесів масопереносу.<br>17.3. . Кінетика масообмінних процесів. Молекулярна дифузія. Турбулентна дифузія. Основне рівняння масовіддачі.<br>17.4. Основні критерії дифузійної подібності та їх фізична суть. | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom              | <b>Питання для СРС:</b> безперервний і ступеневий контакт фаз у масообмінних апаратах. Основи розрахунку масообмінних апаратів.<br>Література:<br>основна 1-3<br>додаткова 2, 4  |
|                  | <i>Основи масопередачі. Складання матеріального і теплового балансів масообмінних апаратів.</i>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> статика масообмінних процесів. Матеріальний баланс і рівняння робочої лінії. Напрямок процесів масопереносу.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2-4                       |
|                  | <i>Тема 18. Абсорбція. Конструкції та принцип дії абсорберів різних типів.</i><br>18.1. Характеристика процесу абсорбції. Теорія процесу, закон Генрі. Вибір абсорбентів.<br>18.2. Конструкція та принцип дії плівкових, насадкових, барботажних та розбризкуючих абсорберів.   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom              | <b>Питання для СРС:</b> області використання процесів абсорбції. Десорбція та способи її проведення. Порівняльна характеристика та області використання абсорберів різних конструкцій.<br>Література;<br>основна 1-3<br>додаткова 2, 5 |
|                  | <i>Основи масопередачі. Розрахунки коефіцієнтів масовіддачі та масопередачі.</i>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> основні рівняння масовіддачі і масопередачі, коефіцієнти масовіддачі і масопередачі, рушійна сила процесу масопередачі.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2-4            |



|              |  |                                       |   |
|--------------|--|---------------------------------------|---|
| За розкладом | <p><i>Тема 19. Дистиляція та ректифікація. Конструкція та принцип дії ректифікаційних колон..</i></p> <p>19.1. Характеристика процесів дистиляції та ректифікації та їх використання у хімічній промисловості.</p> <p>19.2. Проста та фракційна дистиляція. Матеріальний і тепловий баланси.</p>   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: склад пару розчинів, закони Коновалова, азеотропні розчини, діаграми кипіння.<br>Література:<br>основна 1-3<br>додаткова 2, 5  |
|              | <p><i>Основи масопередачі. Розрахунки основних розмірів масообмінних апаратів..</i></p>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> безперервний і ступеневий контакт фаз у масообмінних апаратах. Основи розрахунку масообмінних апаратів.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2-4   |
|              | <p><i>Тема 19. Дистиляція та ректифікація. Конструкція та принцип дії ректифікаційних колон..</i></p> <p>19.3. Ректифікація. Схеми установок для безперервної та періодичної ректифікації бінарних і багатоконпонентних сумішей. 19.4. Періодична ректифікація бінарних сумішей.</p> <p>19.5. Матеріальний баланс безперервної ректифікації бінарних сумішей. Тепловий баланс.</p> | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: побудова робочих ліній процесу ректифікації. Флегмове число, розрахунок дійсного флегмового числа.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5   |
|              | <p><i>Абсорбція. Розрахунки діаметра абсорбера і рушійної сили процесу абсорбції.</i></p>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> основи розрахунку абсорберів. Середня, логарифмічна та інтегральна рушійна сила процесу абсорбції.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4   |
|              | <p><i>Тема 20. Екстрація. Конструкції та принцип дії екстракторів різних типів.</i></p> <p>20.1. Характеристика процесу екстракції та області його використання. Одноступенева та багатоступенева протиточна екстракція.</p> <p>20.2. Екстрактори. Класифікація, основні конструктивні типи.</p>   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: фізичні основи та принципи вибору екстрагентів. Фізична екстракція та екстракція, яка супроводжується хімічною реакцією. Порівняльна характеристика та вибір типу екстрактора.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5 |
| За розкладом | <p><i>Абсорбція. Розрахунки коефіцієнту абсорбції та робочої висоти абсорбера.</i></p>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> основні рівняння масовіддачі і масопередачі, коефіцієнти масовіддачі і масопередачі, правило адитивності фазових опорів.<br>Література:   |



|              |  |                                       |   |
|--------------|--|---------------------------------------|---|
|              |  |                                       | основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4  |
|              | <p><i>Тема 21. . Адсорбція. Конструкції та принцип дії адсорберів різних типів.</i></p> <p>20.1. Характеристика процесу адсорбції та області його використання. Промислові адсорбенти. Матеріальний баланс адсорбції.</p> <p>20.2. Адсорбери, їх класифікація та конструкції і принцип дії.</p>  | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: Іонний обмін, характеристика та вибір іонітів. Конструкції та принцип дії іонообмінників.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5  |
|              | <p><i>Дистиляція та ректифікація. Побудова робочих ліній процесу.</i></p>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Ректифікація. Схеми установок для безперервної та періодичної ректифікації бінарних і багатокомпонентних сумішей.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4  |
|              | <p><i>Тема 22. . Сушка. Конструкції та принцип дії сушарок різних типів.</i></p> <p>22.1. Загальна характеристика процесу сушки та області його використання. Методи сушки.</p> <p>22.2. Конвективна сушка. Статика процесу.</p> <p>22.3. Основні конструкції конвективних сушарок, їх класифікація, порівняльна оцінка.</p> <p>22.4. Контактна сушка.</p>   | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: характеристика вологого повітря. Матеріальний та тепловий баланси процесу сушки. Кінетика процесу сушки. Сушка під вакуумом. Типові конструкції сушарок.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5   |
|              | <p><i>Дистиляція та ректифікація. Розрахунок процесу періодичної дистиляції.</i></p>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Проста та фракційна дистиляція. Матеріальний і тепловий баланси процесу дистиляції.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4  |
|              | <p><i>Тема 23. Кристалізація з розчинів. Конструкції та принцип дії кристалізаторів різних типів.</i></p> <p>23.1. Загальна характеристика процесів розчинення та кристалізації і області їх використання. Методи кристалізації.</p> <p>23.2. Кристалізація з охолодженням розчину або розплаву, з видаленням частини розчинника з розчину, комбіновані методи.</p> <p>23.3. Кристалізатори: з охолодженням розчину, з повітряним випарюванням і з випарюванням під вакуумом, з псевдозрідженим шаром.</p> | Лекція,<br>(2 год),<br>Zoom           | Питання для СРС: матеріальний і тепловий баланси кристалізації. Основи кінетики кристалізації. Порівняльна характеристика та області використання кристалізаторів різних конструкцій, основні принципи їх вибору.<br>Література:<br>основна 1-3,<br>додаткова 1, 2, 5 |
| За розкладом | <p><i>Дистиляція та ректифікація. Розрахунок процесу безперерв-</i></p>  | Практичне заняття                     | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Ректифікація. Схеми устано-   |





|              |   |  |  |
|--------------|---|--|--|
|              | <i>ної ректифікації.</i>  | (4 год.)<br>Zoom                         | вок для безперервної та періодичної ректифікації бінарних і багатокомпонентних сумішей.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4   |
|              | <i>Екстракція та екстрактори<br/>Розрахунок процесу одноступеневої та багатоступеневої протиточної екстракції. Робоча лінія процесу екстракції.</i> | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Одноступенева та багатоступенева протиточна екстракція.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4   |
|              | <i>Теплопровідність металів</i>   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> основні способи передачі тепла. Теплопровідність, коефіцієнт теплопровідності, основне рівняння теплопровідності Фур'є.  |
|              | <i>Екстракція та екстрактори<br/>Розрахунок основних розмірів ситчастого колонного екстрактора.</i>   | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Одноступенева та багатоступенева протиточна екстракція. Будова та принцип дії ситчастого колонного екстрактора.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4 |
|              | <i>Теплопровідність металів</i>   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>F2F  | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> основні способи передачі тепла. Теплопровідність, коефіцієнт теплопровідності, основне рівняння теплопровідності Фур'є.  |
|              | <i>Адсорбція. Визначення необхідної кількості адсорбенту, висоти його шару та діаметра адсорберу періодичної дії</i>                                | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Промислові адсорбенти. Матеріальний баланс адсорбції. Адсорбери періодичної дії.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4                                |
|              | <i>Визначення основних характеристик компресійного агрегату домашнього холодильника</i>   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> термодинамічні основи процесу помірною охолодження речовин, компресійні холодильні машини, ідеальний і дійсний робочий цикл.                                       |
|              | <i>Адсорбція. Розрахунок основних розмірів адсорберу з нерухомим шаром поглинач.</i>  | Практичне заняття<br>(2 год.)<br>Zoom    | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Промислові адсорбенти. Матеріальний баланс адсорбції. Адсорбери періодичної дії.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4                                |
| За розкладом | <i>Визначення коефіцієнта абсорбції</i>   | Лабораторне заняття,<br>(4 год),<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Характеристика процесу абсорбції. Теорія процесу, закон Генрі. Коефіцієнт абсорбції.   |



|  |  |                                    |  |
|--|--|------------------------------------|--|
|  | <i>Сушка. Розрахунок основних параметрів вологого повітря</i>                            | Практичне заняття (2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> : характеристика вологого повітря. Методи та варіанти процесу сушки.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4          |
|  | <i>Сушка. Визначення витрати сухого повітря і теплоти в конвективній сушарці</i>         | Практичне заняття (2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> Конвективна сушка. Статика процесу.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4   |
|  | <i>Кристалізація. Складання матеріального і теплового балансів процесу кристалізації</i> | Практичне заняття (2 год.)<br>Zoom | <b>Розділи теоретичного курсу для повторення:</b> матеріальний і тепловий баланси кристалізації. Основи кінетики кристалізації.<br>Література:<br>основна 1-3, 4<br>додаткова 2, 4 |

Детальний план проведення практичних занять, завдання для практичних занять, самостійної та індивідуальної роботи містяться в системі MOODLE у наступних:

1. Методичний посібник для практичних занять з процесів і апаратів хімічної промисловості.
2. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з процесів і апаратів хімічної промисловості.

#### **E. BASIC LITERATURE (OBLIGATORY TEXTBOOKS) / ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА (ОБОВ'ЯЗКОВІ ПІДРУЧНИКИ)**

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. 9-е изд. –М.: Химия, 1973. – 750 с.
2. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1967. – 847 с.
3. Гильперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии (кн..1,2). –М.: Химия, 1981. – 933 с.
4. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. 9-е изд. –Л.: Химия, 1981. – 560 с.
5. Коваленко І.В., Малиновський В.В. Основні процеси, машини та апарати хімічних виробництв. – Київ: Інпрес: Воля, 2006. – 264 с.

#### **F. COMPLEMENTARY LITERATURE / ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА**

1. Чечель П.С. Процессы и аппараты химической технологии. Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1974. – 192 с.
2. Флореа О., Смигельский О. Расчеты по процессам и аппаратам химической технологии. – М.: Химия, 1971. – 448 с.
3. Руководство к практическим занятиям в лаборатории процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов. Под ред. Чл-кор. АН СССР Романкова П.Г. – Л.: Химия, 1990. – 272 с.
4. Ляхова І.А. Гідромеханічні процеси і апарати. Ч. 1-3: Конспект лекцій. – Кривий Ріг: КМФ НМетАУ, 2018. – 173 с.
5. Ляхова І.А. Теплообмінні процеси і апарати. Конспект лекцій. – Кривий Ріг: КМФ НМетАУ, 2018. – 56 с.
6. Ляхова І.А. Масообмінні процеси і апарати. Ч. 1-2: Конспект лекцій. – Кривий Ріг: КМФ НМетАУ, 2018. – 122 с.

**Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення**

1. Основные определения и закономерности по курсу Процессы и аппараты химической технологии [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://www.isuct.ru/e-lib/node/386>

2. Гетерогенные химико-технологические процессы в системах газ (жидкость) – твердое тело [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <https://enterprise.microsoft.com/ru-ru/industries/citynext>
3. Інтенсифікація теплових і масообмінних виробництв у гетерогенних сердовищах [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://buymore.pro/article/conditions-development-chemical-industrie>
4. Тепловые и диффузионные процессы [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://www.onaft.edu.ua/ru/fend>
5. Машины и аппараты химических производств [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://indigodev.com/ADBHBdownloads.html>
6. Гидродинамика аппаратов со свободно стекающей пленкой жидкости [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://www.isuct.ru/e-lib/node/436>
7. Расчет и конструирование основного оборудования химической промышленности [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://www.unep.org/greeneconomy/successstories>
8. Основные процессы и аппараты химической технологии [Електронний ресурс] / Режим доступу: URL: <http://www.main.isuct.ru/en/node/3418>

#### G. THE MOST IMPORTANT PUBLICATIONS OF THE AUTHOR(S) CONCERNING PROPOSED CLASSES / ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ АВТОРА, ЩО ПОВ'ЯЗАНІ З ТЕМАТИКОЮ ЗАПЛАНОВАНИХ ЗАНЯТЬ

1. Improving the technology of preparing coal for the production of blast-furnace cjske under the conditions of multi-basin rawmaterial base. Message 3. Influence of the moisture content of coal batch on the physico-mechanical characteristics of the coke. / V.P. Lyalyuk, D.A. Kassim, E.O. Shmeltser, I.A. Lyakhova // Petroleum and coal. – 2019. Vol. 61(2). – P.p. 433-441.
2. Influence of the Stability of Coce Quality on Its Consumption in the Blast Furnace. / V.P. Lyalyuk, V.P. Sokolova, D.A. Kassim, I.A. Lyakhova // Coke and Chemistry.– Vol. 61, №9, 2018, p.p. 334-337.
3. Current aspects of prevention of coal freezing / E. O. Shmeltser, M. V. Kormer, V.P. Lyalyuk, I.A. Lyakhova // XVIII International Scientific and Practical Conference International Trends in Science and Technology (October 31, 2019) – Warsaw, Poland, 2019. - P.3-7.

#### H. PREREQUISITE AND POSTREQUISITE / ПРЕРЕКВІЗИТИ ТА ПОСТРЕКВІЗИТИ

Навчальна дисципліна є базовою. Базується на матеріалі курсів загальної хімії та фізичної хімії, фізики, підготовки матеріалів до подальшої переробки. Є необхідною для опанування подальших навчальних дисциплін  
Обов'язкового знання іноземних мов не потребує

#### I. SCOPE AND TYPE / КІЛЬКІСТЬ ВІДВЕДЕНИХ ГОДИН ТА ФОРМА ПРОВЕДЕННЯ ЗАНЯТЬ

|   | Денна  | Заочна  |
|---|--------|---------|
| Лекції                                    | 16 /16 | 4 /4    |
| Лабораторні                               | 24 /16 | 2 /4    |
| Практичні                                 | 16 /32 | 2 / 2   |
| Самостійна робота студента (СРС)          | 64 /26 | 82 /110 |
| Індивідуально-консультативна робота (ІКР) | -      | -       |
| Курсова робота                            | - / 30 | 30 /-   |

Години та форми проведення занять повинні співпадати із навчальним планом

#### J. CURRENT AND FINAL EVALUATION / ПОТОЧНЕ ТА ПІДСУМКОВЕ ОЦІНЮВАННЯ

|                                      | Денна    | Заочна   |
|--------------------------------------|----------|----------|
| Поточний контроль, в т.ч.:           | 100 / 50 | 100 / 50 |
| оцінювання під час практичних занять | 20 / 7   | 10 / 10  |
| виконання контрольних (модульних)    | 10 / 10  | 10 / 10  |



|   |         |         |
|---|---------|---------|
| робіт   |         |         |
| виконання та захист лабораторних робіт        | 30 / 28 | 20 / 10 |
| виконання і захист завдань самостійної роботи | 40 / 5  | 60 / 20 |
| Підсумковий контроль (залік/екзамен)          | - / 50  | - / 50  |
| Разом   | 100     | 100     |

**Лабораторні роботи:** усього 12/8 лабораторних занять, на яких виконується 6/4 лабораторних робіт. Кожна робота передбачає 3 етапи – підготовка до роботи, виконання дослідів, оформлення та захист результатів. Максимальний бал (4 бали) студент отримує у випадку повного захисту результатів експериментів. Якщо студент виконав роботу, але не зміг її захистити, він отримує лише 0,5 бали.

**Дві модульні роботи** розраховані на 20 хв., виконуються під час аудиторних занять. Максимальний бал – 5.

**Самостійна робота студента** передбачає опрацювання матеріалу, що не викладається на лекції. Захист може бути у вигляді короткого есе або в усній формі. Максимальна кількість балів – 5.

**Залік** проводиться у вигляді тестових питань усно.

**Екзамен** проводиться у вигляді тестових питань або усно.

| Шкала балів | Оцінка за 4-бальною шкалою   | Шкала ECTS |
|-------------|--|------------|
| 90 – 100    | Відмінно   | A          |
| 80 – 89     | Добре  | B          |
| 70 – 79     |  | C          |
| 66 – 69     | Задовільно   | D          |
| 60 – 65     |  | E          |
| 21 – 59     | незадовільно з можливістю повторного складання екзамену (заліку)   | FX         |
| 0 – 20      | незадовільно з можливістю вивчення дисципліни за індивідуальним графіком у формі додаткової індивідуально-консультативної роботи | F          |

#### K. CODE OF CONDUCT OF THE COURSE / КОДЕКС ПОВЕДІНКИ ПІД ЧАС ВИВЧЕННЯ КУРСУ

Для успішного проходження курсу та складання контрольних заходів необхідним є виконання наступних обов'язків:

- ❖ не запізнюватися на заняття;
- ❖ не пропускати заняття (як лекційні, так і практичні), в разі хвороби мати довідку або її ксерокопію;
- ❖ самостійно опрацьовувати весь лекційний матеріал та ресурси для самостійної роботи;
- ❖ конструктивно підтримувати зворотній зв'язок з викладачем на всіх етапах проходження курсу (особливо під час виконання індивідуальних завдань);
- ❖ своєчасно і самостійно виконувати всі передбачені програмою лабораторні та практичні завдання;
- ❖ брати очну участь у контрольних заходах.

#### L. METHODS OF CONDUCTING / МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Для формування компетентностей застосовуються такі методи навчання:

- вербальні/словесні (лекція, пояснення, розповідь, бесіда, інструктаж);
- наочні (спостереження, ілюстрація, демонстрація);
- практичні (проведення експерименту);
- метод проблемного викладу.
- дослідницький.

#### M. TOOLS, EQUIPMENT AND SOFTWARE / ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗА-



### БЕЗПЕЧЕННЯ

мультимедійний клас з ПК, цифровий проектор  
[Zoom](#) – хмарна платформа для відео- і аудіоконференцій та вебінарів  
Skype – програма для відео та голосового зв'язку.

### N. STUDENT RESOURCES, MOOC PLATFORMS / ЦИФРОВІ РЕСУРСИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ ТА ВІДКРИТІ ДИСТАНЦІЙНІ ОНЛАЙН КУРСИ

Студентам пропонується доступ до навчальних матеріалів дисципліни - moodle.kneu.dp.ua:  
[Coursera](#) – безкоштовні онлайн-курси з різних дисциплін, у разі успішного закінчення яких користувач отримує сертифікат про проходження курсу.  
[EdX](#) – онлайн-курси від закладів вищої освіти.  
[Prometheus](#) – український громадський проект масових відкритих онлайн-курсів.

### O. FEEDBACK/ ЗВОРОТНІЙ ЗВ'ЯЗОК

Електронні листи є найкращим способом зв'язатися з керівником курсу, і, будь ласка, додайте шифр групи в темі листа. Якщо ви надішлете мені електронне повідомлення, надайте мені, принаймні, 24 години, щоб відповісти. Якщо ви не отримаєте відповідь, відправте листа повторно.

### P. ACADEMIC HONESTY/ АКАДЕМІЧНА ДОБРОЧЕСНІСТЬ

Державний університет економіки і технологій очікує від студентів розуміння та підтримання високих стандартів академічної чесності. Приклади академічної недоброчесності включають такі: плагіат, зловживання інформацією із застарілих джерел мережі. Очікується, що вся робота, виконана відповідно до вимог курсу, є власною роботою студента. Під час підготовки роботи, яка відповідає вимогам курсу, студенти повинні відрізнити власні ідеї від інформації, отриманої з інших джерел. Без попереднього письмового схвалення викладачем, студенти можуть не подавати один і той же звіт двічі.

Положення про академічну доброчесність ДУЕТ. <https://www.duet.edu.ua/ua/area/institut/vchena-rada> [https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/pol\\_silabus.pdf](https://www.duet.edu.ua/uploads/normbase/263/pol_silabus.pdf)

### APPROVED / ЗАТВЕРДЖЕНО

Рішенням кафедри «хімічних технологій та інженерії» Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій - протокол № 15 від 20 червня 2022 року

Укладач

Ірина ЛЯХОВА

### ЗАТВЕРДЖЕНО:

Кафедрою Хімічних технологій та інженерії

Протокол № 15 від 20 червня 2022 року

В.о. завідувача кафедри

Марина КОРМЕН

Науково-методичною радою Державного університету економіки і технологій

Протокол № 01 від 20 вересня 2022 року

Голова науково-методичної ради

Валентин ОРЛОВ