

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ВНУТРІШНІХ СПРАВ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

**Циклова комісія технічного обслуговування авіаційної техніки**

**МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ  
ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ**

з навчальної дисципліни

«Фізико-хімічні методи аналізу та технологія пально-мастильних матеріалів»  
вибіркових компонент  
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**272 Авіаційний транспорт**  
**(Технології робіт та технологічне обладнання аеропортів)**

**Кременчук 2023**

**ЗАТВЕРДЖЕНО**

Науково-методичною радою  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 30.08.2023 № 7

**СХВАЛЕНО**

Методичною радою  
Кременчуцького льотного коледжу  
Харківського національного  
університету внутрішніх справ  
Протокол від 28.08.2023 № 1

**ПОГОДЖЕНО**

Секцією науково-методичної ради  
ХНУВС з технічних дисциплін  
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, протокол від 28.08.2023 № 1

**Розробник:**

*Викладач циклової комісії технічного обслуговування авіаційної техніки, спеціаліст вищої категорії, викладач - методист Давітая О. В.*

**Рецензенти:**

- 1. Доцент кафедри автомобілів та тракторів Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського, к.т.н., доцент Павленко О. В.;*
- 2. Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, к.х.н., доцент Козловська Т. Ф.*

### 1.1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (денна форма навчання)

не передбачено

### 1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 5							
Тема № 1 Вступ. Значення та мета фізико - хімічного аналізу нафти та нафтопродуктів. Тема № 2 Нафта та її значення. Тема № 3 Хімія нафти.	34	2	-	-	-	32	опитування
Тема № 4 Класифікація нафти і нафтопродуктів. Основні експлуатаційні властивості нафтопродуктів.	14	2	-	-	-	12	опитування
Тема № 5 Методи аналізу сирої нафти та підготовка нафти до випробувань. Тема № 6 Визначення основних властивостей та складу нафти і нафтопродуктів.	34	2	-	4	-	28	опитування
Тема № 7 Методи дослідження складу бензинових фракцій.	23	2	-	2	-	19	опитування
Тема № 8 Методи дослідження газово-газойлевих та масляних фракцій	14	2	-	-	-	12	опитування
Тема № 9 Методи дослідження залишкових фракцій.	16	2	-	-	-	14	опитування
Всього за семестр № 5:	135	12	-	6	-	117	залік

## 2. Методичні вказівки до практичних занять

**Тема № 6 Визначення основних властивостей та складу нафти і нафтопродуктів.**

**Практичне заняття № 1:** Визначення основних властивостей та складу нафти і нафтопродуктів (Основні експериментальні способи визначення густини нафтопродуктів).

Навчальна мета заняття: Ознайомитись та вивчити методи аналізу нафтопродуктів, методику визначення густини нафтопродуктів.

Кількість годин - 2 (заочна форма).

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

#### **Навчальні питання:**

1. Розрахункові методи визначення густини нафтопродуктів

Література: 2 (с.36-47), 5 (с.39-43), 9(с.42-46)

#### **План проведення заняття:**

I. Порядок проведення вступу до заняття.

Опрацювати теоретичний матеріал необхідний для виконання лабораторної роботи: Розрахункові методи визначення властивостей нафти та нафтопродуктів менш точні, ніж експериментальні. Це пов'язано з тим, що математичні залежності отримують на конкретному статистичному матеріалі (досліджується певна нафта і нафтопродукти при різних кількості експериментів). Розрахункові методи необхідно приміняти тільки для орієнтовної оцінки показників властивостей нафти (нафтопродукту). Експериментально густина нафти визначається одним із стандартних методів: ареометром (нафтоденсиметром), гідростатичними вагами Вестфалія-Мора та пікнометром. . З них найбільш швидким є ареометричний метод, а найбільш точним - пікнометричний. Перевагою пікнометричного методу також є використання порівняно малих кількостей аналізованої проби.

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Ознайомитися з методами визначення густини нафтопродуктів використовуючи нормативні документи та літературу

1. Визначення густини пікнометром (ГОСТ 3900)
2. Визначення густини ареометром (нафтоденсиметром)
3. Визначення густини гідростатичними вагами.

III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Для заліку результатів практичної роботи дати відповідь на запитання в письмовій формі:

1. Дати визначення поняття густини нафтопродуктів
2. Охарактеризувати методику проведення виміру густини ареометром
3. Охарактеризувати методику проведення виміру густини пікнометром
4. Охарактеризувати методику проведення виміру гідростатичними вагами
5. Техніка безпеки під час проведення дослідження

### **Тема № 6 Визначення основних властивостей та складу нафти і нафтопродуктів.**

**Практичне заняття № 2:** Визначення основних властивостей та складу нафти і нафтопродуктів. (Густина як одна із фізичних величин нафти та нафтопродуктів. Рішення задач з використанням поняття «густина»).

Навчальна мета заняття: Ознайомитись та вивчити методи аналізу нафтопродуктів, методику визначення густини нафтопродуктів.

Кількість годин - 2 (заочна форма).

Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

### Навчальні питання:

1. Розрахункові методи визначення густини нафтопродуктів.

Література: 2 (с.36-47), 5 (с.39-43)

### План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття. Опрацювати теоретичний матеріал необхідний для виконання лабораторної роботи:

Для нафти або нафтопродуктів густина є найважливішою фізичною величиною, яка визначається відношенням маси речовини до його об'єму. В якості одиниці густини в СІ застосовують кілограм на кубічний метр ( $\text{кг/м}^3$ ) і частинні одиниці. На практиці частіше використовують відносну густину. Відносна густина рідкого нафтопродукту - це безрозмірна величина, що представляє собою відношення його істинної густини і до густини дистильованої води, взятих при певних температурах. При цьому відносна густина позначається символом  $\rho_{t_1}^{t_2}$ , де  $t_1$  - температура води, ° С (К),  $t_2$  - температура нафтопродукту, ° С (К). В Україні стандартними прийнято температури: для води 4 °С, для нафтопродукту 20 °С . У США, Англії та деяких інших країнах стандартні температури для нафтопродукту і води однакові - 15,6 °С . Відомо, що густина зменшується із зростанням температури. Для більшості нафт і нафтових фракцій ця залежність носить лінійний характер і визначається формулою Д. І. Менделєєва:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \gamma (t - 20)$$

де  $\rho_4^t$  — відносна густина при температурі  $t$ ;

$\rho_4^{20}$  — відносна густина при 20 ° С;

$\gamma$  - середня температурна поправка відносної густини на один градус.

Значення температурної поправки у формулі Д.І. Менделєєва застосовується в порівняно вузькому інтервалі температур від 0 до 50 ° С для нафтопродуктів, що містять невеликі кількості твердих парафінів і ароматичних вуглеводнів. Густину рідких нафтопродуктів при високих температурах можна визначити за номограмами.

В деякі формули, що застосовуються в практичних розрахунках нафтопереробних процесів, входить значення густини  $\rho_{15}^{15}$ . Перерахувати її можна таким чином:

$$\rho_4^{20} = \rho_{15}^{15} - 5\gamma$$

Густина є адитивною властивістю, тому при змішуванні різних нафтопродуктів суміші може бути легко визначена за рівняння по заданих масам компонентів:

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{m}{\sum(m_i/\rho_i)}$$

## II. Порядок проведення основної частини заняття.

Перелік завдань для розгляду на практичному занятті:

Приклад 1: Нафта знаходиться в резервуарі при температурі 12 ° С. Визначити її густину (відносну) в даних умовах, якщо  $\rho_4^{20} = 0,8675$  г/см<sup>3</sup>

Рішення:

$$\rho_4^t = \rho_4^{20} - \gamma (t-20)$$

$$\rho_4^{12} = 0,8675 - 0,000686 (12-20) = 0,8675 + 0,005488 = 0,8729 \text{ г/см}^3$$

Приклад 2: Визначити відносну густину нафтопродукту  $\rho_4^{20}$ , якщо  $\rho_4^{15} = 0,7586$  г/см<sup>3</sup>

Рішення:

$$\rho_4^{20} = \rho_4^t + \gamma (t-20)$$

$$\rho_4^{20} = 0,7586 + 0,000831 (15-20) = 0,7586 - 0,004155 = 0,7545 \text{ г/см}^3$$

Приклад 3: Для випробувань приготували пробу бензину, що складається з 5 кг прямогонної бензинової фракції ( $\rho_4^{20} = 0,7369$  г/см<sup>3</sup>) та 15 кг бензину каталітичного крекінгу ( $\rho_4^{20} = 0,7623$  г/см<sup>3</sup>). Визначити відносну густину суміші при 5 ° С.

Рішення:

$$\rho_{\text{сум}} = \frac{m}{\sum (m_i / \rho_i)}$$

$$\rho_{4\text{сум}}^{20} = \frac{5+15}{5/0,7369 + 15/0,7623} = \frac{20}{20,068 + 19,68} = 0,746 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_{4\text{сум}}^5 = \rho_4^{20} - \gamma (t-20) = 0,746 - 0,000844(5-20) = 0,759 \text{ г/см}^3$$

## III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Для заліку практичної роботи дати відповідь на запитання в письмовій формі:

### I варіант

1 Визначити відносну густину суміші при 5 °С. Суміш складається з 250 кг бензину 0,756 г/см<sup>3</sup> та 375 кг керосину 0,826 г/см<sup>3</sup>.

2 Бензинова фракція з  $\rho_4^{20} = 0,7486$  г/см<sup>3</sup> нагрівається в теплообміннику від 30 °С до 52° С. Визначити зміну відносної густини бензину.

### II варіант

1 Нафту закачали в резервуар при 15 °С, її густина при цій температурі дорівнює 0,845 г/см<sup>3</sup>. На наступний день температура нафти піднялась до 25 ° С, визначити густину при даній температурі.

2 Суміш складається із трьох компонентів:  $m_1=459$  кг,  $m_2=711$  кг,  $m_3=234$ кг; 0,756 г/см<sup>3</sup>, 0,790 г/см<sup>3</sup>, 0,780 г/см<sup>3</sup>. Визначити густину цієї суміші при 20° С.

## Тема № 7 Методи дослідження складу бензинових фракцій.

**Практичне заняття № 3:** Методи дослідження складу бензинових фракцій. (Визначення компонентного складу нафти та нафтопродуктів. Середня температура кипіння. Характеризуючий фактор)

Навчальна мета заняття: Навчитися визначати компонентний склад нафти та

нафтопродуктів та розв'язувати задачі з використанням його показників.  
 Кількість годин - 2 (заочна форма).  
 Місце проведення: навчальний кабінет коледжу.

### Навчальні питання:

1. Методи дослідження складу бензинових фракцій.

Література: 2 (с.36-47), 5 (с.39-43)

### План проведення заняття:

I. Порядок проведення вступу до заняття. Опрацювати теоретичний матеріал необхідний для виконання практичної роботи: Компонентний склад. Нафту і нафтопродукти можна розглядати як суміш, що складається з  $n$  компонентів. Їх число і властивості визначають фізико-хімічну характеристику суміші в цілому. У практичних розрахунках склад багатокомпонентної суміші виражається в долях або відсотках. Співвідношення між долями і відсотками 1:100. У нафтопереробці прийнято означати долі, що характеризують склад рідкої суміші, буквою  $x$ , а склад газової або парової суміші - буквою  $y$ . Фізичний сенс величин при цьому зберігається.

Масова доля  $x_i(y_i)$  компонента є відношенням його маси  $m_i$  до маси суміші  $m$ :

$$x_i = m_i / m.$$

Очевидно,  $\sum m_i = m$  та  $\sum x_i = 1$ .

II. Порядок проведення основної частини заняття.

Опрацювати завдання

Приклад 1 Змішали три масляні фракції в наступних кількостях:  $m_1=81$  кг;  $m_2=135$  кг;  $m_3=54$  кг

Визначити масову долю кожної фракції в суміші.

Рішення:

Знайдемо загальну масу суміші :  $m = m_1 + m_2 + m_3 = 81 + 135 + 54 = 270$  кг

Визначимо масову долю кожної фракції :

$$x_1 = \frac{81}{270} = 0,3;$$

$$x_2 = \frac{135}{270} = 0,5;$$

$$x_3 = \frac{54}{270} = 0,2.$$

Молярна доля  $x'_i (y'_i)$  компонента виражається відношенням числа молей  $N_i$  цього компонента до загального числа молей  $N$  суміші :  $x'_i = \frac{N_i}{N}$

Аналогічно масовій долі  $\sum x'_i = 1$ .

Перерахунок масового складу в молярний і зворотний перерахунок здійснюються по формулах:

$$x'_i = \frac{x_i / M_i}{\sum (x_i / M_i)} ; x_i = x'_i M_i / \sum x'_i M_i,$$

де  $M_i$  - молярна маса компонента, кг/моль.

Приклад 2 Перерахувати масові долі фракцій, знайдені в прикладі 1, в молярні, якщо молярні маси (у кілограмах на кіломоль) компонентів дорівнюють:  $M_1=320$ ;  $M_2=360$ ;  $M_3=390$ .

Рішення:

Визначимо спочатку суму відношень масових долей фракцій до їх молярних мас:

$$\frac{0,3}{320} + \frac{0,5}{360} + \frac{0,2}{390} = 2,84 \cdot 10^{-3}$$

Знаходимо молярні долі кожної фракції :

$$x'_1 = \frac{0,3/320}{2,84 \cdot 10^{-3}} = 0,33;$$

$$x'_2 = \frac{0,5/360}{2,84 \cdot 10^{-3}} = 0,49;$$

$$x'_3 = \frac{0,2/390}{2,84 \cdot 10^{-3}} = 0,18.$$

Для перевірки правильності отриманих результатів підсумовуємо молярні долі:  $0,33 + 0,49 + 0,18 = 1$ .

Сума дорівнює одиниці, отже, перерахунок виконаний вірно.

Об'ємна доля  $x_{vi}$  ( $y_{vi}$ ) компонента є відношення його об'єму  $V_i$  до об'єму усієї суміші  $V$  :  $x_{vi} = V_i/V$ .

Аналогічно масовій і молярній долям  $\sum v_i = 1$ .

Для перерахунку об'ємного складу в масовий і назад необхідно знати густину  $\rho_i$  кожного компонента :

$$x_{vi} = \frac{x_i \rho_i}{\sum (x_i \rho_i)} ; x_i = x_{vi} \rho_i / \sum x_{vi} \rho_i$$

Приклад 3 Газова суміш отримана з  $95 \text{ м}^3$  пропану і  $23 \text{ м}^3$  етану. Густина пропану і етану дорівнює  $2,0037 \text{ кг/м}^3$  і  $1,3560 \text{ кг/м}^3$  відповідно. Виразити склад суміші в об'ємних і масових долях.

Рішення:

Знайдемо загальний об'єм суміші :  $V = 95 + 23 = 118 \text{ м}^3$ .

Об'ємна доля пропану  $x_{v1} = 95/118 = 0,805$ , етану  $x_{v2} = 23/118 = 0,195$ .

Масові долі компонентів будуть рівні:

$$X_1 = \frac{0,805 \cdot 2,0037}{0,805 \cdot 2,0037 + 0,195 \cdot 1,3560} = 0,859;$$

$$X_2 = \frac{0,195 \cdot 1,3560}{0,805 \cdot 2,0037 + 0,195 \cdot 1,3560} = 0,141.$$

### III. Порядок проведення заключної частини заняття.

Для заліку практичної роботи дати відповідь на запитання в письмовій формі:

#### I варіант

1. Вуглеводневий газ, що є побутовим паливом, має наступний масовий вміст вуглеводнів: етану - 2%, пропану - 76%, бутану - 21%, пентану - 1%.

Розрахувати молярний вміст компонентів у газовій суміші.

2. Визначити молярну температуру кипіння масляного погону, якщо відомий його склад:

Найменування фракції	Молярна частка
Фракція 420-436°C	0,45
Фракція 436-454°C	0,30
Фракція 454-470°C	0,25



### II варіант

1 Природний газ Північного родовища складається з наступних компонентів (в об'ємних відсотках):  $\text{CH}_4$  - 96,8;  $\text{C}_2\text{H}_6$  - 0,9;  $\text{C}_3\text{H}_8$  - 0,4;  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  - 0,3;  $\text{N}_2$  - 1,0;  $\text{O}_2$  - 0,6. Знайти масовий склад суміші.

2 Є суміш двох нафтових фракцій, знайти об'ємний склад і середню молярну температуру кипіння суміші:

	Молярна маса, кг/кмоль	Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Молярна доля
Фракція 180-210°C	168	806	0,34
Фракція 210-230°C	182	833	0,66

### 3. Рекомендована література (основна, додаткова), інформаційні та навчальні ресурси в Інтернеті

#### Основна

1. Братичак М. М., Гунька В. М. Хімія нафти та газу : підручник. Львів : Львівська політехніка, 2020. 448 с. . URL : <https://odnb.odessa.ua/vnn/book/2491> (дата звернення: 19.07.2023).
2. Братичак М. М., Гринишин О. Б. Технологія нафти та газу. навчальний посібник. Львів: Львівська політехніка, 2013. 180 с.  
URL :<https://vlp.com.ua/node/10089> (дата звернення: 10.07.2023).
3. Суярко В. Г. Прогнозування, пошук та розвідка родовищ вуглеводнів: підручник. Харків: Фоліо, 2015. 296 с. URL :<https://ekhnuir.karazin.ua/items/a82b8326-70c8-49bc-b0a0-a4599ad553c1> (дата звернення: 25.07.2023).
4. Властивості нафти та нафтопродуктів. Ч.1 : навч. посіб. / О.В. Давітая та ін. Кременчук, 2019. 74 с. URL:[http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis\\_nbuv/cgiirbis\\_64.exe](http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe) (дата звернення: 25.07.2023).
5. Основи хімії і фізики горючих копалин / Саранчук В.І., Ільяшов М.О., Ошовський В.В. Донецьк : Східний видавничий дім, 2008. 640 с.  
URL:<https://core.ac.uk/download/pdf/161786962.pdf> (дата звернення: 10.08.2023).

#### Додаткова

6. Сіренко Г.О., Кириченко В.І., Фізико-хімія паливно-мастильних матеріалів : монографічний підручник. Івано-Франківськ, 2017. 508 с.  
URL:<https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2020/09/Pidruchnyk-Sirenko.pdf> (дата звернення: 07.08.2023).
7. Аналітична хімія. Хімічні методи аналізу / Циганок Л. П., Бубель Т. О., Вишнікін А. Б., Вашкевич О. Ю. Дніпропетровськ : ДНУ ім. О.Гончара, 2014. 252 с. URL:[http://library.dnu.dp.ua/Metodichki/analit\\_chimija.pdf](http://library.dnu.dp.ua/Metodichki/analit_chimija.pdf) (дата звернення: 10.08.2023).
8. Аналітична хімія і методи аналізу / Масленко С. М., Величко В. В., Великонська Н. М., Перескока В.В. : навч. посіб. Дніпропетровськ : НМетАУ. 2011.162 с. URL: [https://nmetau.edu.ua/file/analithimiya\\_i\\_metodi\\_analizu.2011.pdf](https://nmetau.edu.ua/file/analithimiya_i_metodi_analizu.2011.pdf)

(дата звернення: 10.08.2023).

9. Бойченко С. В. Оливи. Моторні, турбінні, гідравлічні та трансмісійні: властивості та якість : підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2019. 323 с. URL:<https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/38010/> (дата звернення: 10.08.2023).
10. Бойченко С. В. Моторні палива: властивості та якість: підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2017. 324 с. URL:<https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/177/biblioteka> (дата звернення: 10.08.2023).
11. ГСТУ 320.00149943.007-97. Паливо для реактивних двигунів «РТ». [Чинний від 1997-06-15]. Держнафтогазпром України, 1997. 19 с. (Галузовий стандарт України).
12. ГСТУ 320.00149943.011-99. Паливо ТС-1 для реактивних двигунів. [Чинний від 1999-07-01]. Держнафтогазпром України, 1999. 27 с. (Галузовий стандарт України).
13. ДСТУ 4796:2007. Паливо авіаційне для газотурбінних двигунів ДЖЕТ А-1. [Чинний від 2007-10 -01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 8 с. (Національний стандарт України).
14. ДСТУ 7687:2015. Бензини автомобільні євро. Технічні умови. [Чинний від 2016-01 -01]. Київ : УкрНДНЦ, 2015. 15 с. (Національний стандарт України).

#### Інформаційні ресурси в Інтернеті

15. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України URL:<https://avia.gov.ua/> (дата звернення: 11.08.2023).
16. Офіційний сайт аеропорту «Бориспіль» URL: <https://kbp.aero/> (дата звернення: 11.08.2023).
17. Офіційний сайт Верховної Ради: URL:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0594-19/> (дата звернення: 11.08.2023).