



МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ МЕМБРАННОГО 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>5,0 кредитів ЄКТС, 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен, МКР</i>
Розклад занять	
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доц., к.т.н. Гулієнко Сергій Валерійович, +380504488173, sergiiqulienko@gmail.com Практичні / Семінарські: к.т.н. Гулієнко Сергій Валерійович, +380504488173, sergiiqulienko@gmail.com Лабораторні: не передбачено навчальним планом
Розміщення курсу	

Програма навчальної дисципліни

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

Мембранні процеси динамічно розвиваються і сфера їх застосування постійно зростають. Ринок мембранного обладнання також неухильно зростає. Такі успіхи в цій галузі пов'язані з технологічною, енергетичною та економічністю таких процесів, простотою обладнання, та високою гнучкістю таких ліній. Для забезпечення найбільш раціональних умов роботи мембранних установок ключову роль відіграє моделювання процесів, завдяки якому досягається визначення найбільш раціональних умов проведення процесу при мінімальних витратах на експериментальні дослідження. Тому фахівці, які здатні здійснювати моделювання мембранних процесів високо цінуються на ринку праці.

Основа освітнього компоненту «Моделювання процесів мембранного розділення» - вивчення таких тем як підходи до моделювання мембранних процесів, зокрема баромембранних процесів, дифузійно мембранних процесів, термомембранних процесів та електромембранних процесів, а також новітні досягнення науки та техніки в галузі мембранних процесів.

Ціль вивчення освітнього компоненту «Моделювання процесів мембранного розділення» полягає в наданні майбутнім магістрам знання фундаментальних законів, на яких ґрунтуються основні процеси мембранного синтезу, 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 даного освітнього компоненту є формування у студентів таких компетенцій:

- Здатність до аналізу та розробки технологій з використанням процесів мембранного розділення
- Здатність виконувати математичне моделювання для вирішення задач наукових досліджень, проектування, обслуговування та модернізації мембранного обладнання з використанням комп'ютерних технологій

Результати навчання полягають у такому:

- Аналізувати мембранні процеси та обладнання
- Використовуючи фундаментальні закони збереження та переносу, розробляти математичні моделі процесів мембранного розділення, та знаходити їх розв'язки з використанням комп'ютерної техніки

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

Дисципліна «Моделювання процесів мембранного 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». Суттєвою перевагою для вивчення курсу буде засвоєння курсу «Основи мембранної технології» при підготовці за першим (бакалаврським) рівнем освіти.

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

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. 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.
2. 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.
 3. Гулієнко, С. В. Регенерація рулонованих мембранних модулів систем підготовки води [Електронний ресурс] : монографія / С. В. Гулієнко, Я. М. Корнієнко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 207 с. – Назва з екрана.
 4. 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
 5. 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

Додаткова література:

6. Huliienko S., Kornienko Y., Muzyka S., Holubka K. (2024). Mathematical Simulation of Nanofiltration Process: State of Art Review. *Chemistry & Chemical Technology* Vol. 18, No. 2, pp. 187–199, doi: <https://doi.org/10.23939/chcht18.02.187>
7. Basile A., Ghasemzadeh K., Iulianelli A. (2022). *Current Trends and Future Developments On (Bio-) Membranes: Transport Phenomena in Membranes*. Amsterdam. Elsevier
8. Mulder, M. (1996). *Basic principles of membrane technology* (2nd ed.). Springer.
9. Baker R. W. *Membrane technology and applications*. – 2nd ed. –Chichester: John Wiley & Sons, 2004. – 2004.
10. Porter M. *Handbook of industrial membrane technology*. – Wastwood, New Jersey: Noyes publications. – 619 p.
11. Jaan Kiusalaas (2013). *Numerical methods in engineering with Python 3*. Cambridge: Cambridge University Press
12. <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-and-processing-process-intensification>
13. <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-research-and-design>
14. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-industrial-and-engineering-chemistry>
15. <https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-membrane-science>
16. <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 мембранного 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 моделювання процесів мембранного розділення;
- відображення методичної обробки матеріалу (виділення головних положень, висновків, рекомендацій, чітке і адекватне їх формулюваннях);
- 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	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	Лекція 1. Загальна характеристика процесів мембранного розділення. Класифікація мембранних процесів. Література [1, 3] Завдання до СРС: Концентраційна поляризація. Забруднення мембран [3]	2
2	Лекція 2. Загальні підходи до моделювання баромембранних процесів. Традиційні моделі зворотного осмосу. Література [1, 4-5] Завдання до СРС: Сучасна сфера застосування традиційних моделей зворотного осмосу [4-5]	2
3	Лекція 3. Новітні підходи до моделювання зворотного осмосу. Оптимізація, енергетичний та економічний аналіз Література [1, 4-5] Завдання до СРС: Інші підходи до моделювання зворотного осмосу. Перспективи розвитку моделювання зворотного осмосу [4-5]	2
4	Лекція 4. Моделювання процесу нанофільтрації Література [1, 4, 6] Завдання до СРС: Інші підходи до моделювання нанофільтрації. Перспективи розвитку моделювання нанофільтрації [4, 6]	2
5	Лекція 5. Моделювання ультрафільтрації та мікрофільтрації Література [1, 4] Завдання до СРС: Моделювання інших баромембранних процесів [4]	2
6	Лекція 6. Моделювання мембранного газорозділення Література [1, 7] Завдання до СРС: Тенденції розвитку моделювання мембранного газорозділення [7]	2
7	Лекція 7. Моделювання процесу первапорації та мембранної дистиляції Література [1, 7] Завдання до СРС: Тенденції розвитку моделювання первапорації [7]	2
8	Лекція 8. Моделювання електродіалізу та зворотного електродіалізу. Література [1, 7] Завдання до СРС: Тенденції розвитку моделювання електродіалізу та зворотного електродіалізу [7]	2
	Разом	16

Практичні заняття

У системі професійної підготовки студентів з даної дисципліни практичні заняття займають 67 % 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.

№ з/п	Назва теми практичного заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)	Годин
1	<u>Практичне заняття 1. Основи використання мови програмування Python 3 для розв'язку математичних моделей мембранних процесів</u> Література [11]	2
2	<u>Практичне заняття 2. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод Ейлера</u> Література [11]	2
3	<u>Практичне заняття 3. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Модифікований метод Ейлера</u> Література [11]	2
4	<u>Практичне заняття 4. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод Ейлера-Коши</u> Література [11]	2
5	<u>Практичне заняття 5. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод Рунге-Кутти</u> Література [11]	2
6	<u>Практичне заняття 6. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод Рунге-Кутти для систем рівнянь</u> Література [11]	2
7	<u>Практичне заняття 7. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод прогонки</u> Література [11]	2
8	<u>Практичне заняття 8. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод сіток. Явна схема</u> Література [11]	2
9	<u>Практичне заняття 9. Основи розв'язку диференціальних рівнянь при моделюванні мембранних процесів. Метод сіток. Неявна схема</u> Література [11]	2

10	<u>Практичне заняття 10. Основи використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання мембранних процесів. Згальна інформація про FreeCAD, OpenFOAM, CFD-DOF</u> Література [11]	2
11	<u>Практичне заняття 11. Основи використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання мембранних процесів. Аналіз течії в ступінчастому каналі</u> Література [11]	2
12	<u>Практичне заняття 12. Основи використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання мембранних процесів. Аналіз течії в трубчастому мембранному модулі</u> Література [11]	2
13	<u>Практичне заняття 13. Основи використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання мембранних процесів. Аналіз течії в плоскорамному мембранному модулі</u> Література [11]	2
14	<u>Практичне заняття 14. Основи використання методів обчислювальної гідродинаміки для моделювання мембранних процесів. Аналіз течії в мембранному каналі зі спейсером</u> Література [11]	2
15	Модульна контрольна робота	2
	Разом	30

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота займає 64 % 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.

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Традиційні методи розділення. Переваги, недоліки та сфера застосування. Переваги мембранних процесів. Сфера їх застосування. Нетрадиційні моделі баромембранних процесів. Методи оптимізації баромембранних процесів. Нетрадиційні моделі дифузійно-мембранних процесів. Методи оптимізації дифузійно-мембранних процесів. Нетрадиційні моделі дифузійно-мембранних процесів. Методи оптимізації дифузійно-мембранних процесів. Нетрадиційні моделі термо-мембранних процесів. Методи оптимізації термо-мембранних процесів. Нетрадиційні моделі електро-мембранних процесів. Методи оптимізації електро-мембранних процесів	68

	Програмне забезпечення для моделювання процесів мембранного розділення. Література [2-3]	
2	Підготовка до МКР	6
3	Підготовка до екзамену	30
	Всього годин	96

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 – 4. Максимальна кількість балів за практичні заняття. $4 \cdot 12 = 48$

Модульна контрольна робота .

Ваговий бал – 15. Максимальна кількість балів за тестування засвоєння лекційного матеріалу $1 \cdot 12 = 12$.

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 < 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

- 1. Пояснити загальну сферу застосування мембранних процесів*
- 2. Проаналізувати визначення «мембрана»*
- 3. Проаналізувати класифікацію мембран*
- 4. Дати загальну оцінку мембранним технологіям*
- 5. Дати загальну оцінку баромембранним технологіям*
- 6. Навести характеристику мембранної екстракції*
- 7. Дати загальну оцінку первапорації*
- 8. Дати загальну оцінку діалізу*
- 9. Дати загальну оцінку термомембранним технологіям*
- 10. Дати загальну оцінку електромембранним технологіям*
- 11. Пояснити явище коценцентраційної поляризації*
- 12. Охарактеризувати забруднення мембран*
- 13. Проаналізувати нові досягнення в мембранній технології*
- 14. Дати загальну оцінку підходам до моделювання баромембранних процесів*
- 15. Проаналізувати класифікацію математичних моделей зворотного осмосу*
- 16. Проаналізувати моделі зворотного осмосу на основі термодинаміки необоротних процесів (модель Кедема-Качальського)*
- 17. Проаналізувати моделі зворотного осмосу на основі термодинаміки необоротних процесів (модель Шпіглера-Кедема)*
- 18. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу на основі дифузії (розчинно-дифузійна модель)*

19. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу на основі дифузії (недосконала розчинно-дифузійна модель)
20. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу на основі дифузії (розширена розчинно-дифузійна модель)
21. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу потоку в порах (модель вибіркової сорбції та потоку в порах)
22. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу потоку в порах (модель поверхневих сил і потоку в порах)
23. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу потоку в порах (тонкопорова модель)
24. Проаналізувати теоретичні основи методу обчислювальної гідродинаміки
25. Проаналізувати моделі турбулентності
26. Проаналізувати програмне забезпечення для розв'язку моделей зворотного осмосу методами обчислювальної гідродинаміки
27. Проаналізувати вплив спейсерів на характеристики зворотного осмосу.
28. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу з використанням штучних нейронних мереж
29. Проаналізувати моделювання зворотного осмосу методами молекулярної динаміки
30. Проаналізувати методи оптимізації зворотного осмосу
31. Проаналізувати енергетичний аналіз зворотного осмосу
32. Проаналізувати економічний аналіз зворотного осмосу
33. Проаналізувати інші підходи до моделювання зворотного осмосу
34. Проаналізувати перспективи розвитку моделювання зворотного осмосу
35. Проаналізувати загальні підходи до моделювання нанофільтрації
36. Проаналізувати класифікацію моделей нанофільтрації
37. Проаналізувати моделювання нанофільтрації на основі термодинаміки необоротних процесів
38. Проаналізувати моделювання нанофільтрації на основі дифузії
39. Проаналізувати моделювання нанофільтрації
40. Проаналізувати розширене рівняння Нернста-Планка
41. Проаналізувати рівновагу Доннана (модель DSPM)
42. Проаналізувати рівновагу Доннана (модель DSPM-DE)
43. Проаналізувати рівняння Максвелла-Стефана
44. Проаналізувати моделювання нанофільтрації методами обчислювальної гідродинаміки
45. Проаналізувати моделювання нанофільтрації з використанням штучних нейронних мереж
46. Проаналізувати моделювання нанофільтрації з використанням методів молекулярної динаміки
47. Проаналізувати оптимізацію та економічний аналіз нанофільтрації
48. Проаналізувати класифікацію моделей ультрафільтрації
49. Проаналізувати моделювання ультрафільтрації на основі потоку в порах
50. Проаналізувати моделювання ультрафільтрації з використанням методів обчислювальної гідродинаміки
51. Проаналізувати моделювання ультрафільтрації з використанням штучних нейронних мереж
52. Проаналізувати оптимізацію ультрафільтрації
53. Проаналізувати інші підходи до моделювання ультрафільтрації
54. Проаналізувати моделювання мікрофільтрації та інших баромембранних процесів
55. Проаналізувати базову інформацію про процес мембранного розділення газів
56. Проаналізувати фундаментальні рівняння мембранного транспорту

57. Проаналізувати проникнення газів через мембрани
58. Проаналізувати проникнення газу в пористих мембранах
59. Проаналізувати проникнення газів в непористих мембранах
60. Пояснити стратегії підвищення проникнення газу в мембранах
61. Проаналізувати моделі перенесення газу в нанокompозитних мембранних матеріалах
62. Проаналізувати тенденції розвитку математичного моделювання мембранного розділення газів
63. Проаналізувати теоретичні основи процесу первапорації
64. Проаналізувати явища перенесення при первапорації
65. Проаналізувати гідравлічний опір в первапораційних апаратах
66. Проаналізувати масообмін при первапорації
67. Проаналізувати використання розчинно-дифузійної моделі для аналізу процесу первапорації
68. Пояснити концепцію проникаючої здатності при первапорації
69. Проаналізувати явище концентраційної поляризації при первапорації
70. Проаналізувати теплообмін при первапорації
71. Проаналізувати явище температурної поляризації при первапорації
72. Проаналізувати тенденції розвитку моделювання первапорації
73. Проаналізувати загальні характеристики процесу мембранної дистиляції
74. Проаналізувати масо та теплообмін в процесі мембранної дистиляції
75. Проаналізувати вплив характеристик мембрани на масообмін в процесі мембранної дистиляції
76. Проаналізувати математичний підхід для масообміну через мембрану в різних конфігураціях мембранної дистиляції
77. Проаналізувати вплив властивостей мембрани на характеристики теплообміну в процесі мембранної дистиляції
78. Проаналізувати теплообмін через мембрани в різних конфігураціях в процесі мембранної дистиляції
79. Проаналізувати явище температурної поляризації в процесі мембранної дистиляції
80. Проаналізувати тепло та масообмін під впливом конфігурації мембрани в процесі мембранної дистиляції
81. Проаналізувати тепло та масообмін під впливом конфігурації модуля в процесі мембранної дистиляції
82. Проаналізувати тенденції розвитку моделювання мембранної дистиляції
83. Проаналізувати процес електродіалізу
84. Проаналізувати опис процесу електродіалізу
85. Проаналізувати теорію явищ перенесення при електродіалізі
86. Навести огляд процесу зворотного електродіалізу
87. Навести опис процесу зворотного електродіалізу
88. Проаналізувати теорію явищ перенесення при зворотному електродіалізі
89. Проаналізувати тенденції розвитку моделювання електродіалізу та зворотного електродіалізу

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

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

Ухвалено кафедрою МАХНВ (протокол № 20 від 12.06.2025)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол №11 від 27.06.2025)