



# МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ СИНТЕЗУ ТА РОЗДІЛЕННЯ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>133 Галузеве машинобудування</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна (денна/дистанційна/змішана)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр, ЛН-31мп</i>
Обсяг дисципліни	<i>7,5 кредитів ЄКТС, 225 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/поточний контроль</i>
Розклад занять	<i>4 години на тиждень (2 години лекцій, 2 години практик)</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доц., к.т.н. Гулієнко Сергій Валерійович, +380504488173, <a href="mailto:sergiiigulienko@gmail.com">sergiiigulienko@gmail.com</a> к.т.н. Гусарова Олена Віталіївна, +380663120701, <a href="mailto:sunflowers@i.ua">sunflowers@i.ua</a> Практичні / Семінарські: к.т.н. Гулієнко Сергій Валерійович, +380504488173, <a href="mailto:sergiiigulienko@gmail.com">sergiiigulienko@gmail.com</a> к.т.н. Гусарова Олена Віталіївна, +380663120701, <a href="mailto:sunflowers@i.ua">sunflowers@i.ua</a> Лабораторні: не передбачено навчальним планом
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/MTQ1NjE4NTY1ODk4?cjc=qv4qt4b">https://classroom.google.com/c/MTQ1NjE4NTY1ODk4?cjc=qv4qt4b</a> <a href="https://classroom.google.com/c/NTg3NDc1MDC1NDMw?cjc=mlxngss">https://classroom.google.com/c/NTg3NDc1MDC1NDMw?cjc=mlxngss</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Завдяки процесам синтезу вирішена одна з головних проблем сучасності - створена сировинна база для виробництва полімерів, смол, добрив, фарб, лаків, вибухівки, біоматеріалів, тощо. Забезпечення надійного функціонування обладнання високого тиску потребує фундаментальних інженерних знань та методів моделювання. Оскільки природня сировина і продукти синтезу містять домішки, важливе значення мають процеси розділення. До найбільш ефективних та поширених процесів розділення належать мембранні. При проектуванні обладнання для реалізації таких технологічних процесів є моделювання процесів, яке дозволяє суттєво зменшити експлуатаційні та капітальні витрати.

Основа освітнього компоненту «Моделювання процесів синтезу та розділення» – вивчення їхніх фізичних засад і визначення умов для раціонального їх проведення шляхом створення відповідного обладнання. Вирішальну роль при цьому відіграє фізичне й математичне моделювання процесів, яке дозволяє визначити умови переходу від лабораторних і теоретичних досліджень до розробки промислового обладнання.

Ціль вивчення освітнього компоненту «Моделювання процесів синтезу та розділення» полягає в наданні майбутнім магістрам знання фундаментальних законів, на яких ґрунтуються основні процеси синтезу та розділення, пов'язані з хімічною промисловістю, застосування їх для теоретичного аналізу конкретних процесів, а також розрахунку й проектування обладнання для їх реалізації.

Значний обсяг освітнього компоненту читається з використанням матеріалів, які є узагальненням науково-дослідних та проектно-конструкторських робіт, виконаних кафедрою машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв у співробітництві з провідними підприємствами і викладених у монографіях, звітах, навчальних посібниках і періодичних виданнях.

Метою вивчення даної дисципліни є формування у студентів комплексу знань, а саме:

- Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у обладнанні для синтезу та розділення
- Спираючись на методи математичного моделювання та використовуючи комп'ютерні технології, CAD-системи та інші прикладні програми вирішувати задачі пов'язаним з синтезом та розділенням

Відповідно до мети підготовка магістра за даною спеціальністю вимагає посилення сформованих у студентів компетентностей:

- Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, для розв'язання інженерних задач, пов'язаним з синтезом та розділенням
- Здатність виконувати математичне моделювання при вирішенні задач, пов'язаним з синтезом та розділенням

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

Дисципліна «Моделювання процесів синтезу та розділення» є вибірковою дисципліною.

Вимоги до початку вивчення включають базові знання, що отримуються протягом першого семестру підготовки магістра, зокрема знання з дисциплін: «Конструкторське проектування обладнання», «Інжиніринг інноваційних технологій та обладнання».

Вивчення дисципліни буде корисним при засвоєнні матеріалу таких дисциплін як «практика», «Виконання магістерської дисертації», а також сприятиме кращому засвоєнню матеріалів вибірових дисциплін, таких як «Процеси та обладнання синтезу та переробки високомолекулярних сполук», «Надійність, довговічність устаткування і застосування новітніх кавітаційних технологій».

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. Моделювання процесів синтезу**

Тема 1.1. Обладнання синтезу у виробництві аміаку.

Тема 1.2. Обладнання синтезу у виробництві метилового спирту.

Тема 1.3. Обладнання синтезу у виробництві сечовини (карбаміду).

### **Розділ 2. Моделювання процесів розділення**

Тема 2.1. Загальна характеристика процесів розділення

Тема 2.2 Моделювання баромембранних процесів

Тема 2.3 Моделювання дифузійно мембранних процесів

Тема 2.4 Моделювання термомембранних процесів

Тема 2.5 Моделювання електромембранних процесів

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### Базова література:

1. *Технологія зв'язаного азоту: Підручник / Товажнянський Л. Л., Лобойко О. Я. та ін. Харків: НТУ "ХПІ", 2007. – 536 с.*
2. *Моделювання процесів мембранного розділення [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 3,25 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 166 с. – Назва з екрана.*
3. *Моделювання процесів мембранного розділення. Практикум з навчальної дисципліни [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. С. В. Гулієнко. – Електронні текстові данні (1 файл: 2,27 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 104 с. – Назва з екрана.*
4. *Технологія зв'язаного азоту: технологія та алгоритми розрахунків виробництва аміаку і метанолу. [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» / А.Л. Концевой ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,55 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 211 с. [https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42796/1/Amiak\\_metanol.pdf](https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42796/1/Amiak_metanol.pdf)*

##### Додаткова література:

5. *Андреев І. А., Зубрій О.Г. Апарати високого тиску. – К.: ІЗМН, 2000. – 178 с.*
6. <https://ua.waykun.com/articles/vlastivosti-amiaku-shhilnist-teploemnist.php>
7. *Гринь С. О. Історичні аспекти створення промислового синтезу аміаку / С. О. Гринь, П. В. Кузнецов // Вестник Нац. техн. ун-та "ХПІ" : сб. науч. тр. Темат. вып. : История науки и техники. – Харьков : НТУ "ХПІ". – 2009. – № 29. – С. 36-42.*
8. *Технологія аміаку: навч. посібник / М. А. Янковський, І. М. Демиденко, Б. І. Мельников, О. Я. Лобойко, Г. М. Корона ; УДХТУ. – Дніпропетровськ: УДХТУ; Горлівка: Концерн Стирол, 2004. – 293 с.*
9. *Chinchen, G. C., Mansfield, K., and Spencer, M. S. The methanol synthesis: how does it work // CHEMTECH. United States: N. p.: - № 20:11. - 1990. - p. 692-699.*
10. *Методи розрахунків у технології неорганічних виробництв (ч. І. Зв'язаний азот): Підручник / Лобойко О.Я., Товажнянський Л.Л., Слабун І.О. та ін. // За ред. О. Я. Лобойко і Л. Л. Товажнянського. – 3-тє вид., доп. і перероб. – Х. : НТУ "ХПІ", 2001. – 511 с.*
11. *Смолянкін О.О., Федік Л.Ю. Аналіз технологічного процесу отримання карбаміду як об'єкта керування // Перспективні технології та прилади. - № 21. – 2022. – С. 119-124. DOI: <https://doi.org/10.36910/10.36910/6775-2313-5352-2022-21-18>*
12. *Каталізатори в технології неорганічних речовин : монографія / Л. Л. Товажнянський О. Я. Лобойко, А. М. Бутенко, Г. І. Гринь, І. О. Слабун, М. В. Кошовець, А. С. Савенков, В. І. Тошинський ; ред.: Л. Л. Товажнянський, О. Я. Лобойко ; НТУ «ХПІ». — Харків : Підручник НТУ «ХПІ», 2013. — 220 с*

13. Волошин М.Д. Технологія неорганічних речовин. Частина 3. Мінеральні добрива: навчальний посібник / М. Д. Волошин, Я. М. Черненко, А. В. Іванченко, М. А. Олійник. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2016. — 354 с. ISBN 978-966-175-130-8
14. Mulder, M. (1996). *Basic principles of membrane technology* ( 2nd ed.). Springer.
15. Baker R. W. *Membrane technology and applications*. – 2nd ed. –Chichester: John Wiley & Sons, 2004. – 2004.
16. Porter M. *Handbook of industrial membrane technology*. – Wastwood, New Jersey: Noyes publications. – 619 p.
17. Huliienko S. V., Korniyenko Y. M., Muzyka S. M., Holubka K. (2022). Simulation of reverse osmosis process: Novel approaches and development trends. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 9(2), pp. F6-F36, doi: 10.21272/jes.2022.9(2).f2
18. Huliienko S. V., Korniienko Y. M., Gatilov K. O. (2020). Modern trends in the mathematical simulation of pressure-driven membrane processes. *Journal of Engineering Sciences*, Vol. 7(1), pp. F1–F21, doi: 10.21272/jes.2020.7(1).f1
19. <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-and-processing-process-intensification>
20. <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-research-and-design>
21. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-industrial-and-engineering-chemistry>
22. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-membrane-science>
23. <https://www.sciencedirect.com/journal/separation-and-purification-technology>

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

Лекційні заняття спрямовані на:

- надання сучасних, цілісних, взаємозалежних знань з дисципліни «Моделювання процесів синтезу та розділення», рівень яких визначається цільовою установкою до кожної конкретної теми;
- забезпечення в процесі лекції творчої роботи студентів спільно з викладачем;
- виховання у студентів професійно-ділових якостей і розвиток у них самостійного творчого мислення;
- формування у студентів необхідного інтересу та надання напрямку для самостійної роботи;
- визначення на сучасному рівні розвитку науки в області процесів синтезу та розділення;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулювання);
- використання для демонстрації наочних матеріалів, поєднання, по можливості їх з демонстрацією результатів досліджень;
  - викладання матеріалів досліджень чіткою і якісною мовою з дотриманням структурно-логічних зв'язків, роз'яснення всіх нововведених термінів і понять;
  - доступність для сприйняття даною аудиторією.

№ з/п	<i>Назва теми лекцій та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)</i>	Годин
1	Лекція 1. Апарати високого тиску в народному господарстві. Фізико – хімічні властивості аміаку. Синтез аміаку. Методи зв'язування азоту. Технологічні схеми. Матеріальні баланси. Література [1, 4-6, 10] Завдання до СРС: Історична довідка. Альтернативні методи зв'язування азоту [9]	2

2	<p>Лекція 2. Сировина для синтезу аміаку. Одержання азотно-водневої суміші. Фізико-хімічні основи синтезу аміаку. Рівноважна концентрація. Оптимальні умови ведення процесу.</p> <p>Література [1, 4, 5, 14]</p> <p>Завдання до СРС: Вплив каталізаторів на реакцію синтезу аміаку [14].</p>	2
3	<p>Лекція 3. Реактори синтезу аміаку. Реактори трубчасті, полицні. Температурний режим. Матеріальний баланс в цілому та компонентів. Визначення концентрацій на виході з реактора.</p> <p>Література [1, 4,10,12]</p> <p>Завдання до СРС: Конструкція насадки.</p>	2
4	<p>Лекція 4. Каталізатори. Визначення об'єму каталізатора та основних розмірів реактора. Основні закономірності для визначення геометричних розмірів каталізаторної коробки.</p> <p>Література [1, 4, 10]</p> <p>Завдання до СРС: Використання газових законів.</p>	2
5	<p>Лекція 5. Теплообмінники вбудовані та виносні. Розрахунок процесу теплообміну. Котли–утилізатори теплоти. Розрахунок теплообмінного обладнання.</p> <p>Література [1, 4,10]</p> <p>Завдання до СРС: Стартові підігрівачі.</p>	2
6	<p>Лекція 6. Розділення газової суміші. Способи виділення аміаку з газової суміші. Розрахунок холодильника – конденсатора.</p> <p>Література [1, 4,10]</p> <p>Завдання до СРС: Конструкції конденсаторів.</p>	2
7	<p>Лекція 7. Сепарація газово–рідинної суміші. Нагнітаючі та циркуляційні компресори. Призначення, конструкції та основні параметри.</p> <p>Література [1, 4,10]</p> <p>Завдання до СРС: Конструкції сепараторів.</p>	2
8	<p>Лекція 8. Апарати високого тиску у виробництві метилового спирту. Фізико – хімічні основи синтезу метилового спирту. Технологічні схеми та реактори. Вимоги до конструкційних матеріалів.</p> <p>Література [1, 4, 11]</p> <p>Завдання до СРС: Реактори трубчасті, полицні. Температурний режим. Конструкція насадки.</p>	2
9	<p>Лекція 9. Апарати високого тиску у виробництві сечовини (карбаміду). Фізико – хімічні основи синтезу сечовини. Технологічні схеми та реактори.</p> <p>Література [1, 4, 13, 15]</p> <p>Завдання до СРС: Захист обладнання від корозії.</p>	2
10	<p>Лекція 10. Сутність методів розділення рідких та газоподібних сумішей з використанням напівпроникних мембран. Історія розвитку мембранних процесів. Класифікація та характеристики процесів мембранного розділення.</p> <p>Література [2-3]</p> <p>Завдання до СРС: Використання мембранних процесів в хімічній та нафтопереробній промисловості та їх порівняння з традиційними методами розділення.</p>	2
11	<p>Лекція 11. Баромембранні процеси. Осмос. Зворотній осмос. Моделі та механізми зворотнього осмосу.</p> <p>Література [2-3]</p> <p>Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу.</p>	2
12	<p>Лекція 12. Нанофільтрація. Моделі та механізми нанофільтрації.</p>	2

	<i>Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу.</i>	
13	<i>Лекція 13. Ультрафільтрація та мікрофільтрація. Моделі та механізми процесів. Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесів.</i>	2
14	<i>Лекція 14. Газорозділення. Моделі та механізми процесу газорозділення. Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу</i>	2
15	<i>Лекція 15. Первапорація. Моделі та механізми процесу первапорації. Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу</i>	2
16	<i>Лекція 16. Діаліз. Моделі та механізми процесу діалізу. Рівновага Доннана Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу</i>	2
17	<i>Лекція 17. Мембранна дистиляція. Моделі та механізми мембранної дистиляції. Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу</i>	2
18	<i>Лекція 17. Електродіаліз. Моделі та механізми процесу електродіалізу. Література [2-3] Завдання до СРС: Принципи розрахунку процесу</i>	2
	<i>Разом</i>	36

### **Практичні заняття**

У системі професійної підготовки студентів з даної дисципліни практичні заняття займають 50 % аудиторного навантаження. Будучи доповненням до лекційного курсу, вони закладають і формують основи кваліфікації бакалавра. Зміст цих занять і методика їх проведення повинні забезпечувати розвиток творчої активності особистості. Вони розвивають технічне мислення і здатність користуватися спеціальною термінологією, дозволяють перевірити знання, Тому даний вид роботи виступає важливим засобом оперативного зворотного зв'язку. Практичні заняття повинні виконувати не тільки пізнавальну і виховну функції, але й сприяти зростанню студентів як творчих працівників.

Основні завдання циклу практичних занять:

- допомогти студентам систематизувати, закріпити і поглибити знання теоретичного характеру в області сучасних методів синтезу та розділення;
- навчити студентів прийомам вирішення практичних завдань, сприяти оволодінню навичками та вміннями виконання розрахунків, графічних та інших завдань;
- навчити їх працювати з науковою та довідковою літературою;
- формувати вміння вчитися самостійно, тобто опановувати методами, способами і прийомами самонавчання, саморозвитку і самоконтролю.

<b>№ з/п</b>	<b>Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)</b>	<b>Годин</b>
1	<u>Практичне заняття 1.</u> Визначення константи рівноваги, рівноважної концентрації, робочої концентрації аміаку на виході з реактора. Література [1, 4, 6, 10, 12]	2
2	<u>Практичне заняття 2.</u>	2

	<i>Матеріальний баланс реактора. Література [1, 4, 10, 12]</i>	
3	<i><u>Практичне заняття 3.</u> Розрахунок об'ємного потоку в каналах реактора та їх геометричних розмірів. Література [1, 4]</i>	2
4	<i><u>Практичне заняття 4.</u> Розрахунок теплових потоків. Література [1, 4, 6]</i>	2
5	<i><u>Практичне заняття 5.</u> Розрахунок кількості каталізатора на полицях та уточнення температурного режиму. Література [1, 4, 6]</i>	2
6	<i><u>Практичне заняття 6.</u> Матеріальний і тепловий баланс конденсатора. Література [1, 6, 10]</i>	2
7	<i><u>Практичне заняття 7.</u> Тепловий розрахунок. Визначення геометричних розмірів конденсатора аміаку. Література [1, 10]</i>	2
8	<i><u>Практичне заняття 8.</u> Розрахунок реактора синтезу метилового спирту. Література [1, 4, 11]</i>	2
9	<i><u>Практичне заняття 9.</u> Розрахунок реактора синтезу карбаміду. Література [1,13,15]</i>	2
10	<i><u>Практичне заняття 10.</u> Розрахунок матеріального балансу мембранного апарата Література [2-3]</i>	2
11	<i><u>Практичне заняття 11.</u> Врахування реальних умов в мембранному апараті Література [2-3]</i>	2
12	<i><u>Практичне заняття 12.</u> Розрахунок каскаду мембранних апаратів Література [2-3]</i>	2
13	<i><u>Практичне заняття 13.</u> Наближений розрахунок площі поверхні мембран та конструктивний розрахунок апарата зворотного осмосу. Література [2-3]</i>	2
14	<i><u>Практичне заняття 14.</u> Уточнений розрахунок площі поверхні мембран в апараті зворотного осмосу Література [2-3]</i>	2
15	<i><u>Практичне заняття 15.</u> Наближений розрахунок площі поверхні мембран та конструктивний розрахунок ультрафільтраційного апарата</i>	2

	<i>Література [2-3]</i>	
16	<u>Практичне заняття 16.</u> <i>Наближений розрахунок площі поверхні мембран та конструктивний розрахунок ультрафільтраційного апарата</i> <i>Література [2-3]</i>	2
17	<u>Практичне заняття 17.</u> <i>Розрахунок концентраційної поляризації в мембранному апараті</i> <i>Література [2-3]</i>	2
18	<u>Практичне заняття 18.</u> <i>Розрахунок апарата для розділення газових сумішей</i> <i>Література [2-3]</i>	2
	<i>Разом</i>	36

## 6. Самостійна робота студента

*Самостійна робота займає 68 % часу вивчення дисципліни, включаючи і підготовку до екзамену. Головне завдання самостійної роботи студентів – це опанування знань з курсу, що не увійшли в перелік лекційних питань шляхом особистого пошуку інформації, формування активного інтересу до творчого підходу у навчальній роботі. У процесі самостійної роботи в рамках освітнього компоненту студент повинен навчатися моделювати сучасні процеси синтезу та розділення, що використовуються в хімічній інженерії.*

<i>№ з/п</i>	<i>Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання</i>	<i>Кількість годин СРС</i>
1	<i>Розділ 1. Моделювання процесів синтезу</i> <i>Умови роботи промислових каталізаторів.</i> <i>Отрути для каталізаторів.</i> <i>Контроль та автоматизація процесу синтезу аміаку.</i> <i>Зберігання та транспортування аміаку.</i> <i>Контроль та автоматизація процесу синтезу метанолу.</i> <i>Зберігання та транспортування метанолу.</i> <i>Контроль та автоматизація процесу синтезу карбаміду.</i> <i>Зберігання та транспортування карбаміду.</i> <i>Література [1, 4, 7, 9-12]</i>	61
2	<i>Розділ 2. Моделювання процесів розділення.</i> <i>Традиційні методи розділення. Переваги, недоліки та сфера застосування.</i> <i>Переваги мембранних процесів. Сфера їх застосування.</i> <i>Нетрадиційні моделі баромембранних процесів. Методи оптимізації баромембранних процесів.</i> <i>Нетрадиційні моделі дифузійно-мембранних процесів. Методи оптимізації дифузійно-мембранних процесів.</i> <i>Нетрадиційні моделі дифузійно-мембранних процесів. Методи оптимізації дифузійно-мембранних процесів.</i> <i>Нетрадиційні моделі термо-мембранних процесів. Методи оптимізації термо-мембранних процесів</i> <i>Нетрадиційні моделі електро-мембранних процесів. Методи оптимізації електро-мембранних процесів</i> <i>Програмне забезпечення для моделювання процесів мембранного</i>	62



	розділення. Література [2-3]	
3	Підготовка до екзамену	30
	Всього годин	153

## олітика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### **Правила відвідування занять та поведінки на заняттях**

Відвідування занять є обов'язковим компонентом оцінювання. Студенти зобов'язані брати активну участь в навчальному процесі, не спізнюватися на заняття та не пропускати їх без поважної причини, не заважати викладачу проводити заняття, не відволікатися на дії, що не пов'язані з навчальним процесом. При розв'язанні задач на практичних заняттях студенти можуть користуватися будь-якими джерелами інформації та засобами обчислень. Всі завдання виконуються індивідуально.

#### **Правила призначення заохочувальних та штрафних балів**

- заохочувальні бали можуть нараховуватись викладачем виключно за виконання творчих робіт з дисципліни або додаткового проходження он-лайн профільних курсів з отриманням відповідного сертифікату:

Але їхня сума не може перевищувати 25 % від рейтингової шкали.

- штрафні бали в рамках навчальної дисципліни не передбачені.

#### **Політика дедлайнів та перескладань**

У разі виникнення заборгованостей з навчальної дисципліни або будь-яких форс-мажорних обставин, студенти мають зв'язатися з викладачем по доступних (наданих викладачем) каналах зв'язку для розв'язання проблемних питань та узгодження алгоритму дій для відпрацювання.

#### **Політика академічної доброчесності**

Плагіат та інші форми недоброчесної роботи неприпустимі. До плагіату відноситься відсутність посилань за використання друкованих та електронних матеріалів, цитат, думок інших авторів. Неприпустимі підказки та списування під час написання тестів, проведення занять; здачі екзамену за іншого студента; копіювання матеріалів, захищених системою авторського права, без дозволу автора роботи.

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

#### **Політика академічної поведінки і етики**

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

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

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

**Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

*Система рейтингових балів та критерії оцінювання:*

*Виконання завдань на практичних заняттях.*

*Ваговий бал – 2. Максимальна кількість балів за практичні заняття  $2 \cdot 18 = 36$ .*

*Тестування засвоєння лекційного матеріалу .*

*Ваговий бал – 12. Максимальна кількість балів за тестування засвоєння лекційного матеріалу  $2 \cdot 12 = 24$ .*

*Відповіді на екзамені. 40 балів.*

*Умовою першої атестації є отримання не менше 20 балів та виконання 50% практичних робіт (на час атестації). Умовою другої атестації – отримання не менше 36 балів та виконання 75% практичних робіт (на час атестації).*

*Умовою допуску до екзамену є виконання всіх завдань на практичних заняттях.*

*Сума отриманих студентом балів переводиться до екзаменаційної оцінки згідно з таблицею:*

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

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

*Приблизний перелік питань, які виносяться на семестровий контроль*

### **Розділ 1**

- 1. Галузі застосування апаратів високого тиску.*
- 2. Способи зв'язування атмосферного азоту.*
- 3. Синтез аміаку (історична довідка).*
- 4. Використання аміаку.*
- 5. Фізико-хімічні основи синтезу аміаку.*
- 6. Рівновага реакції синтезу аміаку. Константа рівноваги реакції синтезу аміаку.*
- 7. Рівноважна концентрація реакції синтезу аміаку.*
- 8. Тепловий ефект реакції синтезу аміаку.*
- 9. Вплив тиску та температури на рівновагу реакції синтезу аміаку.*
- 10. Сировина для виробництва синтетичного аміаку.*
- 11. Одержання азотно-водневої суміші.*
- 12. Схеми синтезу аміаку середнього тиску.*
- 13. Схеми синтезу аміаку низького тиску.*
- 14. Схеми синтезу аміаку високого тиску.*
- 2. Трубочатий реактор синтезу аміаку.*
- 3. Полічний реактор синтезу аміаку.*
- 4. Матеріальний баланс реактора синтезу аміаку.*
- 5. Визначення концентрацій та матеріальних потоків компонентів на виході з реактору синтезу аміаку.*
- 6. Розрахунок основних розмірів реактора синтезу аміаку.*
- 7. Використання газових законів при розрахунку геометричних розмірів реактора.*
- 8. Конструкції теплообмінників реактора синтезу аміаку.*
- 9. Розрахунок теплообмінника реактора синтезу аміаку.*

10. *Кінетика синтезу аміаку.*
11. *Визначення об'єму каталізатора.*
12. *Розрахунок об'єму каталізатора та висоти полки полицного реактора.*
13. *Розрахунок втрат теплоти в оточуюче середовище.*
14. *Розрахунок теплових потоків в реакторі синтезу аміаку.*
15. *Теплообмінне обладнання агрегату синтезу аміаку.*
16. *Конструкції підігрівачів.*
17. *Розрахунок електричних підігрівачів.*
18. *Способи виділення аміаку із газової суміші.*
19. *Рівновага системи рідина-пара.*
20. *Конструкції водяних холодильників-конденсаторів.*
21. *Конструкції аміачних холодильників-конденсаторів.*
22. *Конструкція конденсаційної колони.*
23. *Матеріальний баланс холодильника-конденсатора.*
24. *Особливості процесу конденсації аміаку із газової суміші.*
25. *Розрахунок коефіцієнту тепловіддачі при конденсації аміаку.*
26. *Сепарація (розділення) газово-рідинної суміші.*
27. *Конструкції сепараторів.*
28. *Розрахунок сепаратора. Швидкість осадження часточки у полі сили тяжіння.*
29. *Циркуляційні компресори.*
30. *Метиловий спирт. Використання метилового спирту.*
31. *Синтез метилового спирту (історична довідка).*
32. *Сировина для виробництва метилового спирту.*
33. *Фізико – хімічні основи синтезу метилового спирту.*
34. *Рівновага реакції синтезу метилового спирту.*
35. *Матеріали для апаратів схем синтезу метилового спирту.*
36. *Захист обладнання синтезу метилового спирту від корозії .*
37. *Схема виробництва метилового спирту .*
38. *Реактори синтезу метилового спирту.*
39. *Сечовина (карбамід). Використання у народному господарстві.*
40. *Фізико - хімічні основи синтезу карбаміду.*
41. *Параметри реакції та їх вплив на вихід карбаміду.*
42. *Схеми синтезу карбаміду.*
43. *Реактор синтезу карбаміду.*
44. *Захист обладнання синтезу карбаміду від корозії.*

## **Розділ 2**

1. *Дати оцінку процесу мікрофільтрації і вказати сфери його застосування*
2. *Проаналізувати роботу динамічних мембран*
3. *Проаналізувати основні вимоги до мембран*
4. *Проаналізувати процес ультрафільтрації*
5. *Проаналізувати механізм процесу мембранної дистиляції*
6. *Проаналізувати явище концентраційної поляризації*
7. *Проаналізувати механізм процесу первапорації*
8. *Обґрунтувати методи регенерації мембран*
9. *Проаналізувати використання неорганічних мембран*
10. *Проаналізувати механізм газорозділення в гомогенних мембранах*
11. *Проаналізувати параметри процесу зворотнього осмосу*
12. *Проаналізувати механізм газорозділення в пористих мембранах*
13. *Проаналізувати властивості полімерних мембранних матеріалів*
14. *Охарактеризувати явище осмосу і пояснити термін осмотичний тиск*

15. Проаналізувати вплив на характеристики мембранних процесів концентрації розчинних речовин у початковому розчині
16. Проаналізувати процес зворотного осмосу
17. Проаналізувати механізм електродіалізу
18. Проаналізувати вплив на характеристики мембранних процесів температури
19. Проаналізувати процес діалізу
20. Проаналізувати основні поняття і визначення мембранних процесів (назви потоків утворених речовин)
21. Обґрунтувати економічну доцільність використання мембранних процесів
22. Проаналізувати вплив на характеристики мембранного розділення робочого тиску
23. Проаналізувати мембранну рівновагу Доннана
24. Проаналізувати особливості проектування каскадних мембранних систем
25. Проаналізувати основні параметри мембранних процесів
26. Провести порівняльний аналіз пористих і непористих мембран для газорозділення
27. Проаналізувати будову асиметричної мембрани
28. Обґрунтувати екологічні і енергозаощаджуючі аспекти мембранних процесів
29. Проаналізувати особливості моделювання процесу зворотногоосмосу
30. Проаналізувати конструкцію рулонованого мембранного модуля

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** доцент каф. МАХНВ, к.т.н., Сергій ГУЛІЄНКО

ст. викладачка каф. МАХНВ, к.т.н., Олена ГУСАРОВА

**Ухвалено** кафедрою МАХНВ (протокол № 19 від 17.05.2023 р.)

**Погоджено** Методичною комісією факультету (протокол № 9 від 26.05.2023 р.)