

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра хімії і хімічної технології

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач випускової кафедри  
\_\_\_\_\_ А.Д. Кустовська  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТР

за спеціальністю: 161 «Хімічні технології та інженерія»

освітньо-професійної програми «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

**Тема: «ВПЛИВ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ МОТОРНИХ  
БЕНЗИНІВ»**

Виконавець: Тинькевич Аліна Анатоліївна студентка групи АП 203 М

Керівник: Трофімов Ігор Леонідович к.т.н., доц., \_\_\_\_\_

Консультант розділу «Охорона праці»: \_\_\_\_\_ Леонов В.І.

Консультант розділу «Охорона навколишнього

середовища» \_\_\_\_\_ Тихенко О.М.

Нормоконтролер: \_\_\_\_\_ Максимюк М.Р.

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій  
Кафедра хімії і хімічної технології  
Спеціальність: 161 «Хімічні технології та інженерія»  
ОПП «Хімічні технології альтернативних енергоресурсів»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ А.Д. Кустовська

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Тинькевич Аліни Анатоліївни

1. Тема роботи: «Вплив кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів» затверджена наказом ректора від «08» жовтня 2021 р. № \_2189/ст.
2. Термін виконання роботи: з 08.10.2021 року по 23.12.2021 року.
3. Вихідні дані до роботи: Дані щодо характеристики моторних бензинів українських виробників. Характеристика способів покращення властивостей автомобільних бензинів. Перспективні технологічні процеси модифікації складу моторних бензинів.
4. Зміст пояснювальної записки: Перелік умовних позначень, скорочень, термінів. Вступ. Розділ 1. Аналіз моторних бензинів та способів покращення їх властивостей. Розділ 2. Методика експериментальних досліджень. Об'єкти досліджень. Розділ 3. Дослідження впливу кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів. Розділ 4. Охорона навколишнього середовища. Розділ 5. Охорона праці. Висновки. Список бібліографічних посилань використаних джерел.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, діаграми, графіки.

## 6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1.	Одержання теми. Пошук та аналіз літератури за темою дипломної роботи.	08.10.2021-31.10.2021	
2.	Опрацювання літературних джерел з даної теми	01.11.2021-12.11.2021	
3.	Проведення експериментальних досліджень впливу кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів	13.11.2021-26.11.2021	
4.	Обробка експериментальних даних	27.11.2021-30.11.2021	
5.	Проведення аналізу охорони навколишнього середовища та охорони праці.	01.12.2021-05.12.2021	
6.	Узагальнення матеріалу, оформлення дипломної роботи, підготовка доповіді та презентації.	06.12.2021-23.12.2021	
7.	Захист дипломної роботи	24.12.2021	

## 7. Консультанти з окремих розділів.

Розділ	Консультант (посада, П.І.Б)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона навколишнього середовища	к.т.н., доц. Тихенко О.М.		
Охорона праці	асистент Леонов В.І.		

Дата видачі завдання: «08» жовтня 2021 р.

Керівник дипломної роботи \_\_\_\_\_ к.т.н., доц. Трофімов І. Л.

Завдання прийняла до виконання \_\_\_\_\_ Тинькевич А.А.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи: «Вплив кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів»: 75 с., 17 рис., 10 табл., 27 літературних джерел.

**Об'єкт дослідження:** Вплив кавітаційної обробки на фізико-хімічні властивості автомобільних бензинів.

**Предмет дослідження:** Закономірності впливу кавітаційної обробки на зміну показників якості автомобільних бензинів.

**Мета роботи:** Дослідження впливу кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів.

**Методи дослідження:** аналітичний метод, методи системного аналізу, порівняння, систематизація, узагальнення.

В роботі досліджували вплив кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів. Досліджено позитивний вплив кавітаційного поля на детонаційну стійкість автомобільних бензинів. Результати магістерської роботи рекомендується використовувати під час проведення подальших наукових досліджень та у навчальному процесі.

АВІАТОМОБІЛЬНИЙ БЕНЗИН, КАВІТАЦІЯ, РЕФОРМУЛЬОВАНЕ ПАЛИВО, ГІДРОДИНАМІЧНА ОБРОБКА, ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ

## ЗМІСТ

<b>ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ.....</b>	<b>7</b>
<b>ВСТУП.....</b>	<b>8</b>
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОТОРНИХ БЕНЗИНІВ ТА СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ .....</b>	<b>11</b>
1.1. Сучасний стан паливозабезпечення автомобільної галузі в Україні .....	11
1.2. Класифікація та огляд вітчизняних автомобільних бензинів.....	13
1.3. Характеристика компонентного складу та фізико-хімічних показників моторних бензинів.....	21
1.4. Оцінка методів покращення властивостей моторних бензинів нафтового та біологічного походження. ....	24
1.5. Висновки до розділу.....	26
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ .....</b>	<b>27</b>
2.1. Об'єкт досліджень.....	27
2.2. Лабораторне обладнання.....	27
2.3. Методика дослідження впливу кавітаційної обробки на моторні палива.....	30
2.3.1. Моделювання експерименту дослідження.....	30
2.3.2. Підготовка до випробовувань показників якості бензинів.....	31
2.4. Висновки до розділу.....	39
<b>РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ МОТОРНИХ БЕНЗИНІВ .....</b>	<b>40</b>
3.1. Обґрунтування впливу кавітаційного поля на моторні бензини.....	40
3.2. Експериментальні випробування фізико-хімічних властивостей традиційних моторних бензинів оброблених у кавітаційному полі .....	44
3.3. Експериментальні випробування фізико-хімічних властивостей модифікованих моторних бензинів оброблених у кавітаційному полі .....	50
3.4. Висновки до розділу.....	55

<b>РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....</b>	<b>57</b>
4.1. Оцінка впливу екологічних факторів.....	57
4.2. Розрахунок викидів забруднювальних речовин.....	60
4.3. Заходи щодо зменшення впливу відпрацьованих газів.....	62
4.4. Висновки до розділу.....	62
<b>РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....</b>	<b>63</b>
5.1. Вступ.....	63
5.2. Аналіз умов праці на робочому місці.....	63
5.2.1. Організація робочого місця .....	63
5.2.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	63
5.2.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників.....	64
5.3. Розробка заходів з охорони праці.....	66
5.3.1. Нормалізація повітря робочої зони.....	66
5.3.2. Виробниче освітлення.....	67
5.3.3. Електробезпека.....	67
5.4. Пожежна безпека.....	67
5.5. Розрахункова частина.....	68
5.6. Висновки до розділу.....	69
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>71</b>
<b>СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>73</b>

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

НПЗ – нафтопереробний завод;

ГПЗ – газопереробний завод;

Євро-3; Євро-4; Євро-5 – екологічний стандарт, що регулює вміст шкідливих речовин в вихлопних газах транспортних засобів з дизельними і бензиновими двигунами.

ДП – дизельне паливо;

LPG – Liquefied Petroleum Gas (Зріджений вуглеводневий газ);

ДСТУ – державний стандарт України;

ASTM – American Society for Testing and Materials (Американська спілка випробувань матеріалів);

ГОСТ – міждержавний стандарт в СНД;

ПГ – парникові гази;

ЦНС – центральна нервова система;

CO<sub>2</sub> – вуглекислий газ;

C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> – неспалені вуглеводні;

H<sub>2</sub>O – водна пара;

NO<sub>x</sub> – оксиди азоту;

SO<sub>x</sub> – оксиди сірки;

ТНП – тиск насичених парів, кПа;

ρ<sub>15</sub> – густина за 15 °С, кг/м<sup>3</sup>;

P<sub>вх</sub> – вхідний тиск кгс/см<sup>2</sup>;

P<sub>вих</sub> – вихідний тиск кгс/см<sup>2</sup>.

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Автомобільний бензин є одним з найпоширеніших видів палива в країні. Сукупний обсяг його споживання з кожним роком збільшується приблизно на 20-30%. За останній рік внутрішнє споживання автомобільного бензину збільшилася на 352,5 тис. т. Внутрішнє виробництво бензинів у 2021 році зросло на 30% і склало 1,03 млн т. Частка українського бензину Євро-5 склала 50%. Це пов'язано зі збільшенням попиту на автомобільні палива, оскільки спостерігається збільшення зареєстрованих авто в країні. Станом на 2021 рік єдиними вітчизняними виробниками автомобільних бензинів марок А-92, А-95 та вище, які відповідають ДСТУ 7687:2015, залишилися Кременчуцький НПЗ та Шебелинський ГПЗ.

Однак, український ринок світлих нафтопродуктів залежний від імпорту бензинів, який у балансі ринку склав 50% або 1,09 млн т, що на 4,7% (+ 48,8 тис. т) більше, ніж у 2019 році. Основні країни, з яких імпортувалося паливо: Білорусь – 78% та Литва – 21%. З огляду на це, актуальним стає завдання дослідження технологій удосконалення виробництва якісних автомобільних бензинів.

**Мета роботи.** Дослідження впливу кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів.

**Об'єкт дослідження.** Вплив кавітаційної обробки на фізико-хімічні властивості автомобільних бензинів.

**Предмет дослідження.** Закономірності впливу кавітаційної обробки на зміну показників якості автомобільних бензинів.

### **Методи дослідження:**

- визначення октанового числа за моторним ДСТУ 8736 та дослідним ДСТУ 8737 методами зразків автомобільного бензину;
- визначення загальних характеристик палива, а саме густини при 15 °С за ДСТУ ГОСТ 31072, тиску насичених парів за ДСТУ 4160 та фракційного складу за ДСТУ 2177.



– Визначення вмісту ароматичних вуглеводнів за ГОСТ 29040, загального кисню та кисневмісних сполук за ДСТУ EN 13132.

***Наукова новизна одержаних результатів.***

– На основі експериментальних даних та результатів обчислень отримано величини характеристик густини, тиску насичених парів, фракційного складу та вмісту ароматичних вуглеводнів, загального кисню та кисневмісних сполук досліджуваних зразків автомобільного бензину марки А-95-Є5-Е0 та А-92-Є5-Е0;

– Показано ефективний вплив кавітаційної обробки на властивості автомобільних бензинів та визначено оптимальні параметри обробки палива для досягнення позитивних результатів.

– Для ефективної роботи сумішей автомобільного палива підібрана оптимальний час обробки в кавітаційному полі, що покращує показник детонаційної стійкості та не погіршує інші важливі фізико-хімічні характеристики палива.

***Практичне значення одержаних результатів.*** Одержані результати можуть бути використані в процесах виробництва автомобільного палива. Дані результати дають можливість виготовляти якісний автомобільний бензин з оптимальною собівартістю та покращеними антидетонаційними властивостями.

***Особистий внесок студента у роботу.*** Студент підібрав та проаналізував наукову літературу з даної теми. Спільно з керівником роботи опрацював методи дослідження і самостійно провів експериментальні дослідження з визначення октанового числа за дослідним та моторним методами, фракційного складу, густини, тиску насичених парів та вмісту ароматичних вуглеводнів, кисень та кисеньвмісних сполук чистих палив та оброблених кавітаційним полем цих палив, що містить ефективні присадки.

Студент самостійно побудував графічні залежності та оформив дипломну роботу.

Обговорення та інтерпретація одержаних результатів проводилася студентом спільно з науковим керівником.

***Апробація отриманих результатів.*** Результати дипломної роботи були подані на XXI міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів «ПОЛІТ. Сучасні проблеми науки.» (2021).

***Публікації.*** Результати дипломної роботи опубліковані в журналі Каталіз і нафтохімія: Бойченко С. В., Яковлева А. В., Целіщев О. Б., Ланецький В. Г., Кудрявцев С.О., Лорія М.Г., Семенюк А. А. Модифікація автомобільних бензинів біоетанолом у кавітаційному полі // Каталіз і нафтохімія , №30, 2020.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОТОРНИХ БЕНЗИНІВ ТА СПОСОБІВ ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

### 1.1. Сучасний стан паливозабезпечення автомобільної галузі в Україні

На сьогодні в Україні активно росте попит на автомобільне паливо, про що свідчить зріст кількості автомобілів. За даними Інституту досліджень авторинку спостерігається тенденція збільшення зареєстрованих автомобілів в середньому на 30% за останні три роки. Відповідно за останній рік в Україні було реалізовано більше 2,12 млн т. тон палива автомобільного типу А-95 та А-92.

У 2020 році обсяг ринку бензинів зріс на 20% (+ 352,5 тис. т) до 2,12 млн т, у порівнянні з 1,8 млн т у 2019 році. Імпорт бензинів у балансі ринку склав 50% або 1,09 млн т, що на 4,7% (+ 48,8 тис. т) більше, ніж у 2019 році. Основні країни, з яких імпортувалося паливо: Білорусь – 78% та Литва – 21% [1]. На рис. 1.1. показано структуру споживання палива у 2020 році.

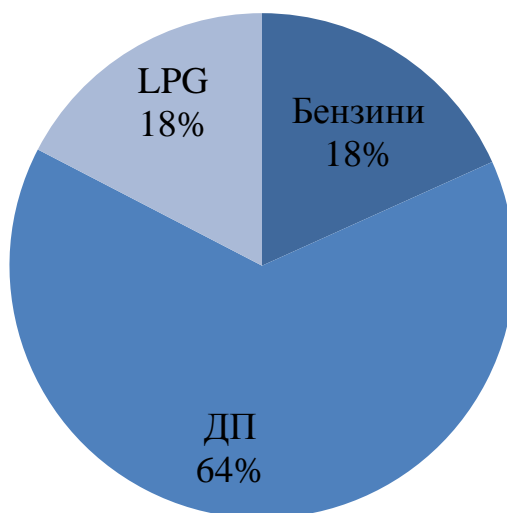


Рис.1.1. Структура споживання палива у 2020 році[1]

На території України виготовляють бензини Кременчуцький НПЗ та Шебелинський ГПЗ. В таблиці 1.1. наведена порівняльна характеристика технологічних можливостей цих двох підприємств щодо виробництва бензинів.

Порівняльна характеристика підприємств Кременчуцький НПЗ та Шебелинський ГПЗ в контексті можливості виробництва ними автомобільних бензинів згідно з ДСТУ 7687:2015

№	Технологічний процес, або що дає змогу виробляти високооктанові компоненти автомобільних бензинів	Кременчуцький НПЗ	Шебелинський ГПЗ
1	Каталітичний риформінг (продуктом є ароматичні високооктанові компоненти)	так	так
2	Каталітичний крекінг (збільшення частки бензинових фракцій, що виробляються з нафти, за рахунок переробки мазуту)	так	ні
3	Ізомеризація бензину (збільшення октану за рахунок перетворення низькооктанових компонентів прямогонного бензину)	ні	ні
4	Виробництво метил-трет-бутилового етеру МТБЕ (високооктанова присадка до бензину)	так	ні
5	Виробництво метанолу (високооктанова присадка та сировина для виробництва МТБЕ)	ні	ні

Порівняння технологічних потужностей показує, що найбільш технологічно оснащеним є Кременчуцький НПЗ. Найпоширенішим технологічним рішенням, що дає змогу отримати автомобільні бензини марок А-95 та вище, є компаундування низькооктанових вуглеводневих компонентів із високооктановими кисеньвмісними сполуками: спиртами, етерами [2].

## 1.2. Класифікація та огляд вітчизняних автомобільних бензинів

Автомобільні бензини з 2015 року в Україні виготовляють за нормативним документом ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні Євро» де наводиться інформація що до класифікації, номенклатури та показників якості[2,3]. Для виробництва автомобільних бензинів використовують нафту згідно ГОСТ 9965, газовий конденсат або іншу вуглеводневу сировину. Для покращення експлуатаційних властивостей дозволено добавляти присадки або добавки, які не впливають негативно на екологічні, економічні та енергетичні показники двигуна, що підтверджено результатами випробувань. Заборонено використовувати присадки, які у своєму складі мають сполуки фосфору, заліза, свинцю, ароматичні аміни.

Залежно від октанового числа за дослідним методом встановлено такі марки бензинів: А-98, А-95, А-92, А-80. За рівнем екологічної безпеки встановлено такі екологічні класи бензину: Євро5, Євро4, Євро3. За вмістом біоетанолу встановлено такі види бензинів[3]:

- Е0- відсутність;
- Е5- не більше ніж 5%;
- Е7- не менше ніж 5% не більше ніж 7%;
- Е10- не менше ніж 7% не більше ніж 10%.

Бензини мають відповідати фізико-хімічним показникам, що наведені у таблиці 1.2[3].

## Фізико-хімічні показники бензинів

Назва показника	Значення норм за екологічними класами			Метод контролювання
	Євро 5	Євро 4	Євро 3	
1. Детонаційна стійкість:				Згідно з ДСТУ ISO 5164 або ГОСТ 8226, або ISO 5164 (1), або ASTM D2699 (2)
- Октанове число за дослідним методом, не менше:				
для бензинів марки А-80	-	80	80	
для бензинів марки А-92	92	92	92	
для бензинів марки А-95	95	95	95	
для бензинів марки А-98	98	98	98	
- Октанове число за моторним методом, не менше:				
для бензинів марки А-80	-	76	76	
для бензинів марки А-92	82,5	82,5	82,5	Згідно з ДСТУ ISO 5163 або ГОСТ 511, або ISO 5163 (3), або ASTM D2700 (4)
для бензинів марки А-95	85	85	85	
для бензинів марки А-98	88	88	88	
2. Тиск насиченої пари, кПа, в межах:				
у літній період (з 16 квітня до 15 жовтня)	45-80			Згідно з ДСТУ EN 13016-1 або ДСТУ 4160 або ГОСТ 1756, або ASTM D5482 (5), або ASTM D323 (6)
у зимовий період (з 16 листопада до 15 березня)	60-100			
у перехідний період (з 16 березня до 15 квітня та з 16 жовтня до 15 листопада)	50-90			

Назва показника	Значення норм за екологічними класами			Метод контролювання
	Євро 5	Євро 4	Євро 3	
3. Концентрація свинцю, мг/дм <sup>3</sup> , в межах	5			Згідно з ДСТУ EN 237 або ГОСТ 28828
4. Густина за температури 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , в межах	720-775			Згідно з ДСТУ EN ISO 3675 або ДСТУ ISO 12185 або ДСТУ ГОСТ 31072, або ASTM D1298 (8), або ASTM D4052 (9)
5. Фракційний склад: - об'ємна частка випаровування за температури 70 °С,%, в межах: для бензинів Е5 для бензинів Е7 та Е10 - об'ємна частка випаровування за температури 100 °С,%, в межах: для бензинів Е5 для бензинів Е7 та Е10 - об'ємна частка випаровування за температури 150 °С,%, в межах: - температура википання кінцева, °С, не вище - об'ємна частка залишку після википання, %, не більше	<p>20,0-50,0</p> <p>22,0-52,0</p> <p>46,0-71,0</p> <p>46,0-72,0</p> <p>75,0</p> <p>210</p> <p>2</p>			Згідно з ГОСТ 2177, (метод А) або EN ISO 3405 (10), або ASTM D86 (11)

Назва показника	Значення норм за екологічними класами			Метод контролювання
	Євро 5	Євро 4	Євро 3	
6. Вміст сірки, мг/кг, не більше	10	50	150	Для бензинів Євро5: Згідно з ДСТУ EN ISO 20884  Для бензинів Євро4: Згідно з ДСТУ EN ISO 20884 або ДСТУ ISO 20847 або ASMT D4294  Для бензинів Євро3: Згідно з ДСТУ EN ISO 20884 або ДСТУ ISO 20847 або або ASMT D4294
7. Об'ємна частка, %, не більше ніж: - олефінових	18	18	18	Згідно з ДСТУ 7686 або ДСТУ EN 14517, або ISO 22854 (15), або EN 15553
- ароматичних	35	35	35	Згідно з ДСТУ 7686 або ДСТУ EN 14517, або ГОСТ 29040, або (20), або ISO 22854 або ASTM D5580
8. Об'ємна частка бензолу, %, не більше	1			Згідно з ДСТУ EN 12177 або ASTM D5580
9. Масова частка кисню, %, не більше				Згідно з ДСТУ EN 1601 або ДСТУ EN 13132, або ДСТУ EN 14517, або ДСТУ 7686.
- для бензинів E5 та E7	2,7			
- для бензинів E10	3,7			



Назва показника	Значення норм за екологічними класами			Метод контролювання
	Євро 5	Євро 4	Євро 3	
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук, %, не більше:				Згідно з ДСТУ EN 1601 або ДСТУ EN 13132, або ДСТУ EN 14517, або ДСТУ 7686, або ДСТУ 7683, або ISO 22854 (15), або ASTM D4815 (22), або ASTM D5845 (23), або ASTM D6729 (17), або ASTM D6730 (18)
- Метанол		3,0		
- (біо) етанол				
для бензинів E5		5		
для бензинів E7		Понад 5 до 7		
для бензинів E10		включ.		
- ізопропіловий спирт		Понад 7 до 10		
для бензинів E5 та E7		включ.		
для бензинів E10		10		
- ізобутиловий спирт		12		
для бензинів E5 та E7		10		
для бензинів E10		15		
- третбутиловий спирт		7		
для бензинів E5 та E7		15		
для бензинів E10		15		
- етери (C5 і вище)		15		
для бензинів E5 та E7		22		
для бензинів E10		22		
- інші кисневмісні сполуки				
для бензинів E5 та E7		10		

Назва показника	Значення норм за екологічними класами			Метод контролювання
	Євро 5	Євро 4	Євро 3	
11. Вміст марганцю, мг/дм <sup>3</sup> , не більше  до 2017.01.01  після 2017.01.01	18  6	18  6	50  6	Згідно з EN 16135 (24) або EN 16136 (25)
12. Стабільність до окиснення (індукційний перехід), хв, не менше	360			Згідно з ДСТУ 7685 або ГОСТ 4039, або EN ISO 7536 (26), або ASTM D525 (27), або ASTM D873 (28)
13. Концентрація фактичних смол (промитих розчинником), мг/100 см <sup>3</sup> , не більше	5			Згідно з ДСТУ ГОСТ 1583, або EN ISO 6246 (29), або ASTM D381 (30)
14. Корозія на мідній пластинці (3 год за температури 50 °С), клас, не більше	1			Згідно з ДСТУ EN ISO 216, або ГОСТ 6321, або ASTM D130 (31)
15. Зовнішній вигляд	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води			Відповідно до 9.4

Найбільшим заводом-виробником бензинів в Україні є ПАТ «Укртатнафта». За звітністю середня потужність виробництва автомобільних бензинів





ПУБЛІЧНЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
 ТРАНСНАЦІОНАЛЬНА ФІНАНСОВО-ПРОМИСЛОВА НАФТОВА КОМПАНІЯ "УКРНАФТА"  
 Україна, 39610, м.Кременчук, Полтавська обл., вул.Свіштовська, 3

Ідентифікаційний код за СДРНОУ 00152307 Код за ДКУД 1003004

Випробувальний центр ПАТ "Укртатнафта"

ПАСПОРТ ЯКОСТІ № 1285

"17" жовтня 2021 р.  
 Бензин автомобільний А-92-Євро5-Е0  
 ДСТУ 7687:2015



20342  
 ДСТУ ISO IEC 17025:2017

Декларація про відповідність Технічному регламенту щодо вимог до автомобільних бензинів,  
 дизельного, суднових та котельних палив від 22.04.2021

Сертифікат відповідності № UA.056.П.00125-21.

виданий органом з оцінки відповідності ДІ "Полтавастандартметрологія", терміном дії з 06.08.2021 по 22.04.2024

Завод-виробник ПАТ "Укртатнафта"  
 Дата виготовлення 17.10.2021  
 Номер резеруара 809 рівень заповнення, (см) 805 кількість (т) 5454  
 Дата відбору проб 17.10.2021 Дата проведення лабораторних випробувань 17.10.2021

*P<sub>20</sub> = 444,5*

Найменування показника	Норма за ДСТУ 7687:2015	Норма за Технічним регламентом	Результат випробувань	Метод контролювання
1 Детонаційна стійкість - октанове число за дослідним методом, не менше - октанове число за моторним методом, не менше	92,0 82,5	92 82,5	92,3 83,4	Згідно з ДСТУ 8737:2017 Згідно з ДСТУ 8736:2017
2 Тиск насиченої пари, кПа, в межах	50-90	50-90	69,5	Згідно з ДСТУ 4160-2003
3 Концентрація сажинцю, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	5	5	менше 5	Згідно з ДСТУ EN 237:2003
4 Густина за температури 15 °С, кг/м <sup>3</sup> , в межах	720-775	-	749,4	Згідно з ДСТУ ГОСТ 31072:2006
5 Фракційний склад: - об'ємна частка випаровування за температури 70 °С, %, в межах - об'ємна частка випаровування за температури 100 °С, %, в межах - об'ємна частка випаровування за температури 150 °С, %, не менше - температура википання кінцева, °С, не вище - об'ємна частка залишку після википання, %, не більше	20,0-50,0 46,0-71,0 75,0 210 2	- - - - -	27,0 50,0 85,0 204,0 1,2	Згідно з ГОСТ 2177-99 (метод А)
6 Вміст сірки, мг/кг, не більше	10	10	8,9	Згідно з ДСТУ ISO 20846:2009
7 Об'ємна частка вуглеводнів, %, не більше ніж: - олефінових - ароматичних	18 35	18 35	7,180 34,583	Згідно з ДСТУ 7686:2015
8 Об'ємна частка бензолу, %, не більше	1	1	0,841	Згідно з ДСТУ 7683:2015
9 Масова частка кисню, %, не більше	2,7	2,7	0,89	Згідно з ДСТУ 7683:2015
10 Об'ємна частка кисневмісних сполук, %, не більше: - метанол - (біо)етанол - ізопропіловий спирт - ізобутиловий спирт - третбутиловий спирт - етери (С5 і вище) - інші кисневмісні сполуки з температурою кінця кипіння, не вище ніж 210 °С	3,0 0 10 10 7 15 10	- 0 - - - - -	1,67 (біо)етанол не додавали Відсутній Відсутній Відсутній Відсутність Відсутні	Згідно з EN 16135:2011
11 Вміст марганцю, мг/дм <sup>3</sup> , не більше	6	6	менше 2	Згідно з ДСТУ 7685:2015
12 Стабільність до окиснення (індукційний період), хв., не менше	360	-	більше 1200	Згідно з ДСТУ ГОСТ 1567:2006
13 Концентрація фактичних смол (промитих розчинником), мг/100 см <sup>3</sup> , не більше	5	-	1,0	Згідно з ДСТУ EN ISO 2160:2012
14 Корозія на мідній пластинці (3 год за температури 50 °С), клас, не більше	1	-	1	Згідно з ДСТУ EN ISO 2160:2012
15 Зовнішній вигляд	Прозорий та світлий з рідкими включеннями залежно від кольору присадки, без механічних домішок та води	-	Прозорий та світлий без механічних домішок та води	Відповідно до 9.4 ДСТУ 7687:2015

Відомості про присадки (добавки): інші присадки (добавки), крім зазначених у таблиці, не додавали.

Гарантійний термін зберігання - 6 місяців від дати виготовлення

за перепіряними показниками проби БЕНЗИН АВТОМОБІЛЬНИЙ А-92-Євро5-Е0 ВІДПОВІДАЄ ВИМОГАМ ДСТУ 7687:2015 та Технічному регламенту щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив.

Висновок:



Начальник центральної заводської лабораторії  
 начальник відділу технічного контролю  
 Лаборант хімічного аналізу (старший по зміні)



О.В. Зінченко  
 Л.В. Швець

СТАНДАРТНИЙ

Рис.1.3. Паспорт якості №1285 від 17 жовтня 2021 року

### **1.3. Характеристика компонентного складу та фізико-хімічних показників моторних бензинів**

До складу бензину входить більшість сполук, що є вуглеводнями (органічні сполуки, що складаються з вуглецю та водню атоми). Інші сполуки бензину містять не тільки вуглець і водень, а й невеликі кількості інших («гетеро») елементів, зокрема сірки[4]. Базовими компонентами для виготовлення автомобільних бензинів є суміші бензинів каталітичного риформінгу та крекінгу[3]. Бензини каталітичного риформінгу мають низький вміст сірки. У їхньому складі практично немає ненасичених вуглеводнів (алкени, олефіни), тому вони стабільні під час зберігання. Однак ці бензини містять підвищену кількість ароматичних вуглеводнів, що з екологічної точки зору є обмежувальним фактором. Крім того, вони нерівномірно розподіляють детонаційну стійкість між фракціями.

Бензини каталітичного мають високе октанове число. В середньому вони містять 30 – 40% ароматичних вуглеводнів і 10 – 25% олефінів[5]. Мають відносно високу хімічну стабільність, порівняно з бензинами каталітичного риформінгу, для них характерне рівномірніше розподілення детонаційної стійкості між фракціями.

Бензин прямої перегонки – фракції прямої перегонки нафти з інтервалом кипіння 35 – 180°C, причому 80% википає в інтервалі 80 – 160°C. Зазвичай такий бензин містить багато парафінових вуглеводнів із низькою детонаційною стійкістю.

Алкілбензин (алкілат) – суміш насичених вуглеводнів (практично повністю ізопарафіни) із температурою кипіння 40 – 180°C, густиною за температури 20°C в межах 698 – 715 кг/м<sup>3</sup> та октановим числом за моторним методом 90 – 95[5,6]. Ідеальний компонент автомобільних бензинів, оскільки має високу детонаційну стійкість, низький тиск насиченої пари, не містить ароматичних сполук, олефінів і сірки.

Газовий бензин – низькокиплячий рідкий нафтовий продукт, який одержують із природних і супутніх нафтових газів. За хімічним складом він подібний до бензину прямої перегонки, але містить більше легких фракцій. У результаті

видалення пропану отримують стабільний газовий бензин. Виробляють переважно на газопереробних заводах.

Бензин піролізу отримують під час виробництва етилену. Це високооктановий компонент товарних автомобільних бензинів, проте його застосування обмежене через високу концентрацію олефінів, вміст яких в автомобільних бензинах має бути менше 25%[3,7].

Фізичні та хімічні властивості будь-якого даного виду або молекули вуглеводнів залежать не тільки від кількості атомів вуглецю в молекулі, але й від природи хімічних зв'язків між ними. Атоми вуглецю легко зв'язуються один з одним (і з воднем і гетероатомами) різними способами – одинарними, подвійними та потрійними – утворюючи різні класи вуглеводнів, як показано на рис. 1.4[7].

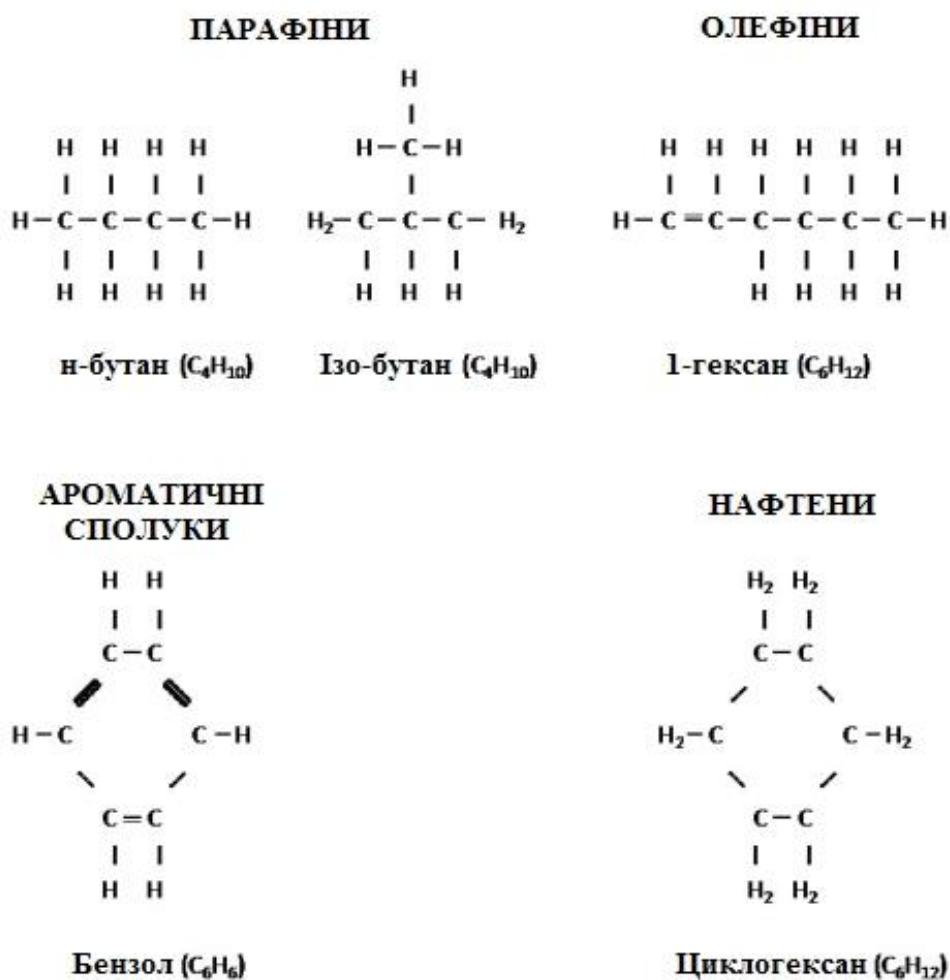


Рис.1.4. Головні класи сполук бензину

Парафіни, ароматичні речовини та нафтени є природними складовими бензину і також виробляються під час різних операцій нафтопереробки. Олефіни зазвичай відсутні в сирій нафті; вони виробляються на певних нафтопереробних операціях, які в основному призначені для виробництва бензину. Як показано на рис.1.4., ароматичні сполуки мають вищі співвідношення вуглецю до водню (C/H), ніж нафтени, які, у свою чергу, мають вищі співвідношення C/H, ніж парафіни.

Моноциклічні ароматичні вуглеводні, тобто бензол, толуол, етилбензол та три ізомери ксилолу, є високоантидетонаційними компонентами бензинів з високим октановим числом [6]. Навіть якщо в найближчому майбутньому повна електрична мобільність і електромобілі на базі водневих паливних елементів, можливо, стануть переважаючими, цілком ймовірно, що використання рідкого палива залишиться найкращим рішенням принаймні для деяких конкретних застосувань.

Ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол) мають високу детонаційну стійкість і зазвичай їх використовують як високооктанові компоненти бензинів. Однак підвищення вмісту ароматичних вуглеводнів у бензині здебільшого призводить до посиленого нагароутворення й відкладання сажі на деталях кривошипно-шатунного і газорозподільного механізмів, у результаті чого погіршується паливна економічність, знижується потужність, підвищується вміст шкідливих речовин у відпрацьованих газах, особливо це стосується бензолу.

Біоетанол є хорошим компонентом біобензину, його використання як чистого або висококонцентрованого палива має кілька недоліків і фактично заборонено в Європейському Союзі[8].

МТБЕ (метил-трет-бутиловий ефір) – легкозаймиста, безбарвна, нетоксична рідина із різким специфічним запахом. Температура кипіння – 48 – 55°C, густина за 20°C у межах 740 – 750 кг/м<sup>3</sup>, октанове число ОЧД у межах 115 – 135 одиниць. Додавання до складу бензину 10 – 15% МТБЕ підвищує його октанове число приблизно на 6 – 12 од[9]. Недолік МТБЕ – висока леткість і тому у спекотну погоду може випаровуватися із бензину, знижуючи його детонаційну стійкість.

Октанове число є однією з найважливіших експлуатаційних характеристик автомобільного бензину. Загалом цей показник характеризує згоряння бензину та

максимальний ступенб стиснення, який можна безпечно використовувати в двигунах із іскровим запалюванням без детонації. У той же час як збільшення ступеня стиснення покращує ККД двигуна, при цьому збільшується ймовірність детонації, що в свою чергу збільшує необхідне октанове число бензину[10]. Це найважливіший показник якості характеризує стійкість до детонації бензину в залежності від молекулярної структури, стабільності, компонентного складу, сірки тощо.

Фракційний склад бензинів визначають перегонкою на спеціальному приладі, при цьому фіксують температуру початку перегонки, температуру випаровування 10, 50, 90% і кінця кипіння або об'єм випаровування за 70, 100 і 150°C, температуру кінця перегонки, об'єм залишку у колбі (%) [11].

Тиск насичених парів – це тиск який створюється парами, що перебувають у рівновазі з рідиною, на стінки посудини при даній температурі[10,11]. Тиск насичених парів характеризує наявність у бензині легких фракцій, тобто його випаровування. Чим більше легких фракцій у бензині, тим вищий тиск насичених парів в бензинах визначає пускові характеристики, час прогріву і тенденцію до утворення парових пробок у паливній системі двигуна при високих робочих температурах.

#### **1.4.Оцінка методів покращення властивостей моторних бензинів нафтового та біологічного походження**

Сьогодні науковцями активно досліджуються різні методи покращення властивостей палив. Метою їх досліджень являється підвищення якості палив, покращення їх фізико-хімічних, екологічних та експлуатаційних властивостей. До таких методів відносять електромагнітну обробку, кавітаційну обробку, модифікація палив за допомогою присадок різної функціональної дії, шляхом озонування палива та інші.

У роботі [12] досліджено вплив магнітної обробки на фізико-хімічні властивості палив. Встановлено, що що короткочасна обробка магнітним полем



вуглеводневих палив перед процесом згорання покращує ряд фізико-хімічних та експлуатаційних властивостей палив, також покращуються пускові властивості двигуна, зменшується вміст фактичних смол, підвищується температура спалаху в закритому тиглі, що сприяє можливості повного згорання палив і покращенню їх екологічних властивостей. Однак, експериментально підтверджено, що за період релаксації палива (7 днів) після обробки магнітним полем у паливі погіршуються його фізико-хімічні показники. Тому зроблено висновок, що активацію вуглеводневих палив магнітним полем необхідно проводити безпосередньо перед камерою згорання.

Застосування поверхнево-активних присадок задля покращення експлуатаційних характеристик автомобільних бензинів розглянуто у роботі [13], де досліджено вплив розробленої поліфункціональної присадки до бензинів на експлуатаційні і екологічні показники роботи двигуна внутрішнього згорання. Результати проведених експериментальних досліджень підтверджують перспективність використання присадки, введення якої кількістю 0,05 % об. дозволяє зменшити питомі витрати палива на 3–6 % та знизити концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах автомобіля, зокрема концентрація оксиду карбону (II) CO знижується на 4–10 %, оксиду карбону (IV) CO<sub>2</sub> – на 1,5–3 %, сумарних вуглеводнів C<sub>x</sub>H<sub>y</sub> – на 3–6 %, оксидів нітрогену NO<sub>x</sub> – на 8–24 %.

У роботі [14], в результаті проведених досліджень авторами було встановлено принципову можливість використання сполук калію (фенолятів та оксалату) як високоефективних добавок до автомобільного бензину з метою підвищення його октанового числа. Сполуки натрію, кальцію та цинку при дослідженні в рівних умовах показали негативні результати, тим самим продемонструвавши неможливість їх застосування як антидетонатора.

Підвищення екологічності та економічності палив шляхом озонування розглядаються у роботі [15], де в результаті досліджень встановлено, що двигун легше запускається в холодний період року, при оптимальній дозі озону відсутня детонація при роботі на низькооктановому паливі, також спостерігається більш стабільна робота двигуна при ранньому та пізньому запалюванні, збільшується

економія пального до 11% при постійному навантаженні двигуна, спостерігається ріст октанового числа в середньому на 8 одиниць.

### **1.5. Висновки до розділу**

У результаті підготовки даного розділу проведено огляд сучасного стану паливозабезпечення автомобільної галузі в Україні. На сьогодні на території України виготовляють автомобільні бензини Кременчуцький НПЗ та Шебелинський ГПЗ. Розглянуто характеристику компонентного складу та фізико-хімічних показників моторних бензинів що є сьогодні на ринку автомобільних палив. У цьому розділі подано огляд методів покращення властивостей моторних бензинів нафтового та біологічного походження, досліджених сьогодні. Найпоширенішим технологічним рішенням, що дає змогу отримати автомобільні бензини марок А-92 та вище, є компаундування низькооктанових вуглеводневих компонентів із високооктановими кисеньвмісними сполуками та впливом шляхом обробки в магнітному та інших полях.

## **РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **2.1. Об'єкт досліджень**

Об'єктом досліджень роботи є вплив кавітаційної обробки на фізико-хімічні властивості моторних бензинів, а саме на густину, фракційний склад, тиск насичених парів, октанове число за двома методами(моторний та дослідницький), вміст ароматичних вуглеводнів та кисень, кисневмісних сполук.

За літературними даними[16] при кавітації відбувається гомогенізація, також майже по всьому потоці рідини відбувається диспергування, а в зонах колапса кавітаційних пухирків - до молекулярних рівнів. Тому було обрано розглянути кавітаційну обробку як новий технологічний підхід до підвищення якості нафтопродуктів, що є важливим напрямком досліджень.

### **2.2. Лабораторне обладнання**

Для виконання поставленої мети, тобто для дослідження впливу кавітаційної обробки на властивості моторних бензинів необхідне наступне лабораторне обладнання: апарат АРНС-1М для визначення фракційного складу, хроматографічний комплекс Хроматек-Кристалл-5000 для дослідження ароматичних вуглеводнів та кисень, кисневмісних сполук, ареометри АНТ-1 для визначення густини, прилад ДНПБ для визначення тиску насичених парів та для визначення октанового числа за моторним та дослідним методами.

Фракційний склад визначатимемо на апараті АРНС-1М (рис.2.1.), що застосовується в якості лабораторного обладнання при виконанні робіт з визначення фракційного складу рідких нафтопродуктів.



Рис.2.1. Апарат для визначення фракційного складу АРНС-1М

Для дослідження ароматичних вуглеводнів та кисень, кисневмісних сполук використовуємо хроматографічний комплекс Хроматек-Кристалл-5000.



Рис.2.2. Комплекс хроматографічний Хроматек-Кристалл-5000

Для визначення тиску насичених парів використовуємо апарат ДНПБ рис. 2.3. Метод полягає у визначенні тиску насиченої пари нафтопродукту за температури  $37,8^{\circ}\text{C}$ , за допомогою манометру в бомбі, що складається з паливної та повітряної камери.



Рис.2.3. Прилад ДНПБ для визначення тиску насичених парів

На рис. 2.4. зображена одноциліндрова установка УИТ-85 для визначення детонаційної стійкості: октанового числа за моторним методом та дослідним методом.



Рис.2.4. Установка УИТ-85

## 2.3. Методика дослідження впливу кавітаційної обробки на моторні палива

Відповідно до поставленої мети побудовано поетапну схему проведення досліджень впливу кавітаційної обробки на автомобільні бензини, яка зображена на рис.2.5.



Рис.2.5. Поетапна схема проведення дослідження

### 2.3.1. Моделювання експерименту дослідження

Для моделювання експерименту дослідження впливу кавітаційної обробки на моторні бензини А-95-Євро5-Е0, А-92-Євро5-Е0 було обрано так звану модель «чорного ящика», яка зображена на рис.2.6.



Рис.2.6. Схема моделі «чорного ящика».

Фактори, що впливають безпосередньо:

1. тиск на вході та виході кавітатора ,  $X_1$ ;
2. діаметр отвору центральної частини кавітатора ,  $X_2$ ;
3. Об'єм зразка,  $X_3$ ;
4. Час обробки,  $X_4$ .

Фактори, що впливають опосередковано:

1. Тиск навколишнього середовища,  $\text{см}^3 Z_1$
2. Температура,  $Z_2$

### 2.3.2. Підготовка до випробовувань показників якості бензинів

Для дослідження впливу кавітаційної обробки на фізико-хімічні показники якості бензину автомобільного А-92 та А-95 використовували стандартні методики досліджень октанового числа за моторним методом ДСТУ 8736 та октанового числа за дослідним методом ДСТУ 8737, фракційний склад за ГОСТ 2177, тиск насичених парів за ДСТУ 4160, густина за ДСТУ ГОСТ 31072, ароматичних вуглеводнів за ГОСТ 29040 та загального кисню та кисневмісних сполук за ДСТУ EN 13132.

*Густина*[17]. Циліндр для ареометрів встановлюємо на робочому столі. Пробу нафтопродукту наливаємо в циліндр, який має ту ж саму температуру, що й проба, уникаючи утворення бульбашок та втрат від випаровування. Бульбашки повітря, що утворилися на поверхні, знімаємо фільтрувальним папером.

Вимірюємо температуру нафтопродукту. В залежності від сорту нафтопродукту вибираємо ареометр відповідного діапазону.

Чистий і сухий ареометр повільно і обережно опускаємо в циліндр з нафтопродуктом, підтримуючи ареометр за верхній кінець, не допускаючи змочування частини стержня вище рівня занурювання ареометра.

Коли ареометр встановився і припинилися його коливання, відраховуємо показник по верхньому краю меніска, при цьому очі знаходяться на рівні меніска.

Проводимо перерахунок густини, визначеної при кімнатній температурі, в густину за температури 15°C (20°C) використовуючи відповідну таблицю ДСТУ ГОСТ 8.599:2016. Виймаємо ареометр з циліндра.

*Фракційний склад*[18]. Вибираємо термометр, необхідний для випробування зразка моторних бензинів. Записуємо барометричний тиск і проводимо випробування згідно скорегованих показників термометру.

Відкриваємо кран подачі води в холодильник приладу. Для створення необхідної температури в охолоджуючій бані заповнюємо її колотим льодом, контролюємо температуру в бані за встановленим в кришці холодильника термометром.

Відбираємо 100 см<sup>3</sup> проби мірним циліндром і переносимо в скляну колбу для перегонки.

Вставляємо термометр через отвір щільно підігнаної пробки в горловину колби так, щоб ртутна кулька термометра розташовувалася по центру горловини колби і нижній кінець капіляра знаходився на одному рівні з самою високою точкою нижньої внутрішньої стінки паровідвідної трубки (рис. 2.7).



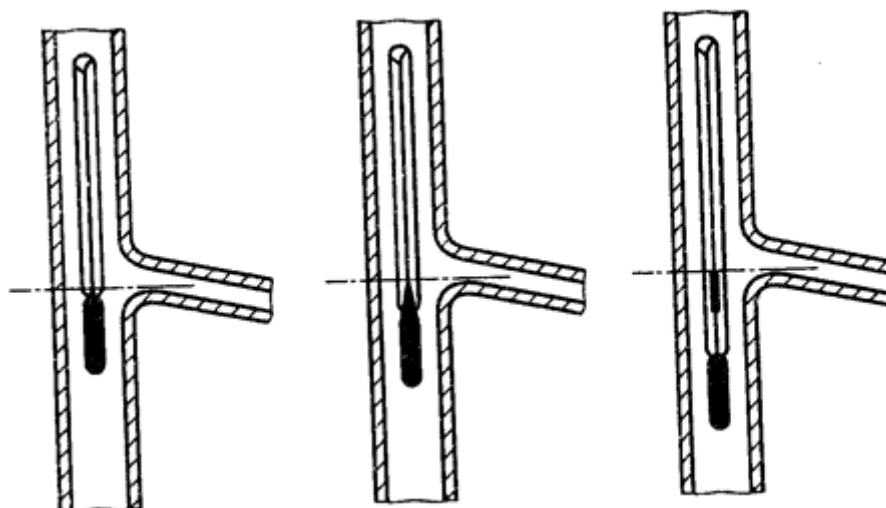


Рис.2.7. Положення термометру в колбі

Встановлюємо колбу з пробкою на підставку і за допомогою пробки, через яку проходить паровідвідна трубка, щільно з'єднуємо її з трубкою холодильника; закріплюємо колбу у вертикальному положенні так, щоб паровідвідна трубка входила в трубку холодильника на відстані від 25 мм до 50 мм.

Фіксуємо скляну колбу з'єднану з холодильником за допомогою ручки підйому нагрівальної платформи.

Встановлюємо мірний циліндр, яким відміряли пробу для випробування під нижній кінець трубки холодильника з таким розрахунком, щоб кінець трубки холодильника знаходився в центрі циліндра і входив в нього на відстань не більше 25 мм. Щільно закриваємо циліндр куском вати.

Установлюємо необхідну потужність нагріву натисканням клавіши . Регулюємо нагрів таким чином, щоб період часу між початком нагріву і температурою початку кипіння був від 5-10 хв (для бензинів автомобільних).

Ставимо мірний циліндр таким чином, щоб кінчик холодильника доторкувався до його внутрішньої стінки, а конденсат стікав по стінці.

Від початку кипіння до кінця випробування записуємо всі необхідні дані для розрахунку. Відмічаємо температуру кінця кипіння і виключаємо прилад.

Після охолодження колби, залишки нафтопродукту в колбі виливаємо в циліндр ємністю 10 см<sup>3</sup> і міряємо об'єм охолодженого залишку.

*Тиск насичених парів*[19]. Контейнер з продуктом заповненим на 70-80%, місткістю 1дм<sup>3</sup> охолоджуємо до температури від 0 до 1°С в морозильній камері. Паливну камеру разом із пристроєм для перенесення проби також поміщаємо в морозильну камеру на час, необхідний для досягнення температури від 0 до 1°С.

Включаємо термостат в електромережу і контролюємо необхідну для випробування температуру в бані (37,8°С).

Після очищення і промивання повітряної камери та манометру з'єднуємо їх.

Повітряну камеру занурюємо на 10 хвилин в апарат з температурою 37,8°С так, щоб висота стовпа води над верхнім краєм камери була не менше 25 мм, а з'єднувальний шаровий кран переводимо в положення «Закрито» .

Після закінчення підготовчих робіт контейнер із пробєю швидко відчиняють та зачиняють. Потім його енергійно струшують для забезпечення рівноваги проби з повітрям в ємкості. Далі в контейнер вставляємо охолоджений пристрій для перенесення проби та насаджуємо на охолоджену паливну камеру. Швидко перевертаємо усю систему так, щоб паливна камера знаходилася у вертикальному положенні на одній осі з пристроєм для перенесення проб; кінець трубки пристрою для перенесення має знаходитись на відстані 6 мм від дна паливної камери (рис.2.8).

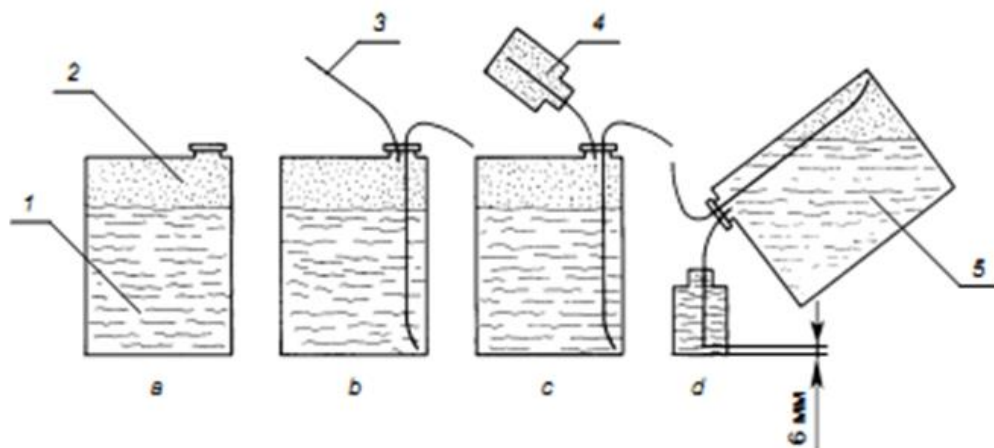


Рис. 2.8. Спосіб перенесення проби в рідинну камеру з контейнерів відкритого типу(а- контейнер з пробкою; б- контейнер із пристроєм для перенесення проби; с- рідинна камера; d- положення системи під час перенесення проби; 1- рідина; 2- пара;

3-пристрій для перенесення охолодженої проби; 4- охолоджена рідинна камера; 5- охолоджена проба.)

Заповнюємо паливну камеру бомби так, щоб паливо переливалося через край та постукуванням об неї переконуємось, що у пробі відсутні бульбашки повітря. У випадку зменшення рівня проби камеру знову доповнюємо до краю.

Достаємо манометр з повітряною камерою з апарату, переводимо шаровий кран спочатку в положення «відкрито», а потім знову в положення «закрито», та з максимально можливою швидкістю (не більше 20секунд) з'єднуємо їх з паливною камерою.

Зібраний апарат перевертаємо догори дном так, щоб проба з паливної перелилася у повітряну камери та енергійно струшуємо вісім разів уздовж його довжини.

Відразу після струшування занурюємо зібрану бомбу у водяну баню термостата з температурою  $37,8^{\circ}\text{C}$  в нахиленому положенні так, щоб місце з'єднання паливної та повітряної камер знаходилося нижче рівня води, і щоб можливо було простежити: чи нема втрат парів палива.

Впевнившись у відсутності втрат, переводимо кран в положення «Відкрито» та занурюємо апарат у воду настільки, щоб рівень води був не менше ніж на 25 мм вище верхнього краю повітряної камери.

Через 5 хвилин після занурення зібраного приладу у водяну баню легенько постукуємо по манометру та фіксуємо показання.

Струшування і зняття показників манометру повторюємо не менше 5 разів з інтервалом не менше 2 хвилин до тих пір, поки два послідовних показання манометра не будуть ідентичними, що говорить про рівновагу(на ці операції необхідно 20-30 хв). Знімаємо кінцевий показ манометру.

*Визначення октанового числа[20].* Включаємо установку УИТ-85 в електромережу.

Задаємо встановлені ГОСТ параметри для визначення октанового числа по дослідному методу:

- частота обертання двигуна – 600 об/хв;

- кут випередження запалювання - постійний;
- температура поступаючого повітря в карбюратор –  $52+10\text{C}$ ;

Записуємо барометричний тиск.

Перевіряємо наявність охолоджуючої рідини в системі охолодження.

Включаємо підігрів оливи в картері і включаємо для підігріва детонометр.

Відкриваємо кран проточної води в змішувач конденсатора і вихлопний ресивер.

Наливаємо в перший бачок карбюратора паливо і встановлюємо ступінь стиснення, що забезпечує відсутність детонації.

Включаємо електромотор, запалювання, підігрівачі повітря і подачу палива з першого бачка карбюратора.

Підігріваємо двигун на протязі 20-25 хв. переводимо двигун на паливо, що випробовується, і встановлюємо стандартний режим випробування.

Перевіряємо установку по контрольному паливу з номінальним октановим числом, найбільш близьким до ймовірного октанового числа палива.

Регулюємо склад паливо-повітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації, підвищуючи рівень палива в бачку карбюратора.

Регулюємо ступінь стиснення для отримання стандартної інтенсивності детонації на паливі, що випробовується (55 поділок за шкалою показника детонації).

Отримана при цьому ступінь стиснення залишається незмінною на протязі всього послідуючого випробування цього палива.

Після регулювання ступені стиснення на стандартну інтенсивність детонації виключаємо запалення. Якщо двигун негайно припинить роботу, установка придатна для проведення випробування.

Орієнтовно оцінюємо детонаційну стійкість зразка, покладаючись на показання індикатора ступені стиснення.

В другий бачок карбюратора заливаємо суміш еталонних палив з октановим числом, близьким до ймовірного октанового числа палива. Переключаємо кран карбюратора на другий бачок і регулюємо склад паливо-повітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації. Фіксуємо показання показника детонації і

визначаємо детонує вибрана суміш еталонних палив сильніше чи слабкіше, ніж паливо, що випробовується.

У відповідності з отриманим результатом в третій бачок карбюратора заливаємо суміш еталонних палив з більшим або меншим октановим числом. Переключаємо кран карбюратора на третій бачок, регулюємо склад паливо-повітряної суміші на максимальну інтенсивність детонації. Фіксуємо показання показника детонації.

Користуючись трьома бачками карбюратора, відрегульованими на максимальну інтенсивність детонації, реєструємо повторно аналогічну серію показань.

При переключенні двигуна з одного палива на інше необхідно виждати не менше 1 хв, щоб забезпечити режим роботи двигуна і рівноважний стан стрілки показника детонації.

При переключенні двигуна з етильованого бензину на неетильовану еталонну суміш і навпаки цей час збільшується до 3-5 хв.

Виключаємо детонометр, подачу палива, запалювання, підігрівач повітря. Даємо двигуну попрацювати в холосту 1-2 хв і виключаємо електромотор.

*Визначення об'ємної частки ароматичних вуглеводнів по ГОСТ 29040[21].*

1. Запускаємо файл «Ароматика», який знаходиться на Робочому столі комп'ютеру;
2. Клавішею «Запустить метод» (ctrl+shift+M) передаємо хроматографу метод випробування;
3. За станом параметрів в графі «Задано» та «Измерено» контролюємо виход хроматографу на режим;
4. Пробу відбираємо шприцем в кількості 1 мкл;
5. При виході хроматографу на режим на лицьовому табло ввімкнеться лампочка «Готовность», що сигналізує про вихід приладу на режим випробування і всі параметри витримані.

Проведення випробування

1. Оператор обережно вводить шприц у випаровувач №1, притримуючи голку вільною рукою і, тримаючи палець на його поршні, одночасно робить укол з натиском клавіши «Старт» або «1».

2. Одночасно з натиском клавіши «Старт» в програмі «Хроматек-Аналитик» висвічується вікно під назвою «Паспорт». У вкладці «Общее» Оператор вказує своє прізвище, у вкладці «Проба» - номер проби та ємність, звідки відібрана проба.

3. По закінченню аналізу, програма автоматично почне розмічати піки речовин. Прилад переходить у стадію підготовки до випробування.

4. Після виходу всієї хроматограми проводиться перевірка розмітки піків вручну.

5. Після розмітки піків Оператор натискає кнопку «Выполнить расчет» (F9) і кнопку «Отчет», програми «Хроматек-аналитик».

*Визначення вмісту бензола, загального кисню та кисневмісних речовин[22].*

1. Для визначення об'ємної частки бензолу по ДСТУ EN 12177 використовується внутрішній стандарт (Бутилацетат).

2. Для зручного розрахунку, відмираємо близько 10 мл проби і зважуємо на вагах. Фіксуємо результат.

3. В цю наважку додаємо близько 0,3 мл внутрішнього стандарту, що складає близько 3%мас. Фіксуємо результат.

4. Пробу відбираємо шприцем в кількості 0,5 мкл.

5. Оператор обережно вводить шприц у випаровувач №2, притримуючи голку вільною рукою і, тримаючи палець на його поршні, одночасно робить укол з натиском клавіши «Старт» або «1».

6. Одночасно з натиском клавіши «Старт» в програмі «Хроматек-Аналитик» висвічується вікно під назвою «Паспорт». У вкладці «Общее» Оператор вказує своє прізвище, у вкладці «Проба» - номер проби та ємність, звідки відібрана проба. Примічання, коментарі, роздуми та іншу інформацію дозволяється заповнювати у вкладці «Комментарии». Інші вкладки заповнювати категорично забороняється.

7. По закінченню аналізу, програма автоматично почне розмічати піки речовин. Прилад переходить у стадію підготовки до випробування.

8. Після виходу всієї хроматограми проводиться перевірка розмітки піків вручну (рис.2.9).

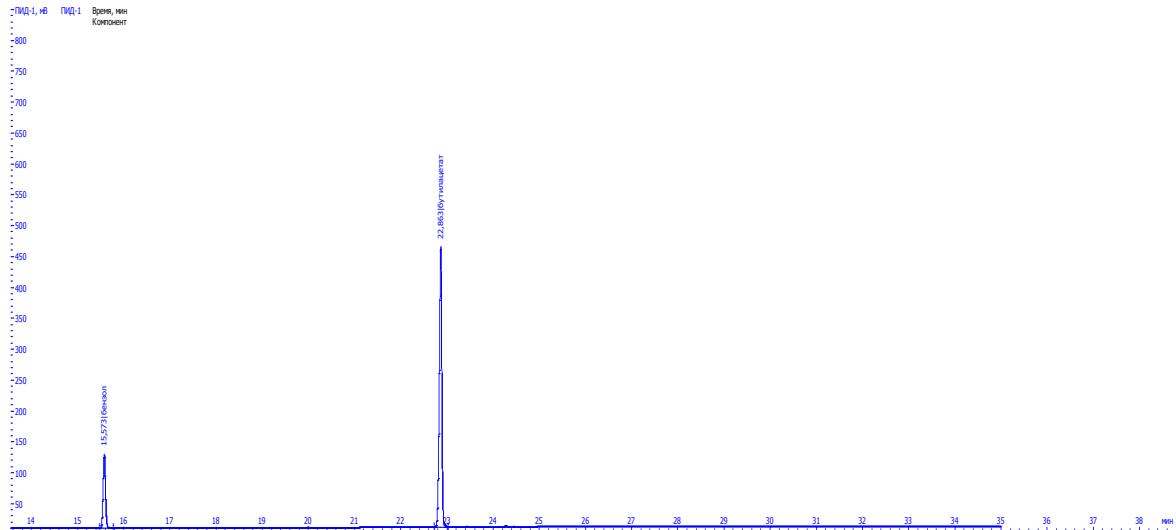


Рис. 2.9. Пример разметки пиков

Після розмітки піків Оператор вводить концентрацію внутрішнього стандарту у вкладці «Компоненты» і натискає кнопку «Выполнить расчет» (F9) і кнопку «Отчет», програми «Хроматэк-аналитик».

#### 2.4. Висновки до розділу

Під час досліджень використовували стандартні методики та обладнання для дослідження впливу кавітаційної обробки автомобільних бензинів. Детально охарактеризовано підготовку до випробувань впливу кавітаційного поля на досліджувані зразки. Зважаючи на викладену інформацію та проведений аналіз у цьому розділі було обрано розглянути кавітаційну обробку як новий технологічний підхід до підвищення якості нафтопродуктів.

## РОЗДІЛ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ НА ВЛАСТИВОСТІ МОТОРНИХ БЕНЗИНІВ

### 3.1. Обґрунтування впливу кавітаційного поля на моторні бензини

Кавітація – це засіб локальної концентрації енергії низької щільності у високу щільність енергії, пов'язану з пульсаціями і захопування кавітаційних бульбашок. Кавітація є гідродинамічна та акустична[23]. Гідродинамічна виникає якщо зниження тиску здійснюється в наслідок появи великих місцевих швидкостей у потоці рухомої крапельної рідини, а акустична виникає внаслідок проходження в рідині акустичних хвиль.

У фазі розрідження акустичної хвилі або за рахунок місцевого зниження тиску при обтіканні твердого тіла в рідині утворюються каверни (кавітаційні бульбашки), які заповнюються насиченою парою даної рідини. У фазі стиснення під впливом підвищеного тиску і сил поверхневого натягу каверна захопується, а пара конденсується межі розділу фаз[24]. Через стіни каверни до неї дифундує розчинений у рідині газ, який потім піддається сильному адіабатичному стиску.

У момент схлопування кавітаційної каверни, тиск і температура газу локально можуть досягти значних величин (за розрахунковими даними до 100 МПа і до 10000 відповідно) [23,24]. Після схлопування каверни в навколишній рідині поширюється сферична ударна хвиля, що швидко загасає у просторі. При генеруванні імпульсних розтягуючих напруг в рідині, присутні в ній зародки кавітації (стійкі парові та газові бульбашки малих розмірів) починають рости, утворюючи кавітаційний кластер, форма і розміри якого визначаються початковим спектром розмірів кавітаційних зародків і характерними прикладами.

В кавітаційну каверну можуть проникати пари рідини, розчинені гази, а також речовини з високою пружністю пари та не можуть проникати іони або молекули нелетких розчинених речовин. Енергія, що виділяється в процесі схлопування каверни, достатньо для збудження, іонізації та дисоціації молекул води, газів і речовин з високою пружністю пари всередині кавітаційної каверни. При кавітації



відбувається генерування широкого спектру коливань тиску в поєднанні зі значним локальним механічним і температурним впливом.

Найбільш ефективним методом створення високоякісних емульсій і суспензій є кавітація. Крім того, кавітаційна обробка забезпечує протікання хімічних реакцій[25], таких, як гідроліз, гідрогенізація, гідрокрекінг. Кавітаційна дія на нафту та нафтопродукти дозволяє збільшити вихід легколетких фракцій при атмосферній перегонці [23,25]. Застосовуючи кавітаційну обробку з важкої нафти можна отримати 20-30% бензину, 40-50% дизельного палива, 20-30% мазуту, бітуму та інших важких товарних продуктів. Кавітація прискорює дифузію нафти в порожнині парафіну, інтенсифікує його руйнування. Прискорення розчинення парафіну відбувається за рахунок інтенсифікації перемішування нафти на кордоні нафту-парафін і дії імпульсів тиску, які розбризкують частинки парафіну. Кавітація розриває безперервний ланцюжок, руйнуючи зв'язки між окремими частинами молекул, впливає зміна структурної в'язкості, тобто тимчасовий розрив ван-дер-ваальсових зв'язків. Під впливом кавітації великої інтенсивності протягом тривалого часу порушуються С-З-зв'язки в молекулах парафіну, внаслідок чого відбуваються зміни фізико-хімічного складу (зменшення молекулярної ваги, температури кристалізації та ін.) та властивостей нафтопродуктів (в'язкості, густини, температури спалаху та ін.)[24]. У процесі імпульсної кавітаційної обробки нафти та нафтопродуктів енергія, що виділяється при схлопуванні кавітаційних бульбашок, використовується для розриву хімічних зв'язків між атомами великих молекул вуглеводневих сполук.

Енергія дисоціації зв'язку С–Н коливається залежно від молекулярної маси та структури молекули в межах 322...435 кДж/моль, енергія дисоціації зв'язку С–С – 250...348 кДж/моль. При розриві зв'язку С-Н від вуглеводневої молекули відривається водень, при розриві зв'язку С-С вуглеводнева молекула розривається на дві нерівні частини. При кавітаційній обробці вуглеводневої сировини відбувається деструкція молекул, спричинена мікрокрекінгом молекул та процесами іонізації. Внаслідок перебігу цих процесів у системі накопичуються «активовані» частинки: радикали, іони, іонно-радикальні утворення.

У промисловості для кавітаційного впливу на рідину використовуються гідродинамічні, електродинамічні, п'єзоелектричні, магнітострикційні та механічні кавітаційні генератори. В ультразвуковому діапазоні найбільш поширені п'єзоелектричні та магнітострикційні генератори кавітації. У цих електроакустичних перетворювачах використовується прямий магнітострикційний та п'єзоелектричний ефект у змінних магнітних та електричних полях. Діапазон частот збудження перетворювачів дуже широкий (від 8 до 44 кГц і вище).

Ультразвукові коливання від перетворювача передаються до оброблюваних речовин через спеціальні трансформуючі та узгоджувальні пристрої (концентратори, пластини та ін.), що закінчуються випромінюючою поверхнею.

Принцип дії імпульсного електророзрядного випромінювача заснований на електрогідролічному ефекті, що полягає в генерації ударних хвиль рідини при її пробі. Протікання електричного розряду в рідині (електрогідролічного удару) викликає складний комплекс явищ: іонізацію та розкладання молекул у плазмі каналу та біля нього, світлове випромінювання каналу розряду, ударні хвилі, інтенсивне ультразвукове випромінювання, кавітаційні процеси, імпульсні магнітні поля.

У гідродинамічних кавітаторах типу роторних імпульсних апаратів, здебільшого реалізується гідродинамічна та акустична дія в рідині за рахунок розвиненої турбулентності, пульсацій тиску та швидкості потоку рідини, інтенсивної кавітації, ударних хвиль та вторинних нелінійних акустичних ефектів. При обертанні ротора його канали періодично поєднуються з каналами статора. Швидкість потоку рідини каналі статора є змінної величиною. При поширенні в каналі статора імпульсу надлишкового тиску, за ним виникає короткочасний імпульс зниженого тиску, інерційні сили створюють напруги, що розтягують, в рідині, що викликає кавітацію.

У резонансних гідродинамічних генераторах використовується збудження. коливань резонуючих елементів у вигляді пластин, стрижнів або мембран струменем рідини, що набігає. Коливання резонуючих елементів утворюють акустичне поле випромінювача. Найбільш поширеною модифікацією таких

випромінювачів є пластинчасті випромінювачі з консольним або двоточковим кріпленням вібруючої пластини. Струмінь, що впливає з великою швидкістю з конусно-циліндричного або щілинного сопла, потрапляє на пластину з клиноподібним краєм. При цьому відбувається зрив струменя, і виникають вихрові пульсації та кавітація.

Суперкавітаційні гідродинамічні пристрої за принципом роботи поділяються на: динамічні - з робочими органами, що обертаються, в основному лопатевими; статичні – із нерухомими робочими органами; струменеві – зі струменевими кавітаторами; комбіновані – що з різних комбінацій перших трьох типів. Робочі органи таких апаратів встановлюються у спеціально спрофільованих проточних ділянках (наприклад, труба Вентурі).

Поєднання кавітаційних генераторів різного типу може посилити ефект кавітації. Сприятливо позначається генерування коливань із різними частотами, що відрізняються один від одного на порядок і вище. Це обумовлено тим, що збудження зародка кавітації певного радіусу необхідно генерувати коливання певної частоти. Чим менші розміри зародків кавітації, тим вище має бути частота і тим більшим має бути акустичне тиск, що викликає кавітацію.

Якщо генератори кавітації працюють на різних частотах, і проходження рідини через них здійснюється послідовно, то рідина повинна спочатку проходити через генератор з більшою частотою, а потім через генератор з меншою частотою. У генераторі з високою частотою збуджуються зародки кавітації найменшого розміру, що швидко збільшуються. Ці кавітаційні бульбашки служать зародками кавітації в генераторі з низькою частотою збільшуються у розмірі ще більше, що призводить до збільшення імпульсів кавітаційного тиску.

### 3.2. Експериментальні випробування фізико-хімічних властивостей традиційних моторних бензинів оброблених у кавітаційному полі

Для проведення досліджень впливу кавітаційної обробки нами був запропонований гідродинамічний стенд, принципова схема якого, зображена на рисунку 3.1.

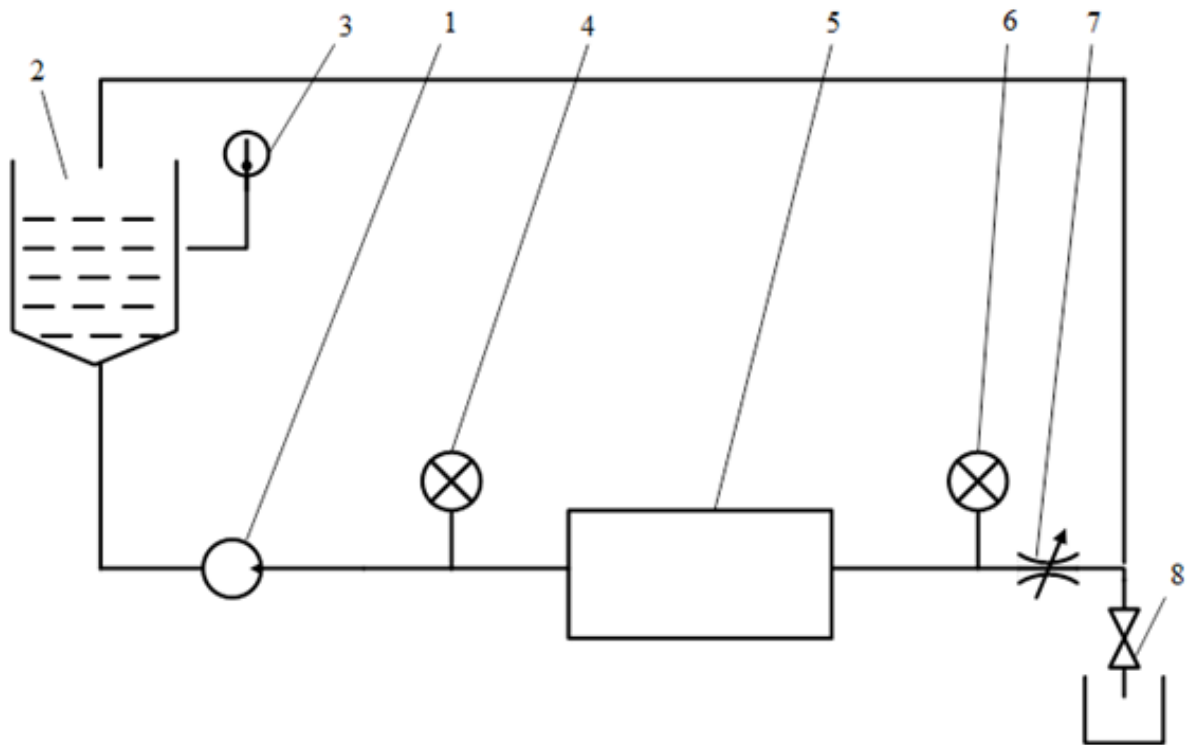


Рис. 3.1. Гідродинамічна схема стенда для дослідження палив в кавітаційному полі: 1- насос; 2 – ємність, 3 – термометр, 4,6 – манометр, 5 - генератор коливань, 7 - дросельний кран, 8 - кран для відбору та зливу проб.

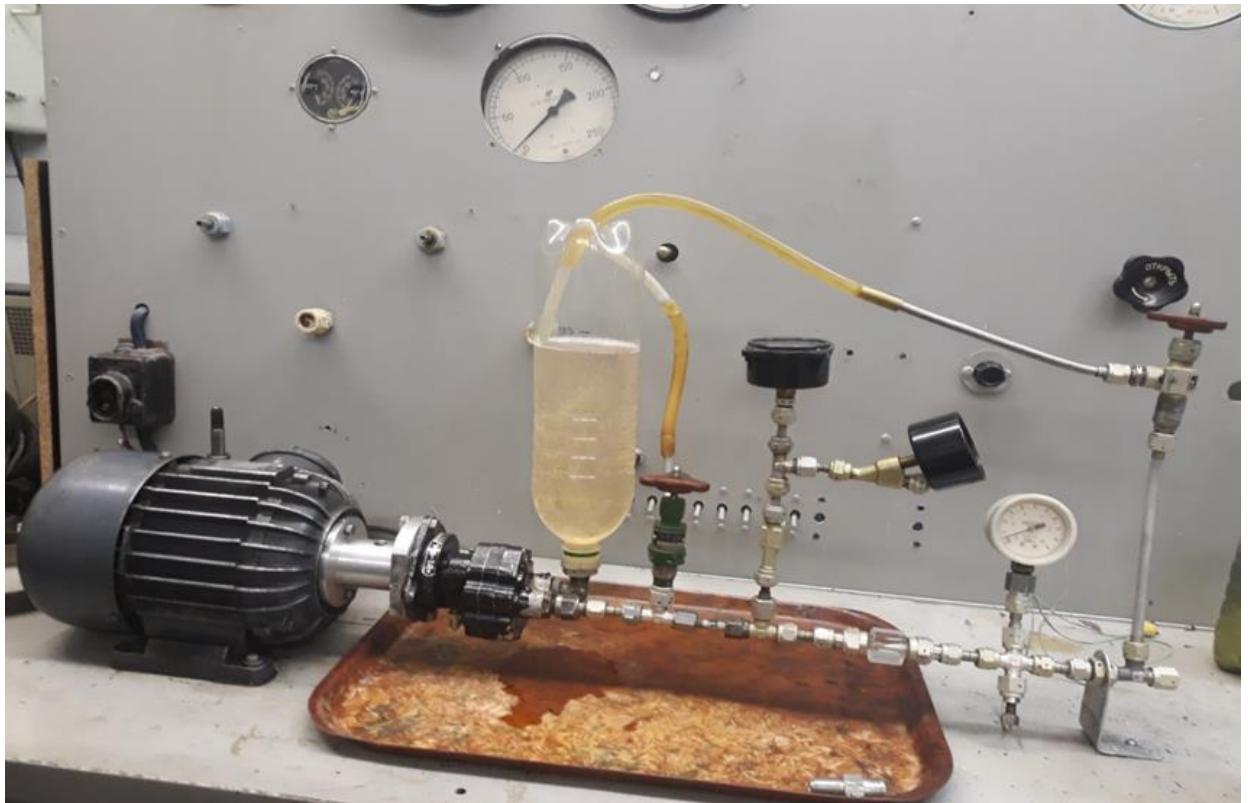


Рис.3.2. Стенд для дослідження впливу кавітаційного поля на зразки

*Принцип роботи гідродинамічного стенду.* Заздалегідь приготовлений зразок бензину заливається в ємність 2, температура досліджуваної рідини зазначалась по термометру 3. Тиск рідини створювався насосом 1 з двигуном постійного струму, що давало можливість змінювати оберти насоса і відповідно тиск рідини, що вимірювався манометром 4. Кавітаційне поле створювалось генератором коливань 5, а протитиск на генераторі коливань створювався дросельним краном 7 який вимірюють манометром 6. Протитиск збільшує вплив кавітації на рідину. Відбір проби і злив рідини здійснювався при малих обертах насоса 1 і відкриті крана 8.

Вплив кавітації на властивості бензину А-92-Євро5-Е0, А-95- Євро5-Е0, виробництва ПАТ «Укртатнафта», проводилась при наступних параметрах:

- тиск на вході в кавітатор  $P_{вх}=15 \text{ кг/см}^2$
- на виході з кавітатора  $P_{вих}= 1,0 \text{ кг/см}^2$
- діаметр отвору центральної частини кавітатора 1,2 мм;
- час обробки на кожному режимі складав 1хв; 2 хв.

Результати дослідження кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0 наведені в табл.3.1, а графіки на рис. 3.1.

Таблиця 3.1.

Результати до та після кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0 1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за : – дослідним методом, не менше – моторним методом, не менше	-	92 82,5	- -	92,6 83,4	94,0 84,7	92,5 83,8
2. Тиск насиченої пари	кПа	45	80	67,2	66,8	66,2
4. Густина при 15 <sup>0</sup> С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	750,0	750,0	750,0
5. Фракційний склад: – при 70°С випаровується – при 100°С випаровується – при 150°С випаровується – температура википання кінцева – залишок після википання	% (об) % (об) % (об) °С %	20,0 46,0 75 - -	50,0 71,0 - 210 2	27,0 56,0 86,0 200 1,1	- 28,0 57,0 86,0 201 1,1	- 25,0 55,0 84,0 198 1,2
7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	33,9	34,0	34,4
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,64	0,66	0,67
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	0,96	0,99	0,91
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук – метанолу – (біо)етанолу – ізопропілового спирту – ізобутилового спирту – третбутилового спирту – етери (С5 і вище)	%	- - - - - -	3,0 5 10 10 7 15 10	1,74 0 0 0 0 0 1,2	1,85 0 0 0 0 0 1,3	1,67 0 0 0 0 0 1,3
15. Зовнішній вигляд	-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води		Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Не прозорий та темний без механічних домішок і води

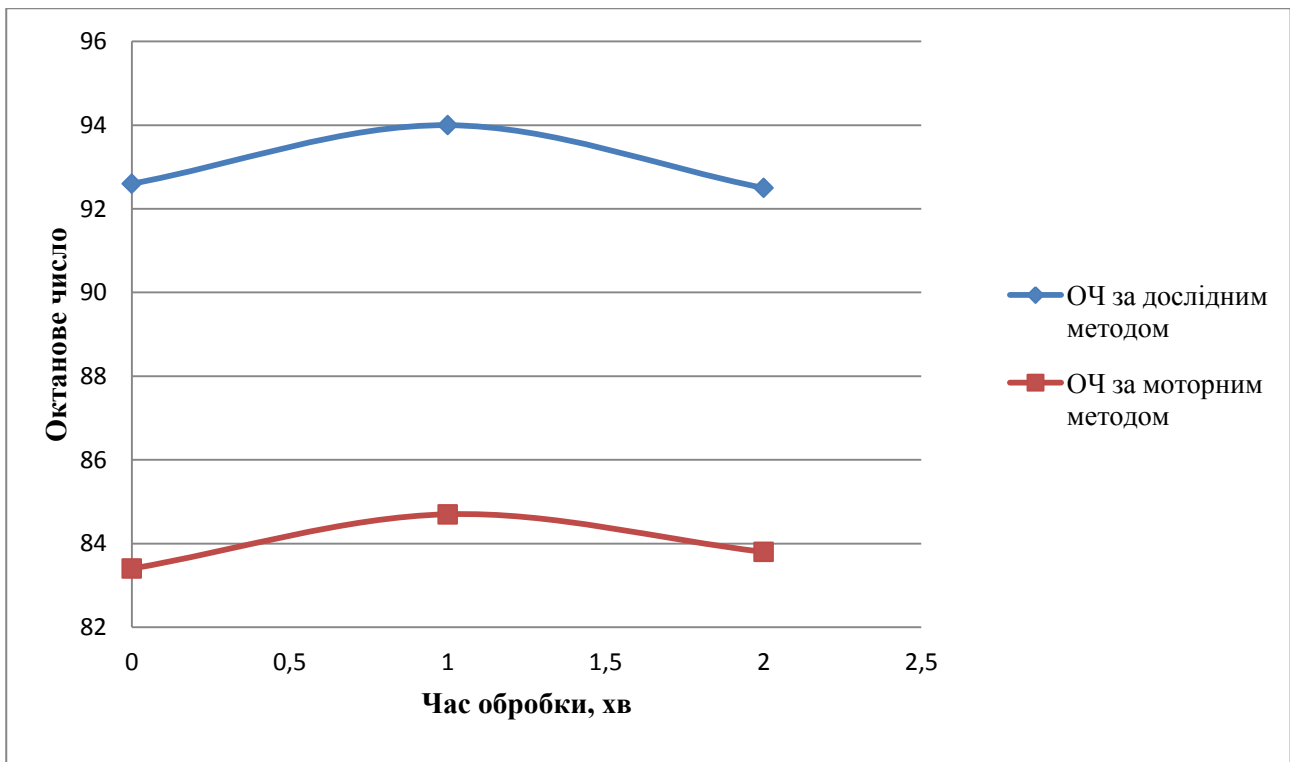


Рис.3.1. Залежність октанового числа від часу обробки А-92-Євро5-Е0 в кавітаційному полі

Відповідно до результатів обробки бензину А-92-Євро5-Е0, зазначених у табл.3.1., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 1,3 одиниці та за дослідним методом на 1,4 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

Також досліджено вплив кавітації на автомобільне паливо марки А-95-Євро5-Е0. Результати наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

Результати до та після кавітаційної обробки А-95-Євро5-Е0 1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за : – дослідним методом, не менше – моторним методом, не менше	-	95 85	- -	95,4 85,6	96,9 86,8	95,1 85,8
2. Тиск насиченої пари	кПа	45	80	74,0	73,8	71,8
4. Густина при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	743,5	744,0	744,0
5. Фракційний склад: – при 70°С випаровується – при 100°С випаровується – при 150°С випаровується – температура википання кінцева – залишок після википання	%(об) %(об) %(об) °С %	20,0 46,0 75 - -	50,0 71,0 - 210 2	42,0 59,0 86,0 194 1,1	35,0 54,0 85,0 198 1,1	40,0 56,0 86,0 196 1,2
7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	34,9	34,6	34,8
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,72	0,73	0,75
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	0,93	0,97	0,96
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук – метанолу – (біо)етанолу – ізопропілового спирту – ізобутилового спирту – третбутилового спирту – етери (С5 і вище)	%	- - - - - -	3,0 5 10 10 7 15	1,2 0 0 0 0 1,53	1,3 0 0 0 0 1,43	1,1 0 0 0 0 1,46
15. Зовнішній вигляд	-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води		Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води



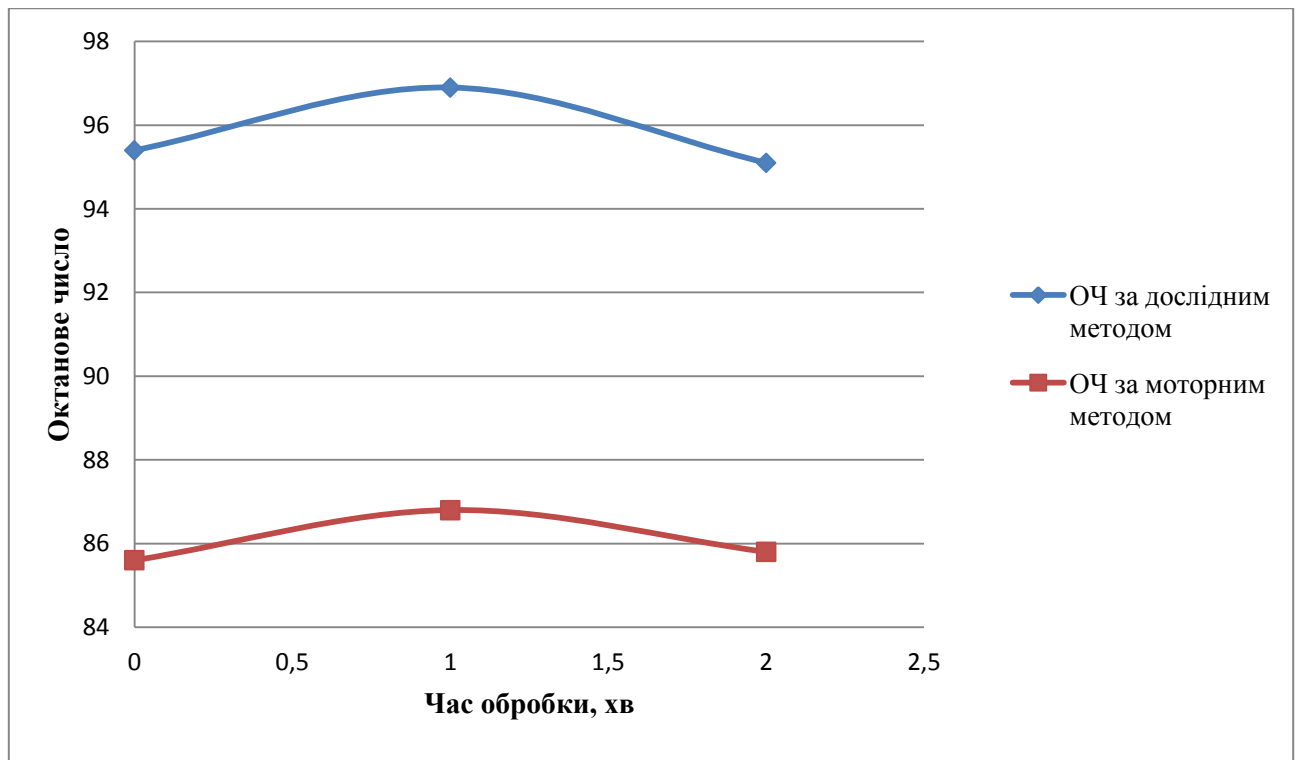


Рис.3.2. Залежність октанового числа від часу обробки А-95-Євро5-Е0 в кавітаційному полі

Відповідно до результатів обробки бензину А-95-Євро5-Е0, зазначених у табл.3.2., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 1,2 одиниці та за дослідним методом на 1,5 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

Внаслідок впливу кавітаційної обробки спостерігається

### 3.3. Експериментальні випробування фізико-хімічних властивостей модифікованих моторних бензинів оброблених у кавітаційному полі

Найпоширенішим технологічним рішенням, що дає змогу отримати автомобільні бензини марок А-92, А-95 та вище, є компаундування низькооктанових вуглеводневих компонентів із високооктановими кисеньвмісними сполуками: спиртами, етерами, присадками та ін. Тому також досліджено вплив кавітаційного поля на компаундовані автомобільні палива ізookтаном, МТБЕ, етанолом, детонаційною багатофункціональною добавкою «ДАБ».

Сучасні екологічні вимоги до якості моторних палив, а також підвищені вимоги до детонаційної стійкості автомобільних бензинів роблять актуальним додавання спиртовмісних органічних високооктанових добавок у вуглеводневі бензини. Для України найбільш перспективною добавкою є біоетанол [26], оскільки існує сировинна база, розвинута інфраструктура із його виробництва та зрозуміла логістика поставок по території України.

Досліджено вплив кавітації на властивості бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою 5% етилового спирту, результати наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Результати до та після кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0+ 5% С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>ОН

1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за :						
– дослідним методом, не менше	-	92	-	94,5	96,4	93,2
– моторним методом, не менше		82,5	-	84,4	85,7	83,1
2.Тиск насиченої пари	кПа	45	80	67,2	66,8	66,0
4.Густина при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	752,0	752,0	752,0
5. Фракційний склад:						
– при 70°С випаровується	%(об)	20,0	50,0	29,0	31,0	31,0
– при 100°С випаровується	%(об)	46,0	71,0	57,0	55,0	55,0
– при 150°С випаровується	%(об)	75	-	86,0	88,0	88,0
– температура википання кінцева	°С	-	210	200	198	198
– залишок після википання	%	-	2	1,1	1,2	1,2

7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	32,2	32,4	32,5
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,64	0,67	0,65
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	2,3	2,1	2,0
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук						
– метанолу		-	3,0	1,74	1,68	1,68
– (біо)етанолу		-	5	4,9	4,7	4,5
– ізопропілового спирту	%	-	10	0	0	0
– ізобутилового спирту		-	10	0	0	0
– третбутилового спирту		-	7	0	0	0
– етери (C5 і вище)		-	15	1,2	1,4	1,2
15. Зовнішній вигляд		-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води	Прозорий та світлий без механічни х домішок і води	Прозорий та світлий без механічни х домішок і води	Прозорий та не світлий без механічних домішок і води

Відповідно до результатів обробки бензину А-92-Євро5-Е0+5% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН, зазначених у табл.3.3., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 1,3 одиниці та за дослідним методом на 2,1 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

Досліджено вплив кавітації на властивості бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою 20% ізооктану, результати наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Результати до та після кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0+ 20% ізооктану

1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за : – дослідним методом, не менше – моторним методом, не менше	-	92 82,5	- -	94,4 86,1	95,7 87,5	94,0 85,8
2. Тиск насиченої пари	кПа	45	80	54,9	66,8	67,0
4. Густина при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	740,0	740,0	740,0
5. Фракційний склад: – при 70°С випаровується	%(об)	20,0	50,0	23,0	26,0	21,0
– при 100°С випаровується	%(об)	46,0	71,0	52,0	54,0	53,0
– при 150°С випаровується	%(об)	75	-	86,0	86,0	86,0
– температура википання кінцева	°С	-	210	196	199	195
- залишок після википання	%	-	2	1,1	1,1	1,1
7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	27,0	27,6	27,2
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,58	0,60	0,65
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	0,69	0,70	0,64
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук – метанолу	%	-	3,0	1,0	0,9	0,8
– (біо)етанолу		-	5	0	0	0
– ізопропілового спирту		-	10	0	0	0
– ізобутилового спирту		-	10	0	0	0
– третбутилового спирту		-	7	0	0	0
– етери (С5 і вище)		-	15	1,21	1,18	1,19
15. Зовнішній вигляд	-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води		Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та не світлий без механічних домішок і води

Відповідно до результатів обробки бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою 20% ізооктану, зазначених у табл.3.4., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 1,4 одиниці та за дослідним методом на 1,3 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

Досліджено вплив кавітації на властивості бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою 10% МТБЕ, результати наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5.

Результати до та після кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0+ 10% МТБЕ

1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за :						
– дослідним методом, не менше	-	92	-	96,6	98,4	95,8
– моторним методом, не менше		82,5	-	86,0	86,9	85,6
2.Тиск насиченої пари	кПа	45	80	65,7	64,8	64,2
4.Густина при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	753,0	751,0	752,0
5. Фракційний склад:						
– при 70°С випаровується	% (об)	20,0	50,0	25,0	33,0	29,0
– при 100°С випаровується	% (об)	46,0	71,0	53,0	53,0	51,0
– при 150°С випаровується	% (об)	75	-	83,0	82,0	83,0
– температура википання кінцева	°С	-	210	198	198	197
- залишок після википання	%	-	2	1,0	1,1	1,1
7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	35,0	33,4	33,7
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,68	0,65	0,66
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	2,69	2,65	2,49

Продовження таблиці 3.5.

10. Об'ємна частка кисневмісних сполук						
– метанолу		-	3,0	1,92	1,84	1,8
– (біо)етанолу	%	-	5	0	0	0
– ізопропілового спирту		-	10	0	0	0
– ізобутилового спирту		-	10	0	0	0
– третбутилового спирту		-	7	0	0	0
– етери (C5 і вище)		-	15	10,67	10,1	10,0
15. Зовнішній вигляд	-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води		Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води

Відповідно до результатів обробки бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою 10% МТБЕ, зазначених у табл.3.5., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 0,9 одиниці та за дослідним методом на 1,8 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

Досліджено вплив кавітації на властивості бензину А-92-Євро5-Е0 з детонаційною добавкою «ДАБ», результати наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6.

Результати до та після кавітаційної обробки А-92-Євро5-Е0+ добавка «ДАБ»

1 хв, та 2 хв

Назва показника	Одиниця виміру	Значення Згідно ДСТУ		Фактичні значення до обробки	Фактичні значення при 1 хв обробки	Фактичні значення при 2 хв обробки
		Мінімальне	Максимальне			
1. Октанове число за : – дослідним методом, не менше – моторним методом, не менше	-	92 82,5	- -	94,0 83,7	95,6 85,1	93,7 84,2
2. Тиск насиченої пари	кПа	45	80	66,2	66,0	65,4
4. Густина при 15 °С	кг/м <sup>3</sup>	720	775	751,0	751,0	751,0
5. Фракційний склад: – при 70°С випаровується – при 100°С випаровується – при 150°С випаровується – температура википання кінцева – залишок після википання	%(об) %(об) %(об) °С %	20,0 46,0 75 - -	50,0 71,0 - 210 2	38,0 58,0 84,0 199 1,0	31,0 52,0 86,0 198 1,0	33,0 54,0 86,0 199 1,0
7. Об'ємна частка вуглеводнів – ароматичних:	%	-	35	27,0	27,0	27,0
8. Об'ємна частка бензолу	%	-	1	0,58	0,58	0,58
9. Масова частка кисню	%	-	2,7	0,69	0,69	0,69
10. Об'ємна частка кисневмісних сполук – метанолу – (біо)етанолу – ізопропілового спирту – ізобутилового спирту – третбутилового спирту – етери (С5 і вище)	%	- - - - - -	3,0 5 10 10 7 15	1,0 0 0 0 0 1,21	1,0 0 0 0 0 1,21	1,0 0 0 0 0 1,21
15. Зовнішній вигляд	-	Прозорий та світлий з різними відтінками залежно від кольору присадок, без механічних домішок та води		Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води	Прозорий та світлий без механічних домішок і води

Відповідно до результатів обробки бензину А-92-Євро5-Е0 з добавкою «ДАБ», зазначених у табл.3.6., можна зробити наступні висновки:

1. При обробці тривалістю 1 хв спостерігається збільшення октанового числа за моторним методом на 1,4 одиниці та за дослідним методом на 1,6 одиниці.

2. Спостерігаються невеликі зміни фракційного складу, тиску насичених парів, змінюється об'ємна частка кисневмісних сполук.

3. Зміна густини та об'ємна частка бензолу від впливу кавітації не відслідковується.

3. Однак при обробці тривалістю 2 хв спостерігається погіршення досліджуваних властивостей, спостерігається потемніння зразка.

### **3.4. Висновки до розділу**

При дослідженні впливу кавітаційного поля на автомобільні бензини марок А-92-Є5-Е0 та А-95-Є5-Е0 встановлено, що при обробці тривалістю 1 хв та параметрів обробки: тиск на вході в кавітатор  $P_{вх}=15 \text{ кг/см}^2$ ; на виході з кавітатора  $P_{вих}= 1,0 \text{ кг/см}^2$ ; діаметр отвору центральної частини кавітатора 1,2 мм, спостерігається підвищення октанового числа на 1,3 од. за моторним методом та на 1,5 од. за дослідним методом порівняно з необробленим методом. Підвищення октанового числа свідчить про покращення техніко-економічних показників двигуна, тобто спостерігається підвищення його потужності.

Також встановлена закономірність впливу кавітації на компаундовані автомобільні палива ізooksаном, МТБЕ, етанолом, детонаційною багатофункціональною добавкою «ДАБ».



## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Наукові дослідження показують, що транспорт є основним фактором викидів парникових газів (ПГ), вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), і його вплив на здоров'я та екологію навколишнього середовища є дуже серйозним [2].

### 4.1. Оцінка впливу екологічних факторів

Стан навколишнього середовища в Україні має тенденцію до погіршення кожного року. Зміна клімату, погіршення якості повітря, води, ґрунту стають глобальними проблемами для України. У 2020 році транспорт приносить 16% від всіх викидів парникових газів, в той же час 24% викидів CO<sub>2</sub> від спалювання палива транспортом, зрозуміло, що з кожним роком ця частка збільшується. Автомобільний двигун є джерелом викидів в атмосферу різних речовин прямо або побічно погіршуючи її екологічний стан у результаті згоряння палива і проникаючих у камери згоряння мастильних матеріалів, викиду компонентів різних типів присадок і продуктів зношування двигуна. Продукти згоряння палив та їх компонентів у двигунах можуть нести як нейтральний так і негативний вплив для навколишнього середовища.

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу трьома способами: емісією шкідливих речовин з відпрацьованими газами, проривом газів у картер двигуна й емісією шкідливих речовин у результаті випару палива в паливних баках, карбюраторах, а також у результаті витоків палива. Головним з них є перший спосіб, на частку якого приходиться близько 2/3 шкідливих викидів автомобілів в атмосферу. До відпрацьованих газів використовуваних бензинових та дизельних палив висуваються жорсткі вимоги, оскільки мають негативний вплив. У табл. 4.1 наведено характеристику відпрацьованих речовин, котрі утворюються внаслідок роботи двигуна на автомобільному паливі.

Таблиця 4.1.

## Характеристику відпрацьованих речовин автомобільного бензину

Сполука	Вміст у автомобільних бензинах	Вплив на навколишнє середовище
Азот N <sub>2</sub> , об.%	74—77	Сприяє утворенню фотохімічного смогу та руйнуванню озонового шару у верхніх шарах атмосфери. В організмі людини викликають подразнення слизових оболонок, ураження ЦНС
Кисень O <sub>2</sub> об.%	0,3—8,0	Вуглекислий газ є основним парниковим газом з довготривалим життєвим (50-200 р.). Його частка від загальних викидів ПРД становить близько 70 %. Розсіюючись в атмосфері CO <sub>2</sub> спричиняє пряме нагрівання тропосфери під дією сонячного випромінювання.
Вода H <sub>2</sub> O (пара), об.%	3,0—5,5	Не спричиняє негативної дії на стан навколишнього середовища
Вуглекислий газ CO <sub>2</sub> , об.%	0,0—16,0	Двоокис вуглецю є парниковим газом, він впливає на теплообмін планети з навколишнім простором, ефективно блокуючи відбите інфрачервоне випромінювання на низькій частоті, і таким чином бере участь у формуванні клімату планети.
Монооксид вуглецю CO, об.%	0,1—5,0	CO негативно впливає на усі живі компоненти екосистем. В організмі людини блокує доступ кисню до тканин, спричиняє серцево-судинні захворювання.

Оксиди азоту, об.%	0,0—0,8	МОХ сприяють утворенню фотохімічного смогу та руйнуванню озонового шару у верхніх шарах атмосфери. В організмі людини викликають подразнення слизових оболонок, ураження ЦНС.
Вуглеводні $C_nH_m$ , об.%	0,2—3,0	Вуглеводні є джерелами забруднень довкілля канцерогенними речовинами. В організмі людини $C_xH_y$ чинять канцерогенний, мутагенний, наркотичний та інші токсичні ефекти.
Альдегіди об.%	0,0—0,2	Пари їх мають різку подразнюючу дію на слизові оболонки очей і верхніх дихальних шляхів, одночасно альдегіди діють наркотично.
Сажа С, $г/м^3$	0,0—0,04	Фракції частинок до 10 мкм утримуються в атмосфері, знижують прозорість повітря, зменшуючи доступ ультрафіолетової радіації та погіршуючи мікроклімат певних регіонів. В організмі людини тверді викиди негативно впливають на дихальну систему, слизові оболонки.

З таблиці 4.1. можна зробити висновок, що основними об'єктами впливу емісії відпрацьованих газів є живі організми і клімат. Найбільший вплив ризиків приходить саме на живі організми. Тому постає необхідність розрахунку та оцінки викидів забруднювальних речовин, що утворюються при спалюванні автомобільного бензину. Це буде наступним етапом дослідницької роботи.

#### 4.2. Розрахунок викидів забруднювальних речовин

Відпрацьовані гази містять дві основні групи шкідливих викидів:

- що виявляють пряму негативну дію на організм людини і навколишнє середовище (оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводи, у тому числі ароматичного ряду, різного типу кислоти, з'єднання свинцю, сірки);
- що виявляють негативний непрямий вплив, будучи передумовою глобальних екологічних катастроф, таких як утворення фотохімічного «смогу», «парникового ефекту», «озонових дір» і ін. (двоокис вуглецю, метан, тверді частки і т.д.).

Розрахунок викидів забруднюючих речовин та парникових газів у повітря від використання окремих видів палива у населених пунктах здійснюється за формулою:

$$V_{ij} = P_{i\text{нп}} \cdot K_{ji} \cdot K_{j\text{гс}}$$
$$V_{ij} = 1,8 \cdot 312 \cdot 1,7=955 \quad (4.1)$$

де:  $V_{ij}$  - обсяги викидів  $j$ -ї забруднюючої речовини та парникового газу: оксиду вуглецю, аміаку, метану, оксиду азоту, сажі, діоксиду азоту, діоксиду сірки, свинцю, неметанових летких органічних сполук, бенз(а)пірену (крім свинцю) від використання  $i$ -го виду палива;

$P_{i\text{нп}}$  - річне споживання  $i$ -го виду палива (бензину автомобільного, газойлів (дизельного палива), стисненого і скрапленого природного газу) на потреби транспортних засобів у приватній власності населення, у населеному пункті;

$K_{ji}$  - усереднений питомий викид  $j$ -ї забруднюючої речовини (крім свинцю) та парникового газу для транспортних засобів населення від споживання  $i$ -го виду палива;

$K_{jtc}$  - коефіцієнти впливу технічного стану автотранспорту на викиди  $j$ -ї забруднюючої речовини від використання  $i$ -го виду палива.

### **4.3. Заходи щодо зменшення впливу відпрацьованих газів**

У Європейському союзі з метою зменшення тиску транспорту на навколишнє середовище передбачається два напрямки, щодо вирішення проблем з викидами відпрацьованих газів. Перше – посилення норм викидів забруднюючих речовин відпрацьованих газів, емісії шуму і витрати палива окремими видами транспорту. Друге - уведення фіскальних інструментів економічної політики: розміри податків і зборів повинні відповідати наслідків впливу транспорту на навколишнє середовище.

Найважливішим напрямком захисту атмосфери міста є державний контроль джерел забруднення атмосферного повітря з метою одержання об'єктивної інформації про викиди забруднюючих речовин в атмосферу промисловими підприємствами і транспортом і оцінці відповідності фактичних значень викидів установленим нормативам. Цей напрямок передбачає розвиток системи моніторингу стану атмосферного повітря, основну роль у якому повинні виконувати стаціонарні і маршрутні пости спостереження.

За для вирішення проблем необхідно виконувати наступні методи обмеження викидів для експлуатованих автотранспортних засобів:

а) для забезпечення впровадження довгострокових систем, призначених для обмеження викидів, слід приділяти особливу увагу нормам викидів, які не повинні перевищуватися протягом «повного корисного строку експлуатації» автотранспортного засобу. Для задоволення цієї вимоги необхідні програми контролю. У рамках таких програм на виробників покладає відповідальність за зняття з виробництва автотранспортних засобів, не відповідних до необхідних стандартів. Для того щоб у власників транспортних засобів не виникало проблем, пов'язаних з якістю, виробники повинні давати гарантію на вузли встаткування, призначені для обмеження викидів;

б) програми технічного контролю і обслуговування виконують важливу допоміжну функцію. Шляхом проведення безпосереднього контролю застосування встановлених норм або з використанням засобів масової інформації ці програми можуть сприяти проведенню регулярного технічного огляду і ремонту і перешкоджати порушенню роботи або виводу з ладу власниками автотранспортних засобів вузлів устаткування, призначених для обмеження викидів. У ході технічного контролю проводиться необхідна перевірка;

в) використання нових типів силового устаткування з мінімальним викидом шкідливих речовин, заміна і вдосконалення конструкції, робочих процесів, технології виробництва автомобілів з метою зниження токсичності відпрацьованих газів;

г) застосування пристроїв очищення або нейтралізації відпрацьованих газів. Для автомобілів з бензиновими двигунами дуже ефективні каталітичні нейтралізатори потрійної дії, для дизельних автомобілів застосовують фільтри, які очищають відпрацьовані гази від сажі;

д) використання альтернативного або зміна характеристик традиційного палива.

#### **4.4. Висновки до розділу**

Дослідження ризиків, що виникають протягом життєвого циклу палива для бензинових двигунів показує наявні ризики при використанні традиційного палива. Використання традиційного палива залишає і надалі ризик його впливу на населення, на довкілля та екологічні зміни у біосфері. Тому варто встановлювати заходи щодо зменшення впливу відпрацьованих газів на державному рівні.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Вступ

Обробка у кавітаційному полі досліджуваних зразків на стенді та аналіз фізико-хімічних властивостей палива відбувались у 12 корпусі Національного авіаційного університету

### 5.2. Аналіз умов праці на робочому місці

Робоче місце – це частина виробничого простору, працівника або декількох працівників, що устаткований технологічним обладнанням, робочими меблями, інструментами та робочим приладдям, що є необхідним для виконання робочого процесу.

#### 5.2.1. Організація робочого місця

Виконання основних робіт даної дипломної роботи проводились у Відділі контролю якості МОУ в кімнаті №4, що являє собою кімнату  $28\text{ м}^2$  (довжина становить 7 м, ширина 5 м). Висота хімічної лабораторії складає 3 м, отже об'єм приміщення  $84\text{ м}^3$ . Кількість робочих місць складає 6. Згідно норм, площа одного робочого місця повинна складати не менше  $4,5\text{ м}^2$ , а об'єм – не менше  $15\text{ м}^3$ , фактично ж площа, відведена для одного працівника в цій лабораторії складає  $4,6\text{ м}^2$  та  $14\text{ м}^3$ . За нормативними значеннями площі та об'єму, що приходяться на одного працівника можна зробити висновки, що робоче приміщення не задовольняє вимоги. [16].

#### 5.2.2. Перелік шкідливих та небезпечних виробничих чинників

В робочій хімічній лабораторії на працівника під час виконання службових обов'язків діють зокрема такі шкідливі та небезпечні чинники:

- Токсичність.
- Мікроклімат робочої зони.



- Освітленість.
- Небезпека ураження електричним струмом.
- Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук.

### 5.2.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

#### *Токсичність.*

У системі стандартів безпеки праці за ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на 4 класи небезпеки:

1. Надзвичайно небезпечні;
2. Високо небезпечні;
3. Помірно небезпечні;
4. Мало небезпечні.

При виконанні роботи використовувалися такі шкідливі речовини як бензин марки А-95-Євро5-Е0 та А-92-Євро5-Е0, спирт етиловий, ізооктан, присадка автомобільна ДАБ, МТБЕ.

Всі робочі процеси виконувалися в гумових рукавицях, захисних окулярах та робочому халаті. Робота проводиться завжди при увімкненій витяжці.

#### *Мікроклімат робочої зони.*

Мікроклімат робочої зони – це клімат внутрішнього середовища приміщення робочої зони, що характеризується наступними показниками: температури повітря, відносної вологості повітря, рухливості повітря, барометричного тиску та інтенсивності теплового випромінювання.

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.3.6.042-99, робота що виконується в даному приміщенні, належить до категорії середнього важкості.

Оптимальні і припустимі норми температури, відносної вологості повітря і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень для категорії робіт

## Па

Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість повітря, %		Швидкість руху повітря, м/с	
	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
1	2	3	4	5	6	7
Холодний	18-20	15-24	60-40	Не більше 75	0,2	не більше 0,3
Теплий	21-23	17-27	60-40	60 - при 26 °С	0,3	0,2-0,4
Існуючі умови на робочому місці	15-27		40-75		0,1	

*Освітлення.*

Освітлення має відповідати низці нормативних вимог, а саме: бути рівномірним, достатнім, не повинно створювати контраст та не засліплювати очі. Освітлення буває природним, штучним і спільним: найбільш сприятливе для організму – природне освітлення.

В лабораторії де проводилося випробовування, світло комбіноване і становить 200-400 лк. Це освітлення надходить від ламп на стелі (4шт.). Також є освітлення приладів та ламп, які знаходяться під витяжною шафою.

*Небезпека ураження електричним струмом.*

Через необережність чи інші випадки, людина може доторкнутися до частин, які передають електричний струм. Невміле користування електричними приладами, а також несправність цих приладів призводить до ураження електричним струмом. Дія струму на організм людини залежить від типу струму, напруги, тривалості його проходження, шляху проходження, ідивідуальних особливостей і оточуючого середовища.

Електрична мережа в хімічній лабораторії має наступні характеристики: кількість фаз – 1, вид струму – змінний, напруга – 220 Вт, частота струму – 50 Гц.

### **5.3. Розробка заходів з охорони праці**

Заходи щодо безпеки і поліпшення умов праці на галузевих об'єктах розробляються службами охорони праці за основними напрямками господарської діяльності.

Всі заходи щодо охорони праці включаються в колективний договір і угоду з охорони праці між адміністрацією і профспівковою організацією. Відповідно до НПАОП 63.23-1.03-08 працівники, зайняті на роботах зі шкідливими та небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, повинні забезпечуватися засобами індивідуального захисту відповідно до вимог Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту, затвердженого наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 24.03.2008 N 53, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 21.05.2008 за N 446/15137.

#### **5.3.1. Нормалізація повітря робочої зони**

##### *Вентиляція.*

Відповідно, до пункту 6 у НПАОП 63.23-1.03-08, робочі приміщення лабораторії повинні бути обладнані припливно-витяжною вентиляцією з механічним приводом і місцевою вентиляцією з витяжних шаф, мийних ванн і раковин[27]. Задачею вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Вентиляцією називають організований і регульований повітрообмін, що забезпечує видалення з приміщення забрудненого повітря і подачу на його місце свіжого.

За способом переміщення повітря розрізняють системи природної і механічної вентиляції.

В лабораторії 12 корпусу НАУ кожне робоче місце знаходиться під витяжною шафою, яка забезпечує хорошу вентиляцію.

### 5.3.2. Виробниче освітлення

Слід відмітити особливо важливу роль в життєдіяльності людини природного освітлення, його ультрафіолетової частини спектру. Природне освітлення стимулює біохімічні процеси в організмі, поліпшує обмін речовин, загартовує організм, йому властива протибактерицидна дія тощо. У зв'язку з цим при недостатньому природному освітленні в умовах виробництва санітарно-гігієнічні нормативи вимагають у системі штучного освітлення застосовувати джерела штучного світла з підвищеною складовою ультрафіолетового випромінювання – еритемні джерела світла.

В лабораторії де проводилося випробовування, світло комбіноване і становить 200-400 лк. Це освітлення надходить від ламп на стелі (4шт.). Також є освітлення приладів та ламп, які знаходяться під витяжною шафою.

### 5.3.3. Електробезпека

З метою забезпечення електробезпеки на робочому місці всі металеві частини електроустановок, які знаходяться під напругою, повинні бути заземлені шляхом з'єднання з нульовим проводом мережі.

Як природні заземлювачі використовуються прокладені в ґрунті водопровідні та інші металеві трубопроводи (окрім трубопроводів горючих рідин, горючих і вибухонебезпечних газів, а також трубопроводів, покритих ізоляцією для захисту від корозії), труби артезіанських свердловин, металеві конструкції та арматура залізобетонних будинків та споруд, які мають з'єднання з землею, свинцеві оболонки кабелів, прокладених у ґрунті.

## 5.4. Пожежна безпека

Пожежна безпека – стан об’єкту, при якому з встановленою імовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі і дії на людей небезпечних факторів пожежі, а також забезпечення захисту матеріальних цінностей .

У приміщенні лабораторії знаходиться 4 шт. вогнегасників типу ВП-5 (ДСТУ 3675). Це порошкові вогнегасники. Цифра 5 означає масу вогнегасної речовини у кілограмах, що міститься у його корпусі. Порошкові вогнегасники призначені для гасіння легкозаймистих речовин та горючих речовин, лужних та лужноземельних металів та їх карбідів, електроустановок під напругою.

Така кількість вогнегасників відповідає вимогам ISO3941-87, якими передбачене обов'язкова наявність двох вогнегасників на 100 м<sup>2</sup> площі підлоги для приміщень.

На рис.5.1. наведений план евакуації з лабораторії у випадку пожежі.

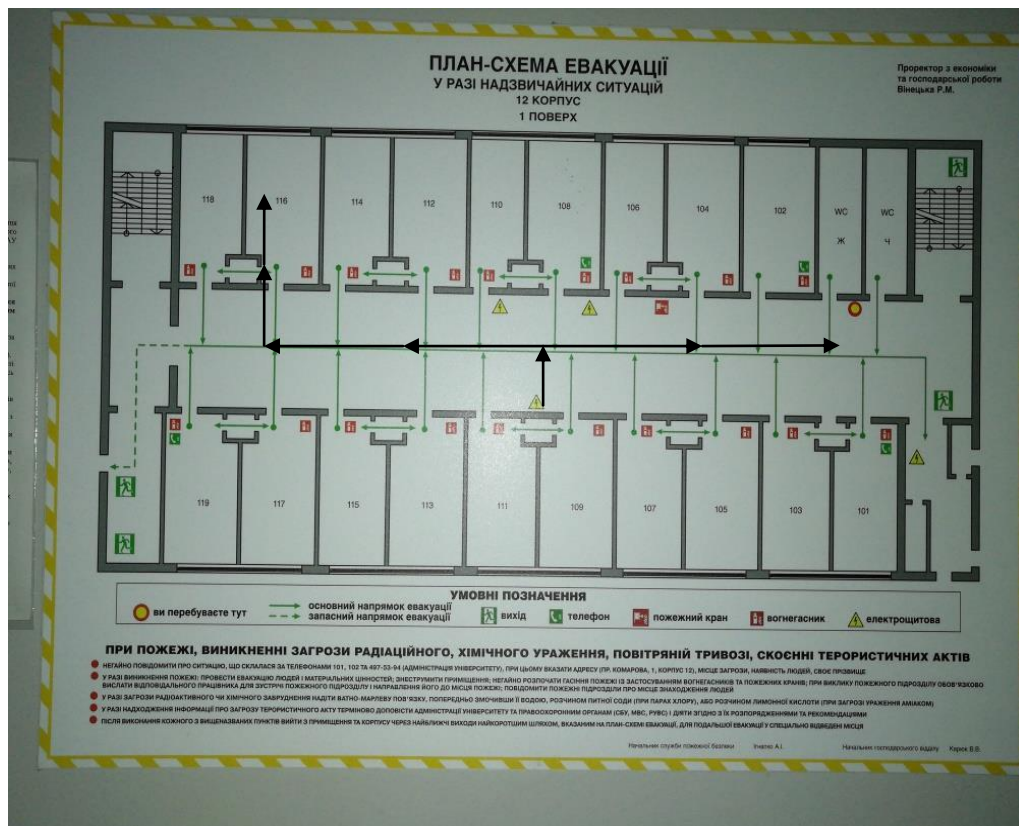


Рис. 5.1. План евакуації у випадку пожежі

## 5.5. Розрахункова частина

У приміщеннях вибухонебезпечних об'єктів (цехах деревообробки, лакофарбових, складах палива, котелень, елеваторах) можливі вибухи і вибухове дефлаграційне горіння, у всьому об'ємі, оскільки межі приміщення не дають можливості розширюватися продуктам горіння.

Надмірний тиск вибуху для конкретних пальних речовин, що складаються з атомів С, Н, N, Cl, Br, F, I визначається за формулою:

$$\Delta P_{max} = (P_{max} - P_0) \frac{1000M \cdot z}{C_{ctx} \cdot V_{во} \cdot \rho_{П(Г)} \cdot \varphi};$$
$$\Delta P_{max} = (900 - 101) \cdot \frac{100 \cdot 4,5 \cdot 0,3}{1,6 \cdot 28 \cdot 4,8 \cdot 3} = 159,8 \text{ кПа} \quad (5.1)$$

Де  $P_{max}$  – максимальний тиск вибуху стехіометричної ГПС у замкнутому об'ємі, визначається за довідником.  $P_0$  – початковий тиск у приміщенні, кПа,  $M$  – маса ГПС, що потрапила у приміщенні в наслідок аварії, кг;  $z$  – коефіцієнт участі пальної речовини у вибуху в приміщенні,  $V_{во}$  – вільний об'єм приміщення,  $m^3$ ,  $\rho_{П(Г)}$  – щільність пари при  $\rho_0$ ,  $kg/m^3$ , визначається залежністю:

$$\rho_{П(Г)} = \frac{12,15 \cdot M_p}{t_n + 273};$$
$$\rho_{П(Г)} = \frac{12,15 \cdot 114}{18 + 273} = 4,8 \text{ кг/м}^3 \quad (5.2)$$

Де  $M_p$  – молярна маса речовини, г/моль,  $t_n$  – температура повітря в приміщенні, °C;  $\varphi$  — коефіцієнт негерметичності приміщення і не адіабатичності процесу горіння, дорівнює 3;  $C_{ctx}$  — стехіометрична концентрація газів чи пари, визначається за формулою:

$$C_{ctx} = \frac{100}{1 + 4,84 + \beta};$$
$$C_{ctx} = \frac{100}{1 + 4,84 \cdot 12,5} = 1,6 \quad (5.3)$$

де  $\beta$  — стехіометричний коефіцієнт кисню в рівнянні реакції горіння, дорівнює:

$$\beta = n_c + \frac{n_H - n_{Cl}}{4} - \frac{n_O}{2};$$
$$\beta = 8 + \frac{18 - 0}{4} = 12,5; \quad (5.4)$$

( $n_c$ ,  $n_H$ ,  $n_O$ ,  $n_{Cl}$  — кількість атомів С, Н, О та галогенів у молекулі пального, оскільки паливо автомобільне є складною сумішшю.[23].

## 5.6. Висновки до розділу

В робочій хімічній лабораторії на працівника під час виконання службових обов'язків діють зокрема такі шкідливі та небезпечні чинники: токсичність, мікроклімат робочої зони, освітленість, небезпека ураження електричним струмом, шум, вібрація, ультразвук, інфразвук. Відповідно, заходи щодо безпеки і поліпшення умов праці на галузевих об'єктах розробляються службами охорони праці за основними напрямками господарської діяльності.

При виконанні роботи проведено аналіз умов праці в приміщенні робочої зони. Вказані способи захисту при взаємодії з шкідливими речовинами та вказаний шлях евакуації при НС.

Проведені розрахунки вибуху автомобільного палива в закритому приміщенні, максимальний тиск вибуху стехіометричної суміші становить 159,8 кПа. При вибуху даної суміші відбудеться повне руйнування лабораторії та завдання травм працівникам. Для зниження руйнівної сили, при вибуху робочої суміші у приміщенні, рекомендується зберігати її в меншій кількості або за межами будівлі.

## ВИСНОВКИ

1. Охарактеризовано сучасний стан паливозабезпечення автомобільної галузі в Україні. Враховуючи дефіцит власних енергоресурсів, наявність широкого асортименту відновлюваної сировини, а також наявність нормативно-правової бази показано, що Україна має великий потенціал для самостійного розвитку ринку бензинів автомобільних.

2. Проведено огляд моторних бензинів та способів покращення їх властивостей .

3. Наведена характеристика компонентного складу та фізико-хімічних показників моторних бензинів.

4. Проаналізовано методи покращення властивостей моторних бензинів.

5. Описано методику експериментальних досліджень та об'єкт досліджень.

6. Експериментально досліджено ефективність застосування кавітаційної обробки для покращення якісних показників моторних бензинів. При дослідженні впливу кавітаційного поля на автомобільні бензини марок А-92-Є5-Е0 та А-95-Є5-Е0 встановлено, що при обробці тривалістю 1 хв та параметрів обробки: тиск на вході в кавітатор  $P_{вх}=15$  кг/см<sup>2</sup>; на виході з кавітатора  $P_{вих}= 1,0$  кг/см<sup>2</sup>; діаметр отвору центральної частини кавітатора 1,2 мм, спостерігається підвищення октанового числа на 1,3 од. за моторним методом та на 1,5 од. за дослідним методом порівняно з необробленим методом. Підвищення октанового числа свідчить про покращення техніко-економічних показників двигуна, тобто спостерігається підвищення його потужності.

7. Також встановлена закономірність впливу кавітації на компаундовані автомобільні палива ізоктаном, МТБЕ, етанолом, детонаційною багатofункціональною добавкою «ДАБ».

8. Проведено експериментальні випробування фізико-хімічних властивостей модифікованих моторних бензинів оброблених у кавітаційному полі. А саме, встановлено закономірність впливу кавітації на компаундовані автомобільні



палива ізооктаном, МТБЕ, етанолом, детонаційною багатофункціональною добавкою «ДАБ».

9. Проведений аналіз умов праці в приміщенні робочої зони. Вказані способи захисту при взаємодії з шкідливими речовинами та вказаний шлях евакуації при НС. Проведені розрахунки вибуху автомобільного палива в закритому приміщенні, максимальний тиск вибуху стехіометричної суміші становить 159,8 кПа. При вибуху даної суміші відбудеться повне руйнування лабораторії та завдання травм працівникам. Для зниження руйнівної сили, при вибуху робочої суміші у приміщенні, рекомендується зберігати її в меншій кількості або за межами будівлі.

## СПИСОК БІБЛЮГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

### ДЖЕРЕЛ

1. Звіт правління ПАТ «УКРНАФТА» за 2020 рік. URL: <https://www.ukrnafta.com/protokoli> (дата звернення 10.11.2021 р).
2. Семененко І. М. Сучасний стан та перспективи розвитку виробництва якісних автомобільних бензинів в Україні / І. М. Семененко, С. О. Кудрявцев, Н. С. Заїка // Східна Європа: економіка, бізнес та управління. – 2019. – № 23. – С. 500-504.
3. ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні Євро. Технічні умови». Дата прийняття 28.05.2015.
4. Кизим М. О., Салашенко Т. І., Хаустова В. С., Лелюк О. В. Концептуальні засади зміцнення паливної безпеки національної економіки. Проблеми економіки, 2017. 1. С.79–88.
5. O. Sych A., Korniienko N., Yevtushenko. Forensic investigation of petroleum components of mixed motor gasolines. Criminalistics and Forensics.2021. doi: <https://doi.org/10.33994/kndise.2020.66.64>.
6. G.D. Zakumbaeva, N. Ph. Toktabaeva, A.Zh. Kubasheva, L.V. Gorbacheva. The Use of C2–C5 Hydrocarbons for Production of Gasoline Components. Eurasian ChemTech Journal. 6, 2004. p.189-192.
7. В. С. Вдовін, К. В. Бондаренко. Модифікування складу авіаційних бензинів додаванням аліфатичних спиртів: літературний огляд. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. № 64, 2014. С.164-171.
8. Гайдай О.О. Експлуатаційні властивості етанольних бензинів з нанорозмірними сфероїдальними карбоновими кластерами: дис. техн. канд. наук. 2019. С. 1–155.
9. Tarek M. Aboul-Fotouh, Sherif K.Ibrahim, M. A. Sadek, Hany A. Elazab. High Octane Number Gasoline-Ether Blend. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE). Volume-8 Issue-9, July 2019. p.732-739.
10. С. О. Кудрявцев, О. Б. Целіщев, С. В. Леоненко, С. В. Бойченко, М. Г. Лорія. Визначення впливу кавітаційної обробки на октанове число

газоконденсатного бензину, модифікованого ізопропанолом. doi: <https://10.15587/1729-4061.2020.217000>.

11. Про виробництво бензину: сировина й технологічні етапи. URL: <https://branel.ua/uk/news/o-proizvodstve-benzina> (дата звернення 15.11.2021 р).

12. Трофімов І.Л. Підвищення екологічних властивостей палив і олив електричним полем / І.Л. Трофімов, О.Л. Матвєєва, О.С. Касяненко // Поступ в нафтопереробній та нафтохімічній промисловості: VIII міжнар. наук. техн. конф., 16–21 травня 2016 р., тези доп. – Львів, 2016. – С. 109.

13. І. В. Роїк, О. І. Василькевич, М. Б. Степанов. Покращення експлуатаційно-екологічних характеристик автомобільних бензинів за допомогою поверхнево-активних присадок. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА. № 2/2012. 2012. С.85-89.

14. Н.Н.Потапов, Е.М.Лимонник, Н.Б.Степанов, А.И.ВАСИЛЬКЕВИЧ, А.Е.Кофанов. Специальная присадка для улучшения экологических и экономических показателей автомобильных бензинов. Энергетика: економіка, технології, екологія. 2, 2011.С.109-114.

15. Ноженко О.С. Підвищення паливної економічності та екологічності транспортних засобів шляхом озонування. Міжвузівські збірник «Наукові нотатки». №45, 2014. С.376-380.

16.Трофімов І.Л., Бурикін В.В. Вплив кавітаційної обробки на властивості нафтопродуктів // Матеріали II Міжнародної науково-технічної конференції „Проблеми хімотології”. 2-6 червня, 2008 р. – К.: НАУ, 2009.– С. 361-365.

17. ДСТУ ГОСТ 31072:2006 Нафта і нафтопродукти. Метод визначення густини, відносної густини та густини в градусах АРІ ареометром.

18. ГОСТ 2177-99 Нефтепродукты. Методы определения фракционного состава.

19. ДСТУ 4160:2003 Нафтопродукти. Визначання тиску насиченої пари. Метод Рейда.

20. ДСТУ 8736:2017 Паливо для двигунів. Моторний метод визначення октанового числа.

21. ГОСТ 29040-2018 Бензины. Метод определения бензола и суммарного содержания ароматических углеводородов.

22. ДСТУ EN 13132:2006 Нафтопродукти рідкі. Бензин неетилований. Визначення органічних кисневмісних сполук та загального вмісту органічно зв'язаного кисню газохроматографічним методом з перемиканням колонок.

23. Промтов М.А. Перспективы применения кавитационных технологий для интенсификации химико-технологических процессов. Вестник ТГТУ. 14. 4. 2008. С.861-869.

24. Бойченко С. В., Яковлева А. В., Целіщев О. Б., Ланецький В. Г., Кудрявцев С.О., Лорія М.Г., Семенюк А. А. Модифікація автомобільних бензинів біоетанолом у кавітаційному полі // Каталіз і нафтохімія , №30, 2020.

25. Бойченко С. В., Ланецький В. Г., Черняк Л.М. Компаундування бензину А-92 з етиловим спиртом кавітаційним методом. Наукоємні технології №4(32), 2016. С.420-423.

26. В. С. Вдовін, К. В. Бондаренко. Модифікування складу авіаційних бензинів додаванням аліфатичних спиртів: літературний огляд. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. № 64, 2014. С.164-171.

27. НПАОП 63.23-1.03-08. «Правила безпеки праці під час роботи з пально-мастильними матеріалами та спецрідинами».