

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ТЕХНОЛОГІЇ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВУГЛЕВОДНІВ»



|                       |                                           |
|-----------------------|-------------------------------------------|
| Ступінь освіти        | магістр                                   |
| Освітня програма      | 185 «Нафтогазова інженерія та технології» |
| Тривалість викладання | 3, 4 чверть                               |
| Заняття:              | II семестр                                |
| лекції:               | 2 години                                  |
| практичні заняття:    | 1 година                                  |
| Мова викладання       | українська                                |
| Кафедра, що викладає  | Нафтогазової інженерії та буріння         |

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:

**Консультації:** за окремим розкладом, погодженим зі здобувачами вищої освіти.

**Інформація про викладача:**



**Викладач:**

**Расцветаев Валерій Олександрович**

Доцент, канд. техн. наук, доцент кафедри нафтогазової інженерії та буріння

**Персональна сторінка**

<https://trrkk.nmu.org.ua/ua/Collective/Ras/rascvetaev.php>

**E-mail:**

[rastsvietaev.v.o@nmu.one](mailto:rastsvietaev.v.o@nmu.one)

## 1. Анотація до курсу

Для визначення раціональних параметрів переміщення вуглеводнів виникає необхідність в непереривному дослідженні процесів їх транспортування. Відомо, що найекономічнішим видом транспорту вуглеводнів на далекі відстані є трубопровідний. Основні переваги трубопровідного транспорту є: висока економічність транспортування нафти і нафтопродуктів у великих кількостях та на далекі відстані; собівартість трубопровідного транспорту приблизно в 2-4 рази нижча за собівартість залізничних перевезень; можливість повної герметизації на всьому шляху транспортування від пунктів відправлення до пунктів призначення, що дозволяє значно знизити їх втрати; можливість прокладання трубопроводу в будь-якому напрямку та на будь-яку відстань; це найкоротший шлях між початковим і кінцевим пунктами; безперебійність роботи та відповідно гарантоване постачання споживачів незалежно від погоди, пори року й доби; високий ступінь механізації та автоматизації транспорту, що дозволяє оптимізувати чисельність персоналу; висока надійність і простота в експлуатації. Залежно від виду продукту, що

транспортуються розрізняють такі типи вузькоспеціалізованих трубопровідних систем: нафтопроводи, нафтопродуктопроводи, газопроводи і трубопроводи для транспортування інших вантажів.

## **2. Мета та завдання курсу**

**Мета дисципліни** – формування компетентностей щодо дослідження процесів і виконання розрахунків параметрів транспортування вуглеводнів для різних умов експлуатації систем газо-нафтопостачання.

### **Завдання курсу:**

- формування загального уявлення про дослідження процесів транспортування вуглеводнів;
- отримання досвіду щодо формування та виконання розрахунків параметрів транспортування вуглеводнів для різних умов експлуатації систем газо-нафтоп;
- моделювання процесів транспортування вуглеводнів за допомогою сучасних засобів дослідження.

## **3. Результати навчання**

1. Здійснювати патентний пошук та аналіз науково-технічної інформації, вітчизняного та зарубіжного досвіду в нафтогазовому секторі промисловості
2. Знати складові основ дослідження процесів транспортування вуглеводнів
3. Використовуючи відомі залежності, відтворювати алгоритм розрахунку параметрів переміщення вуглеводнів, враховуючи умови транспортування (гідравлічний розрахунок магістральних та складних газо-нафтопроводів, гідравлічні втрати, тепловий розрахунок магістральних та складних газо-нафтопроводів, розрахунок параметрів потоку газу в складних газопроводах);
4. Обґрунтовувати та формулювати вимоги щодо умови дослідження та експлуатації засобів транспортування вуглеводнів з урахуванням охорони життєдіяльності та навколишнього середовища

## **4. Структура курсу**

### **ЛЕКЦІЇ**

#### **1. Огляд основних видів транспорту вуглеводнів**

- 1.1. Транспортування нафти і нафтопродуктів трубопроводами.
- 1.2. Транспортування природного газу трубопроводами.
- 1.3. Список країн за довжиною магістральних трубопроводів.
- 1.4. Підземні сховища природного газу.
- 1.5. Залізничне транспортування нафти, нафтопродуктів та скрапленого газу.
- 1.6. Водне транспортування нафти, нафтопродуктів і скрапленого газу.
- 1.7. Автомобільне транспортування нафти, нафтопродуктів та скрапленого газу.
- 1.8. Нафтобазове господарство.

#### **2. Компаративістська і логістична задачі в теорії транспорту вуглеводнів**

- 2.1. Компаративне порівняння видів транспорту нафти і газу.
- 2.2. Економіка різних видів транспорту.
- 2.3. Логістична задача транспорту нафти і газу.
- 2.4. Використання теорії графів у транспорті вуглеводнів. Приклади розв'язання задач. Графи. Древа графів. Екстремальні задачі на графах.

#### **3. Розрахунок трубопровідного транспорту рідких вуглеводнів. Фізичні властивості рідин**

3.1. Фізичні властивості рідин: густина, стисливість, теплове розширення, пароутворення, розчинення газів, в'язкість.

3.2. Поняття про ньютонівські і неньютонівські рідини.

3.3. Реологічні залежності текучості в'язких рідин, режими течії рідин: ньютонівський, в'язкопластичний (бінгамо-шведівський), псевдопластичний, псевдопластичний з початковим напруженням зсуву, дилатантний, дилатантний з початковим напруженням зсуву.

#### **4. Розрахунок трубопровідного транспорту. Гідростатика**

4.1. Основні визначення.

4.2. Гідростатичний тиск.

4.3. Сила гідростатичного тиску на плоскі стінки.

4.4. Сила тиску рідини на дно посудини.

4.5. Сила тиску рідини на плоску прямокутну стінку.

4.6. Сила гідростатичного тиску на криволінійну поверхню.

#### **5. Розрахунок наливного транспорту. Відносний спокій рідини**

5.1. Наливний транспорт.

5.2. Аналіз випадків (Рідина заповнює посудину, що рухається у горизонтальному напрямку із сталим прискоренням; Сила тиску рідини, що знаходиться у відносному спокої, на криволінійну поверхню; Рідина, яка заповнює посудину, що обертається навколо своєї вертикальної осі).

5.3. Параметри параболоїдів обертання.

#### **6. Розрахунок трубопровідного транспорту. Гідродинаміка**

6.1. Основні визначення.

6.2. Рівняння нерозривності потоку.

6.3. Ламінарний та турбулентний режим руху рідини. Число Рейнольдса. Рівняння Бернуллі.

6.4. Вимірювання швидкості і витрати потоку рідини. Трубка Піто. Водомір Вентурі. Втрати напору при ламінарному і турбулентному русі рідини. Графіки Нікурадзе. Формули Пуазейля, Блазіуса, Шифринсона, Нікурадзе, Альтшуля, Шезі, Павловського.

#### **7. Розрахунок трубопровідного транспорту. Місцеві опори**

7.1. Поняття місцевого опору. Визначення коефіцієнтів місцевих опорів.

7.2. Зміна перерізу потоку: раптове розширення та звуження трубопроводу, вхід у трубу з резервуара, поступове розширення трубопроводу (дифузор), поступове звуження трубопроводу (конфузор).

7.3. Зварні стики трубопроводу.

7.4. Зміна напрямку потоку: різкий поворот (коліно), плавний поворот трубопроводу.

7.5. Втрати напору, пов'язані зі зміною перерізу та напрямку потоку: засувки, вентилі, клапани та ін.

7.6. Розділення і поєднання потоків.

#### **8. Розрахунок морського та річкового транспорту. Закон Архімеда**

8.1. Плавання тіл. Закон Архімеда. Умови стійкості суден.

8.2. Стійка, нестійка та індиферентна (байдужа) рівновага судна.

Вісь плавання судна. Центр водотоннажності судна.

8.3. Метацентр судна. Метацентрична висота. Метацентричний радіус. Ексцентриситет судна. Остійність судна.

#### **9. Розрахунок трубопровідного транспорту. Витікання рідини з отворів та насадок**

9.1. Витікання рідини з малих отворів у тонкій стінці.

9.2. Витікання рідини через великі отвори.

9.3. Витікання рідини з отвору при змінному напорі.

9.4. Тривалість часткового випорожнення круглої цистерни.

9.5. Тривалість витікання при змінному напорі з одної посудини до іншої під мінливий рівень.

9.6. Тривалість часткового випорожнення круглої цистерни.

9.7. Витікання рідини через насадки. Приклади розрахунків.

#### **10. Розрахунок трубопровідного транспорту. Гідравлічний удар**

10.1. Визначення гідравлічного удару. Прямий та непрямий гідравлічний удар.

10.2. Основні розрахункові рівняння гідравлічного удару: підвищення тиску в трубопроводі, швидкість поширення ударної хвилі.

10.3. Підвищення тиску при повільному закритті засувки.

10.4. Вплив матеріалу труб на параметри гідравлічного удару.

10.5. Приклади гідравлічних ударів.

10.6. Методи боротьби з гідроударом.

10.7. Розрахунок гідроудару.

#### **11. Розрахунок трубопровідного транспорту. Сифон**

11.1. Сифон як гідравлічний пристрій у вигляді зігнутої трубки з колінами різної довжини, якою переливають рідину з однієї посудини в іншу. Розрахунок максимальної висоти всмоктування.

11.2. Сифон (2) як пристрій, призначений для одностороннього відсікання газів від резервуара або трубопроводу.

11.3. Визначення. Принцип дії.

#### **12. Розрахунок трубопровідного транспорту. Гідравлічний розрахунок трубопроводів**

12.1. Гідравлічний розрахунок трубопроводу.

12.2. Особливості довгих і коротких трубопроводів.

12.3. Визначення сумарних втрат напору.

12.4. Визначення витрат рідини.

12.5. Визначення діаметра трубопроводу.

#### **13. Транспорт газу і теоретичні основи міжпромислового транспорту газу**

13.1. Основні складові газотранспортної системи.

13.2. Основні формули для розрахунку параметрів квазістаціонарних режимів роботи промислових газопроводів.

13.3. Швидкісний режим роботи газопроводу.

13.4. Визначення продуктивності газопроводу.

13.5. Визначення гідравлічних опорів.

13.6. Визначення перепаду тиску в промисловому газопроводі.

13.7. Температурний режим роботи газопроводу.

#### **14. Трубопровідний транспорт нафти**

14.1. Склад системи магістрального нафтопроводу. Головний термінал.

14.2. Проміжні нафтоперекачувальні станції.

14.3. Кінцевий термінал.

14.4. Лінійні споруди.

14.5. Способи транспортування звичайних і високов'язких та високо застигаючих нафт.

#### **15. Спільний транспорт рідких і газоподібних вуглеводнів**

15.1. Актуальність проблеми двофазного транспорту рідини і газу.

15.2. Структурні форми газорідного потоку.

15.3. Карта структурних форм газорідного потоку.

15.4. Характеристика промислового флюїдопроводу при різному газовмісті  $\beta$  флюїду.

15.5. Визначення оптимального режиму перекачування газорідної суміші.

15.6. Принципова технологічна схема перекачування газонасичених нафт.

#### **16. Особливості технологій транспортування зрідженого та стисненого природного газу (технології LNG та CNG)**

16.1. Зріджений (скраплений) природний газ: основна характеристика. сучасний стан LNG-технології в світі.

16.2. Скраплений газ в Україні.

16.3. Перспективи зрідження газів.

16.4. Особливості і область використання технологій LNG та CNG.

### **17. Особливості розрахунків магістральних та міжпромислових газопроводів. Методика розрахунків**

17.1. Технологічний розрахунок газопроводу.

17.2. Визначення оптимальних параметрів магістрального газопроводу.

17.3. Вибір типу газоперекачувальних агрегатів, визначення числа компресорних станцій і відстані між ними.

17.4. Визначення відстані між компресорними станціями.

17.5. Уточнений тепловий і гідравлічний розрахунок ділянки газопроводу між двома компресорними станціями.

17.6. Розрахунок режиму роботи компресорної станції.

### **ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ**

1. Вимірювання фізичних величин, планування та обробка результатів експерименту
2. Дослідження параметрів транспортування в магістральному нафтопроводі
3. Дослідження параметрів транспортування в магістральних газопроводах
4. Дослідження параметрів послідовного перекачування нафти і нафтопродуктів
5. Дослідження параметрів експлуатації магістральних трубопроводів

### **5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення**

| № роботи (шифр) | Назва роботи                                                                 | Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Вимірювання фізичних величин, планування та обробка результатів експерименту | Персональні комп'ютери з відповідним програмним забезпеченням                              |
| 2               | Дослідження параметрів транспортування в магістральному нафтопроводі         | Персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням                              |
| 3               | Дослідження параметрів транспортування в магістральних газопроводах          | Персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням                              |
| 4               | Дослідження параметрів послідовного перекачування нафти і нафтопродуктів     | Персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням                              |
| 5               | Дослідження параметрів експлуатації магістральних трубопроводів              | Персональний комп'ютер з відповідним програмним забезпеченням                              |

### **6. Система оцінювання та вимоги**

**6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:**

| Рейтингова шкала | Інституційна шкала |
|------------------|--------------------|
| 90 – 100         | відмінно           |
| 75-89            | добре              |
| 60-74            | задовільно         |
| 0-59             | незадовільно       |

**6.2.** Здобувачі вищої освіти можуть отримати **підсумкову оцінку** з навчальної дисципліни на підставі поточного оцінювання знань за умови, якщо набрана кількість балів з поточного тестування та самостійної роботи складатиме не менше 60 балів.

Максимальне оцінювання:

| Теоретична частина | Практична частина         |                             | Бонус | Разом |
|--------------------|---------------------------|-----------------------------|-------|-------|
|                    | При своєчасному складанні | При несвоєчасному складанні |       |       |
| 60                 | 40                        | 20                          | -     | 100   |

Практичні роботи приймаються за контрольними запитаннями до кожної з роботи.

Теоретична частина оцінюється за результатами залікової роботи, яка містить 5 запитань.

### 6.3. Критерії оцінювання підсумкової роботи

**5 запитань, 1 правильна відповідь** оцінюється у **12 балів (разом 60 балів)**. Залікова робота виконується в аудиторії або в online з використанням відповідних ресурсів.

Відповіді на контрольні запитання сканується (фотографується) та відсилається на електронну пошту викладача впродовж часу, відведеного на контрольні заходи. Несвоєчасно вислана відповідь враховується такою, що не здана.

Вірна відповідь на **одне запитання** оцінюється в 12 балів, зокрема:

- **12 балів** – відповідність згідно еталону;
- **9 балів** – незначні помилки у відповіді;
- **6 балів** – присутні помилки у відповіді;
- **3 бали** – присутні суттєві помилки у відповіді;
- **0 балів** – відповідь відсутня.

### 6.4. Критерії оцінювання практичної роботи

З кожної практичної роботи здобувач вищої освіти отримує 8 запитань з переліку контрольних запитань. Кількість вірних відповідей визначають кількість отриманих балів.

## 7. Політика курсу

### 7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". [http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us\\_documents/System\\_of\\_prevention\\_and\\_detection\\_of\\_plagiarism.pdf](http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf).

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### 7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

### **7.3. Політика щодо перескладання**

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### **7.4 Політика щодо оскарження оцінювання**

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

### **7.5. Відвідування занять**

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбутись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

## **8 Рекомендовані джерела інформації**

### **Базові**

1. Білецький В. С., Фик М. І. Основи транспорту природних вуглеводнів: Підручник / За ред. І. М. Фика. Львів: Видавництво «Новий Світ – 2000», 2019. – 274 с.
2. 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.
3. Трубопровідний транспорт газу: підручник / В.К. Каперович. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 1999. – 198 с.
4. Трубопровідний транспорт газу: підручник [для студ. вищ. навч. закл.] / Сусак О.М., Каперович В.К., Андрійшин М.П. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2013. – 345 с.: іл., табл.
5. Технологія видобування, зберігання і транспортування нафти і газу [Текст] : навч. посіб. / О. І. Акульшин, О. О. Акульшин, В. С. Бойко [et al.]. – Івано-Франківськ : Факел, 2003. – 434 с. – 429-431. – 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. –312с.
2. Інтенсифікація припливу вуглеводнів у свердловину [Текст]. 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 [Текст]. Кн. 2 / Ю.Д. Качмар, В.М. Світлицький, Б.Б. Синюк, Р.С. Яремійчук. – Львів : Центр Європи, 2005. – 414 с.