



ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ЗБЕРІГАННЯ ПРОДУКТІВ

ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (Магістерський)</i>
Галузь знань	<i>G – Інженерія, виробництво та будівництво</i>
Спеціальність	<i>G1 – Хімічні технології та інженерія</i>
Освітня програма	<i>Енергоефективні хімічні технології та системна інженерія біопаливних і водневих виробництв</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>заочна</i>
Рік підготовки, семестр	<i>осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредити ECTS (150 год.: 10 год.- лекції, 10 год.- практичні роботи, 130 год. - СРС)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Іспит, МКР</i>
Розклад занять	<i>roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., проф. Зайченко С.В.</i> Практичні роботи: <i>д.т.н., проф. Зайченко С.В.</i>
Розміщення курсу	<i>платформа «Сікорський»</i>

Програма навчальної дисципліни

Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів - це галузь інженерних знань, що охоплює сукупність технічних засобів, методів та організаційних рішень, спрямованих на безпечне, енергоефективне та екологічно обґрунтоване переміщення і зберігання сировини, напівпродуктів та готової продукції хімічної, нафтохімічної, газопереробної, енергетичної та суміжних галузей промисловості.

Процеси транспортування включають механічне, пневматичне, гідравлічне та трубопровідне переміщення твердих, рідких і газоподібних середовищ. Зберігання охоплює питання конструкції резервуарів, складів, сховищ, силосів, криогенних ємностей, а також забезпечення стабільності фізико-хімічних властивостей продуктів під час довготривалого зберігання.

Метою викладання дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти системних знань щодо:

- фізико-механічних та реологічних властивостей технологічних середовищ;
- принципів розрахунку транспортуючих систем;
- вибору обладнання для транспортування і зберігання;

- забезпечення промислової, пожежної та екологічної безпеки;
- мінімізації втрат енергії та продукту;
- підвищення надійності та довговічності обладнання.

Предметом вивчення дисципліни є

- закономірності руху твердих, рідких і газоподібних середовищ у транспортних системах;
- методи інженерного розрахунку трубопроводів, насосного та компресорного обладнання;
- конструкції резервуарів, складів і ємностей різного призначення;
- питання корозії, герметизації та захисту обладнання;
- нормативно-технічні вимоги до експлуатації систем транспортування та зберігання.

Фахові компетентності (ФК)

- ФК01 Здатність досліджувати, класифікувати і аналізувати показники якості хімічної продукції, технологічних процесів і обладнання хімічних виробництв
- ФК06 Здатність розробляти та впроваджувати технологічні схеми переробки біомаси та виробництва водню (електроліз, газифікація тощо) з мінімальними енергетичними втратами

Програмні результати навчання

- ПРН02 – Здійснювати пошук необхідної інформації з хімічної технології, процесів і обладнання виробництв хімічних речовин та матеріалів на їх основі, систематизувати, аналізувати та оцінювати відповідну інформацію.
- ПРН04 – Оцінювати технічні і економічні характеристики результатів наукових досліджень, дослідно-конструкторських розробок, технологій та обладнання хімічних виробництв.

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

Вивчення навчальної дисципліни «Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів» базується на результатах опанування студентами таких дисциплін: «Загальна та неорганічна хімія», «Органічна хімія», «Фізична хімія», «Процеси і апарати хіміко-технологічних виробництв», «Гіdraulіка», «Матеріалознавство» тощо.

Студенти повинні володіти знаннями щодо фізико-хімічних властивостей речовин, основ масо- та теплообміну, гідродинамічних процесів, корозійної стійкості матеріалів, а також мати навички розрахунку та аналізу параметрів технологічного обладнання.

Результати вивчення дисципліни є необхідними для подальшого опанування професійно орієнтованих освітніх компонентів, зокрема: «Проектування хіміко-технологічних виробництв», «Обладнання хімічних виробництв», «Промислова екологія», «Охорона праці в галузі», «Переддипломна практика», «Кваліфікаційна робота».

Набуті компетентності забезпечують здатність здійснювати вибір, розрахунок, експлуатацію та обґрунтування систем транспортування і зберігання сировини, напівпродуктів та готової продукції з урахуванням вимог безпеки, екологічності та енергоефективності.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Фізико-механічні властивості технологічних середовищ

Тема 1.1. Класифікація продуктів хіміко-технологічних процесів

Тема 1.2. Реологічні властивості рідин

Тема 1.3. Властивості сипких матеріалів

Розділ 2. Транспортування рідин

Тема 2.1. Основи гідравлічного розрахунку трубопроводів

Тема 2.2. Насосне обладнання

Тема 2.3. Гідравлічні втрати та їх мінімізація

Розділ 3. Транспортування газів

Тема 3.1. Компресорні установки

Тема 3.2. Газопроводи та їх розрахунок

Тема 3.3. Безпека транспортування газів

Розділ 4. Транспортування твердих матеріалів

Тема 4.1. Пневмотранспорт

Тема 4.2. Механічні транспортери

Тема 4.3. Системи пиловидалення

Розділ 5. Зберігання продуктів

Тема 5.1. Резервуарні парки

Тема 5.2. Силоси та склади сипких матеріалів

Тема 5.3. Кріогенне зберігання

Тема 5.4. Корозія та захист обладнання

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базові

1. Процеси та апарати хімічних виробництв: курс лекцій / Онищук Оксана Олександрівна, Жолт Олександрович Кормош. - Луцьк : Вежа-Друк, 2020 – 155 с.
2. Контроль та автоматичне регулювання хіміко-технологічних процесів: навч. посібник/Л.П. Ларичева, М.Д. Волошин, О.П. Луценко – Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2015. – 320 с.
3. Транспортування нафти, нафтопродуктів і газу : навч. посіб. / Л. Н. Ширін, О. В. Денищенко, С. Є. Барташевський, Є. А. Коровяка, В. О. Расцветаев ; М-во освіти і науки України ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2018. – 208 с.
4. Каперович В. К. Трубопровідний транспорт газу : підручник. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 1999. – 198 с.
5. Трубопровідний транспорт газу : підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / О. М. Сусак, В. К. Каперович, М. П. Андрійшин. – Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2013. – 345 с. : іл., табл.
6. Коптовець О. М. Транспортні системи гірничих підприємств. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт «Вимірювання фізичних величин, планування та обробка результатів експерименту» для студентів

напрямку підготовки 6.050301 «Гірництво» / М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т, каф. трансп. сист. і техн. – Дніпро : НГУ, 2015. – 21 с.

7. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу : навч. посіб. / О. І. Акульшин, О. О. Акульшин, В. С. Бойко [та ін.]. – Івано-Франківськ : Факел, 2003. – 434 с. – ISBN 5-11-00081-3.

Допоміжні

1. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. – Полтава : ПолтНТУ ; Київ : ФОП Халіков Р. Х., 2017. – 312 с.
2. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину : у 2 кн. Кн. 1 / Ю. Д. Качмар, В. М. Світлицький, Б. Б. Синюк, Р. С. Яремійчук. – Львів : Центр Європи, 2004. – 352 с.
3. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину : у 2 кн. Кн. 2 / Ю. Д. Качмар, В. М. Світлицький, Б. Б. Синюк, Р. С. Яремійчук. – Львів : Центр Європи, 2004. – 336 с.

4. Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

При проведенні практичних застосовуються практичні методи, проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно-комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних лабораторних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод

Розділ 1. Фізико-механічні властивості технологічних середовищ

Лекція 1. Класифікація продуктів та реологічні властивості рідин

- Класифікація продуктів хіміко-технологічних процесів (агрегатні стани, дисперсні системи, небезпечні речовини, фізико-хімічні характеристики).
- Ньютонівські та неньютонівські рідини, в'язкість, структурна міцність, температурний вплив на реологічні характеристики.

Лекція 2. Властивості сипких матеріалів та основи їх динаміки

Гранулометричний склад, кут природного укосу, злежуваність, плинність.

- Вплив фізико-механічних властивостей сипких матеріалів на вибір способів їх транспортування та зберігання.

Розділ 2. Транспортування та перекачування рідин

Лекція 3. Гідравлічні основи розрахунку трубопроводів

Рівняння Бернуллі, режими руху рідини, число Рейнольдса.

- Гідравлічний розрахунок трубопроводів: визначення діаметра, швидкості руху та пропускної здатності.
- Лінійні та місцеві гідравлічні втрати, методи їх мінімізації та оптимізація параметрів систем.

Лекція 4. Насосне обладнання хімічних виробництв

- Класифікація насосів (динамічні та об'ємні), їх робочі характеристики.
- Підбір насосів, визначення робочих режимів, кавітація та висота всмоктування.

Розділ 3. Компресія та транспортування газів

Лекція 5. Фізичні основи стиснення та розрахунок газопроводів

Стисливість газів, рівняння стану, термодинамічні процеси (ізотермічний, адіабатний, політропний).

- Гідравлічний розрахунок газопроводів, визначення втрат тиску та режимів руху.

Лекція 6. Компресорні установки та безпека газів

багатоступеневе стиснення.

- Безпека транспортування газів: герметичність, контроль витоків, вибухонебезпечність, нормативні вимоги.

Розділ 4. Транспортування твердих і сипких матеріалів

Лекція 7. Пневмотранспорт та механічні транспортні системи

Пневмотранспорт сипких матеріалів: принципи роботи, режими транспортування, розрахунок систем.

- Механічні транспортні системи (стрічкові, гвинтові, ковшові транспортери).
- Пиловидалення та аспіраційні системи.

Розділ 5. Зберігання продуктів та безпека обладнання

Лекція 8. Зберігання продуктів, криогенні умови та антикорозійний захист

Зберігання рідких та сипких продуктів: резервуарні парки, силоси, склади (конструкції та розрахунок).

- Спеціальні умови зберігання (зокрема криогенні системи).
- Корозія обладнання, методи антикорозійного захисту та промислова безпека об'єктів зберігання.

Практичні заняття

№ з/п	Завдання, які виносяться на практичні заняття
1	Визначення фізико-хімічних властивостей рідких продуктів (щільність, в'язкість, поверхневий натяг)
2	Вимірювання реологічних характеристик неньютонівських рідин
3	Дослідження сипких матеріалів: гранулометрія, плинність, кут природного укосу
4	Гідравлічний розрахунок трубопроводу для рідких продуктів
5	Підбір та характеристика насосного обладнання
6	Визначення гідравлічних втрат у трубопроводі та способи їх мінімізації
7	Вимірювання параметрів газового потоку та аналіз режимів руху
8	Ознайомлення з компресорними установками та визначення їх характеристик

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає: підготовку до аудиторних занять – 42 год; підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год; виконання розрахунково-графічних робіт – 12 год; підготовку до іспиту – 34 год, що сумарно становить 90 годин.

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного та лабораторного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів» на платформі «Сікорський» (код доступу до курсу надається на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття та лабораторного; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Сікорський» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів» студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів» на платформі «Сікорський».

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

За участь у Всеукраїнській олімпіаді (конкурсі наукових робіт) студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання статті та її публікацію студенту нараховується 10 балів (видання, що входить до Scopus або Web of Science) або 6 балів (фахове видання України). За публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів.

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

Загальні положення

Поточний контроль складається з балів, які студент отримує за:

1. Виконання та захист **8 практичних робіт** (комп'ютерних практикумів);
2. Виконання **1 модульної контрольної роботи (МКР)**.

2. Система рейтингових балів та критерії оцінювання

Складові контролю /	Вчасна здача	1 перездача (протягом 2 тижнів)	2 перездача (без дотримання термінів)
---------------------	--------------	---------------------------------	---------------------------------------

Критерії оцінювання			
1. Виконання модульної контрольної роботи (МКР)			
Повністю правильно виконана робота	12	10	8
Робота виконана з незначними помилками	10	8	6
Робота не зарахована	0	0	0
2. Виконання комп'ютерних практикумів (8 практик)			
Завдання захищено з відмінним володінням матеріалу	11	8	5
Завдання виконано з деякими недоліками / належним володінням матеріалу	8	5	3
Завдання не виконано	0	0	0

3. Розрахунок шкали рейтингу (\$R_C\$)

- $\$R_{\{C(\max)\}} = 8 \text{ практик} \times 11 \text{ балів} + 1 \text{ МКР} \times 12 \text{ балів} = 100 \text{ балів.}$
- $\$R_{\{C(\min)\}} = 8 \text{ практик} \times 5 \text{ балів} = 40 \text{ балів.}$

4. Календарна атестація

- відсутня

5. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

Кількість балів	Оцінка за університетською шкалою
100–95	Відмінно

94–85	Дуже добре
75–84	Добре
74–65	Задовільно
64–60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено проф., д. т. н., проф. Зайченко С.В.

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів.

Протокол № 27 від 24.06.2026р.

Погоджено Методичною радою НН ІЕЕ протокол №43 від 29.06.2026

Додаток до силабусу освітнього компонента

«Транспортування та зберігання продуктів хіміко-технологічних процесів»

Перелік завдань, що виносяться на семестровий контроль

1. Класифікація продуктів хіміко-технологічних процесів за фізико-хімічними властивостями.
2. Основні реологічні властивості рідин та їх вплив на транспортування.
3. Властивості сипких матеріалів та їх класифікація.
4. Принципи гідравлічного розрахунку трубопроводів.
5. Визначення витрат та швидкостей рідин у трубопроводах.
6. Основні типи насосного обладнання та їх характеристика.
7. Вибір насосів для транспортування рідин різної в'язкості.
8. Гідравлічні втрати у трубопроводах та методи їх мінімізації.
9. Основи компресорних установок для транспортування газів.
10. Розрахунок газопроводів на пропускну здатність.
11. Методи контролю та безпеки при транспортуванні газів.
12. Принципи пневмотранспорту твердих матеріалів.
13. Розрахунок параметрів пневмотранспортних систем.
14. Основні типи механічних транспортерів та їх використання.
15. Вибір механічного транспортера для конкретного матеріалу.
16. Системи пиловидалення та їх конструктивні особливості.
17. Методи проектування резервуарних парків для рідких продуктів.
18. Основні принципи зберігання сипких матеріалів у силосах.
19. Розрахунок ємності та конструкції силосів.
20. Основи кріогенного зберігання рідких та газоподібних продуктів.
21. Вплив температури та тиску на стан продуктів при зберіганні.
22. Причини виникнення корозії та методи захисту обладнання.
23. Вибір матеріалів та покриттів для трубопроводів і резервуарів.
24. Підготовка технологічної документації для транспортування та зберігання продуктів.
25. Виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни: алгоритми та приклади.