

Наукова робота  
представлена на Всеукраїнський конкурс студентських наукових робіт  
з «Техногенної безпеки»

**КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК МОТОРНИХ ПАЛИВ  
З МЕТОЮ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВІДПОВІДНОСТІ  
ВИМОГАМ ЕКОБЕЗПЕКИ**

**Шифр «моторне паливо»**

2020

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ .....	6
1.1 Стандарти «Євро» в ЄС та в Україні.....	6
1.2 Техногенні проблеми, що пов'язні з використанням моторного палива ....	8
1.3 Сучасні вимоги до якості моторного палива.....	14
1.4 Відповідність якості вітчизняних моторних палив вимогам європейських стандартів .....	17
РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПАЛИВ.....	22
ВИСНОВКИ.....	27
Перелік використаної літератури .....	29

## ВСТУП

*Актуальність дослідження.* Щорічно автомобілі України використовують понад 9...10 млн. тон моторного палива. За даними державної служби статистики в Україні у 2018 році всього було використано 1,7 млн. т бензину і 5,4 млн. т дизельного палива [3]. Приріст використання моторних видів палива у порівнянні з 2017 роком становить більш, ніж 7%, це спостерігається за рахунок збільшення використання дизельного палива (ДП) (10,1%), також спостерігається тенденція до зменшення споживання автомобільних бензинів у порівнянні з минулим роком майже на 4 %.

Для задоволення потреб України в бензині та ДП і прогнозованого зростання обсягів споживання у короткострокових планах, щороку слід переробляти понад 15...16 млн. т нафти [2].

З прийняттям Україною курсу на євроінтеграцію, що закріплено у Конституції у лютому 2019 року у формулюванні «європейської ідентичності українського народу і незворотності європейського і євроатлантичного курсу України» було позначено пріоритетні напрямки роботи і в паливній промисловості, і в автомобільній, які спрямовані на досягнення європейських норм за якістю до бензинів і автомобілів. Однак вітчизняні технології виробництва бензинів дещо відрізняються від аналогів із закордону і не завжди дають можливість отримати бензини заданої якості, які б задовольняли експлуатаційним та екологічним нормам. Були позначені пріоритетні напрямки роботи і в паливній промисловості, і в автомобільній, спрямовані на досягнення європейських норм за якістю до бензинів і автомобілів.

Автомобільні бензини не повинні викликати корозію ємностей для зберігання, транспортних засобів [7]. Корозійна активність палива пов'язана з вмістом загального та меркаптанового сульфуру, кислотності, вмісту водорозчинних кислот і лугів, присутності води.

При попаданні вологи в бензини корозія металів набуває електрохімічний характер, і швидкість її різко зростає. Однак вода в бензині може перебувати в розчиненому стані, а також потрапляти в паливні ємності і накопичуватися у них у вільному стані. Кількість води, що знаходиться у вільному стані, залежить від умов транспортування і зберігання.

Актуальність обраної теми пов'язана з обов'язковим контролем якості бензину, тому що автомобільні гази при використанні неякісного палива забруднюють атмосферне повітря, ґрунт і водні об'єкти. Крім того, використання фальсифікованого палива відбивається на експлуатаційних характеристиках двигуна і призводить до виходу з ладу паливної системи.

**Мета наукової роботи:** вивчення якісних характеристик різних видів бензинів і дизельного палива.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися стежать **завдання:**

1. Вивчення літературних даних з обраної тематики. Порівняння якості моторних палив України і міжнародних норм.
2. Вибір методів визначення показників якості моторного палива.
3. Проведення випробувань якості моторних палив різних зразків і аналіз отриманих результатів.
4. Підготовка рекомендацій щодо поліпшення контролю якості палива.

**Об'єкт дослідження:** зразки моторних палив, що реалізуються на АЗС, бензин з октановим числом 92,95; дизельне паливо.

**Предмет дослідження:** якість моторного палива і його техногенний вплив.

**Методи дослідження:**

1. Теоретичний аналіз і синтез вивченої літератури.
2. Емпіричні (експеримент, порівняння, спостереження).
3. Математичні (статистичний аналіз отриманих результатів).
4. Аналітичні (зіставлення даних експерименту з літературними даними).
5. Хімічні методи аналізу: потенціометричне титрування; метод енергодисперсійної рентгенофлуоресцентної спектрометрії; дослідний метод визначення октанового числа, газохроматографічний метод для визначення вмісту бензолу.

**Методологією та теоретичною основою** в даному дослідженні стали праці зарубіжних і вітчизняних авторів в області вивчення якості моторних палив. Інформаційну основу склали досвід, накопичений вітчизняними та зарубіжними дослідниками, стандарти якості палива і власні експериментальні дані.

**Практичне значення роботи.** Результати роботи стануть корисними як для виробників, реалізаторів, так і для користувачів моторного пального; представляють інтерес для подальшого дослідження впливу характеристик пального на створення техногенного навантаження, а також можуть бути корисними у навчальному процесі.

**Апробація роботи.** Основні результати роботи представлені на наступних наукових заходах:

- Метрологічні аспекти прийняття рішень в умовах роботи на техногенно небезпечних об'єктах: Всеукраїнська науково-практична інтернет конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених, ХНАДУ, 4-5 листопада 2019 р. м. Харків: ХНАДУ.
- XI Міжнародна науково-методична конференція Міжнародна наукова конференція Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) "БЕЗПЕКА ЛЮДИНИ У СУЧАСНИХ УМОВАХ", 5 – 6 грудня 2019 р., НТУ «ХП», – Харків.
- V Міжнародна науково-практична конференція студентів, магістрантів та аспірантів «Галузеві проблеми екологічної безпеки» 25 жовтня 2019, Харків.

Результати роботи **впроваджено** у навчальний процес, аналізуються студентами на практичному занятті з курсу «БЖД».

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ

## 1.1 Стандарти «Євро» в ЄС та в Україні

Обсяги використання палива щорічно збільшуються (рис. 1).

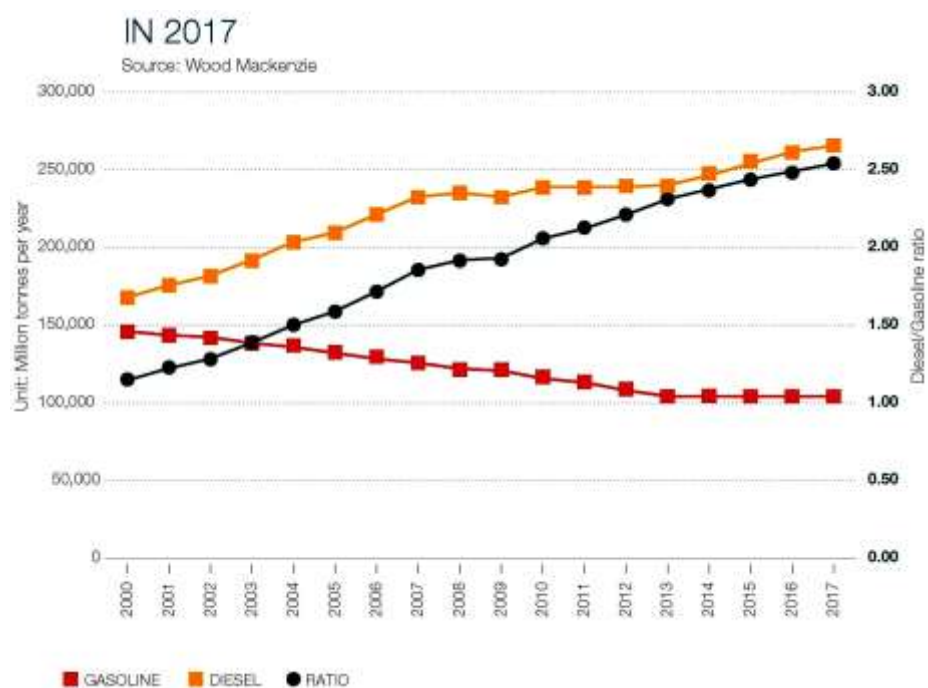


Рисунок 1. Попит на автомобільне паливо в ЄС у 2017 (за даними дослідницької групи Wood Mackenzie [15])

Перехід з бензину на дизельне паливо почався близько 25 років тому, що значно знизило попит на бензин, а також викликало нестачу дизельного виробництва в ЄС. На даний час попит на бензин також продовжує зменшуватися, одночасно попит на ДП знаходиться на підйомі, досягнувши співвідношення попиту 1:2,5 у 2017 році (рис. 1).

Перед розробкою головних принципів до встановлення екологічних нормативів щодо автомобільних викидів, обов'язковим є формулювання відповідні вимоги до якості палива, на які виробники могли б спиратися, і забезпечити контроль викидів з гарантованою відповідністю встановленим нормам.

Таким чином, стандарти якості палива повинні бути визначено перед встановленням екологічних стандартів, оскільки дорогі системи нейтралізації не зможуть забезпечити необхідну очистку, і легко можуть вийти з ладу. Відповідно до раніше введених європейських норм розрізняють кілька типів стандарту «Євро». Вони обмежують концентрацію у вихлопних газах автомобіля вуглеводнів, оксидів нітрогену і карбону та твердих частинок.

Екологічні норми прийняті на переважній території Європи з 1988 року. Євронорми мають на увазі екологічний стандарт, який регулює кількість шкідливих компонентів у вихлопних газах (табл. 1).

Таблиця 1 Введення стандартів «Євро» в ЄС та в Україні

Стандарт	Введений у ЄС	Введений в Україні
Євро-0	1988	-
Євро-1	1992	-
Євро-2	1995	2006
Євро-3	1999	2013
Євро-4	2005	2014
Євро-5	2009	2016
Євро-6	2015	2020

Ряд історичних даних, представлених державами-членами ЄС в Європейське агентство з навколишнього середовища, свідчить про істотне скорочення викидів основних забруднюючих речовин від транспорту, таких як оксиди сульфуру (SO<sub>x</sub>), плумбум (Pb), оксиди нітрогену (NO<sub>x</sub>), тверді частинки і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ).

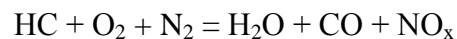
Введення стандартів євро в Україні відстає від європейських темпів, але починаючи з 2013 року введено вже 5 стандартів і розрив у строках введення з Європою суттєво скорочений (табл. 1).

## 1.2 Техногенні проблеми, що пов'язні з використанням моторного палива

Відомий факт, що з вихлопними газами в атмосферу потрапляють вуглекислий газ  $\text{CO}_2$ , чадний газ  $\text{CO}$ , оксиди азоту  $\text{NO}_x$ , вуглеводні, тверді частинки (PM). Зазначені викиди чинять негативний вплив на стан повітря і навіть на зміну клімату. При згорянні палива в двигуни утворюються продукти часткового розкладання і неповного згорання і оксиди карбону, сульфуру, нітрогену. При повному згорянні палива утворюється відповідно вуглекислий газ і водяна пара:



Побічними продуктами горіння є вуглеводні, чадний газ  $\text{CO}$ , оксиди нітрогену та сульфуру. Процесу згорання, в якому утворюються оксиди нітрогену можна зобразити таким чином [17]:



Кількість окремих компонентів продуктів неповного згорання рідких палив:

$$M_{\text{CO}_2} = \frac{C}{12} - 2 \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0;$$

$$M_{\text{CO}} = 2 \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0$$

$$M_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{H}{2} - 2K \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0$$

$$M_{\text{H}_2} = 2K \frac{1-\alpha}{1+K} 0,208L_0$$

$$M_{\text{N}_2} = 0,792\alpha L_0$$

де  $K$  - константа, яка залежить від відношення кількості гідрогену до оксиду карбону, (для бензину  $K = 0,45 \dots 0,50$ ).



$\alpha$  - коефіцієнт надлишку повітря, відношення дійсної кількості повітря  $L$ , яке бере участь в згорянні 1 кг палива, до теоретично необхідної кількості повітря  $L_0$ .

Стандарт «Євро-5», що вводиться з 2016 року, регулює вміст токсичних компонентів у вихлопних газах. Стандарт є обов'язковим для всіх нових вантажних транспортних засобів в ЄС з жовтня 2008 р, а для легкових автомобілів - з 1.09.2009. Норми щодо викидів: вуглеводні до 0,075 г/км, СО до 1,0 г/км і  $\text{NO}_x$  до 0,06 г/км (табл. 2).

На рисунку 2 відзначені вимоги, сформульовані різними класами стандарту «Євро-Х» на автомобілі з бензиновим двигуном. До введення норм «Євро-5» викид твердих частинок (сажі) не підлягали обліку.

Таблиця 2 - Стандарти Євросоюзу по токсичності вихлопних газів, г/км

клас	Бензин				Дизельне пальне		
	СО	СН	$\text{NO}_x$	Тверді частинки	СО	СН+ $\text{NO}_x$	Тверді частинки
Євро-2	2,2	0,5		-	1	0,9	0,1
Євро-3	2,3	0,2	0,15	-	0,64	0,56	0,5
Євро-4	1	0,1	0,08	-	0,5	0,3	0,025
Євро-5	1	0,075	0,06	0,005	0,5	0,25	0,005
Євро-6	1	0,075	0,06	0,005	0,5	0,17	0,005

В роботі [17] детально розглянуті аналогічні стандарти не тільки в країнах Європи, а й в США, Японії, Китаї, Індії та ін. Країнах. Сучасні вимоги до системи нейтралізації передбачають монтаж 2 датчиків кисню і використання каталітичного конвертера з 2-х компонентним каталізатором.

Вже введення стандарту Євро-4 зажадало обладнання автомобілів каталітичними нейтралізаторами, що дає можливість знизити витрату палива і зменшити шкідливі викиди до 50%. Такий ефект досягається як удосконаленням автомобіля, так і встановленням вимог до якості палива.

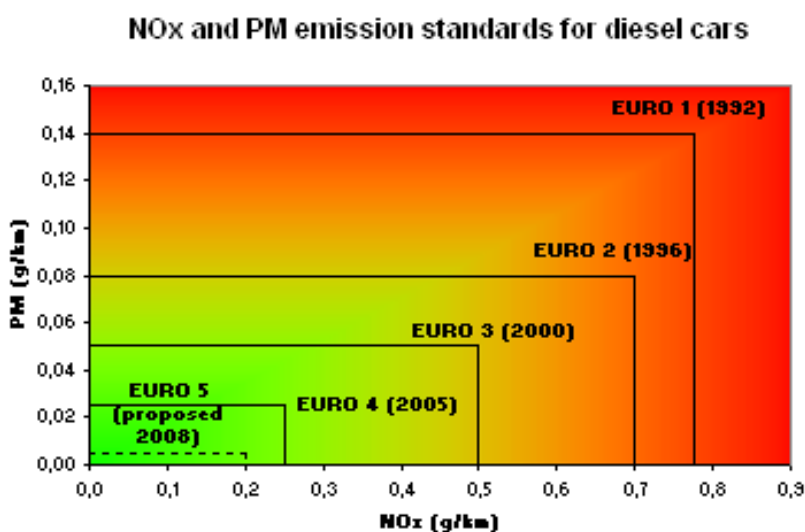
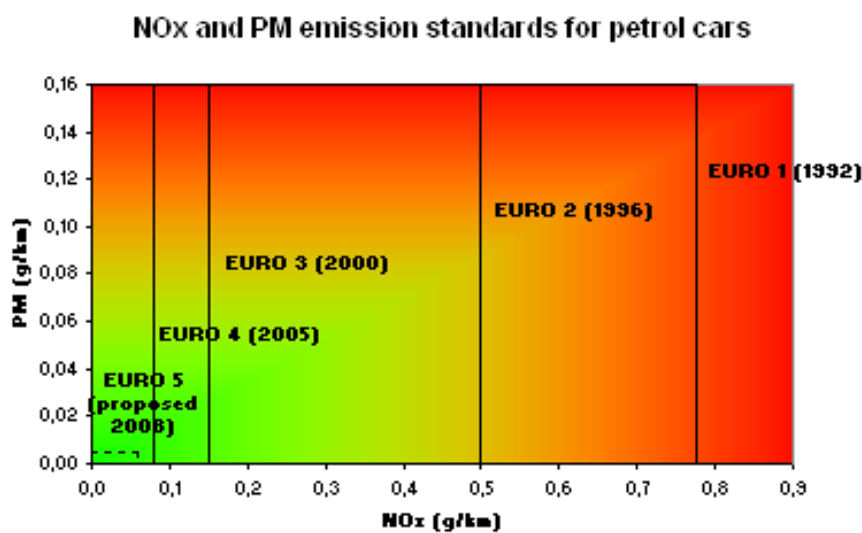


Рисунок 2 – Обмеження на викиди сажі і оксидів нітрогену, встановлених стандартами «Євро-Х»

Ряд історичних даних, представлених державами-членами ЄС в Європейське агентство з навколишнього середовища, показує істотне скорочення викидів основних забруднюючих речовин від транспорту, таких як оксиди сульфуру (SO<sub>x</sub>), свинець, оксиди нітрогену (NO<sub>x</sub>), тверді частинки (PM) і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Тільки за період 1995-2013 рр. транспортні викиди SO<sub>x</sub> знизилися на 98% (рис. 3, 4), викиди свинцю знизились на 95% (рис. 5), викиди NO<sub>x</sub> скорочено на 51% (рис. 6), викиди PM знизилися на 42% (рис. 7), а викиди ПАУ знизилися на 62% (рис. 8).

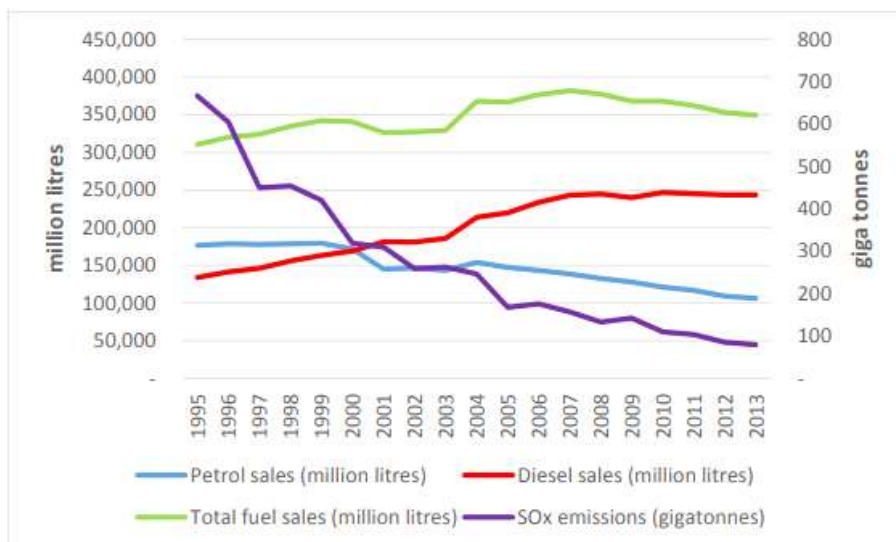


Рисунок 3 – Викиди SO<sub>x</sub> в транспортному секторі у порівнянні з продажами палива (CLRTAP, ЕЕА, 2017) [14]

Дані [17] ясно показують, що якість ДТ постійно покращується за останні десятиліття. Про це свідчить зниження максимальної концентрації сульфуру в ДТ з рівня 2000...5000 мг/кг до рівня від 10...50 мг/кг (рис. 1.8).

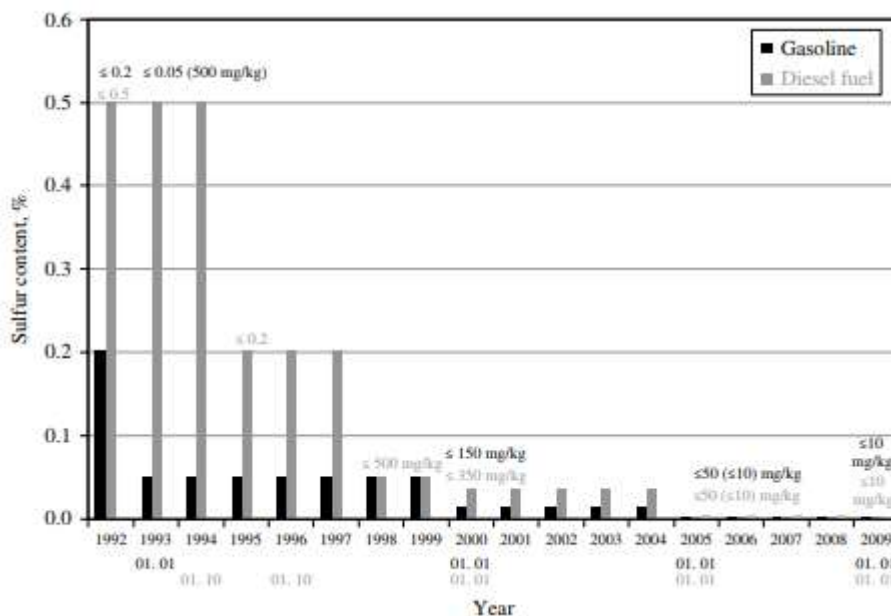


Рисунок 4 – Зміна вмісту сульфуру в газовому паливі і бензинах в ЄС [17]

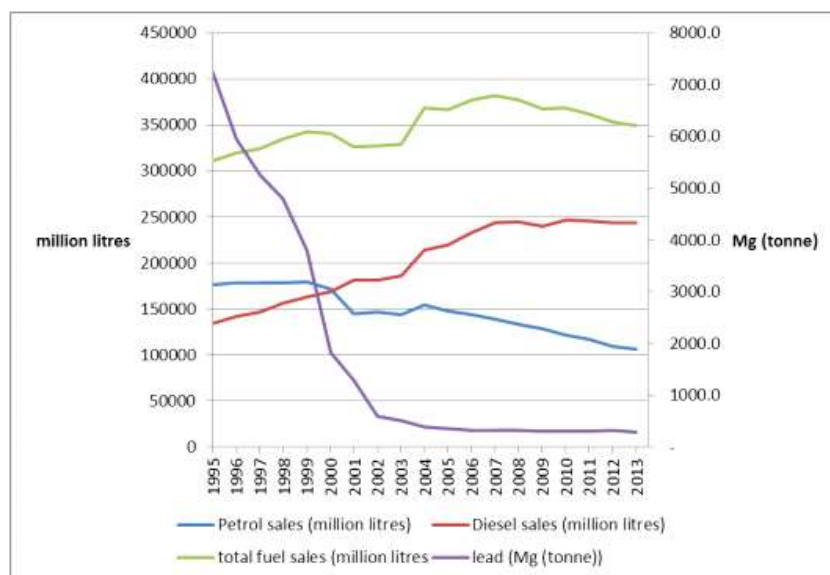


Рисунок 5 – Викиди свинцю в транспортному секторі у порівнянні з продажами палива в період 1995-2013 (CLRTAP, ЕЕА, 2017 [18])

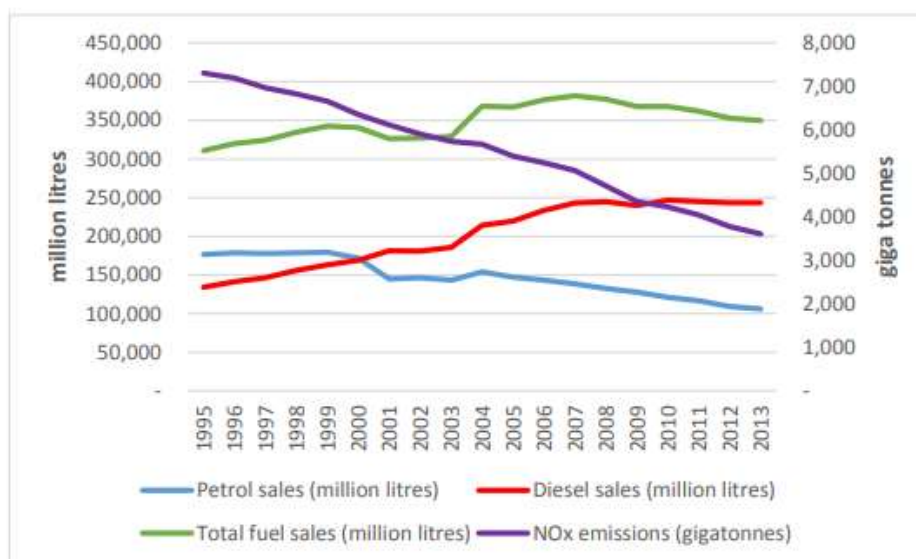


Рисунок 6 – Викиди NO<sub>x</sub> в транспортному секторі у порівнянні з продажами палива в період 1995-2013 (CLRTAP, ЕЕА, 2017 [18])

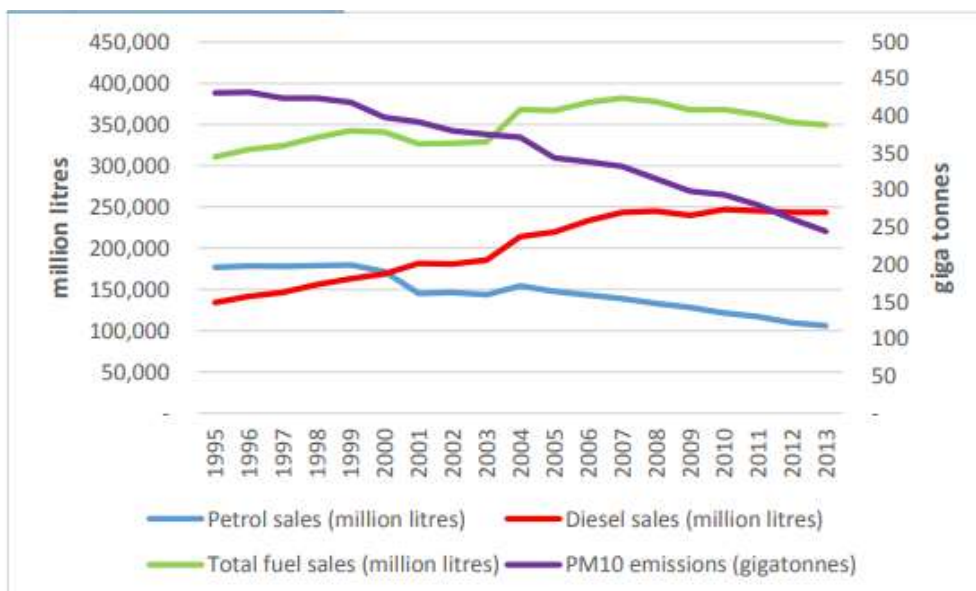


Рисунок 7 – Викиди зважених частки в транспортному секторі у порівнянні з продажами палива в період 1995-2013 (CLRTAP, ЕЕА, 2017 [18])

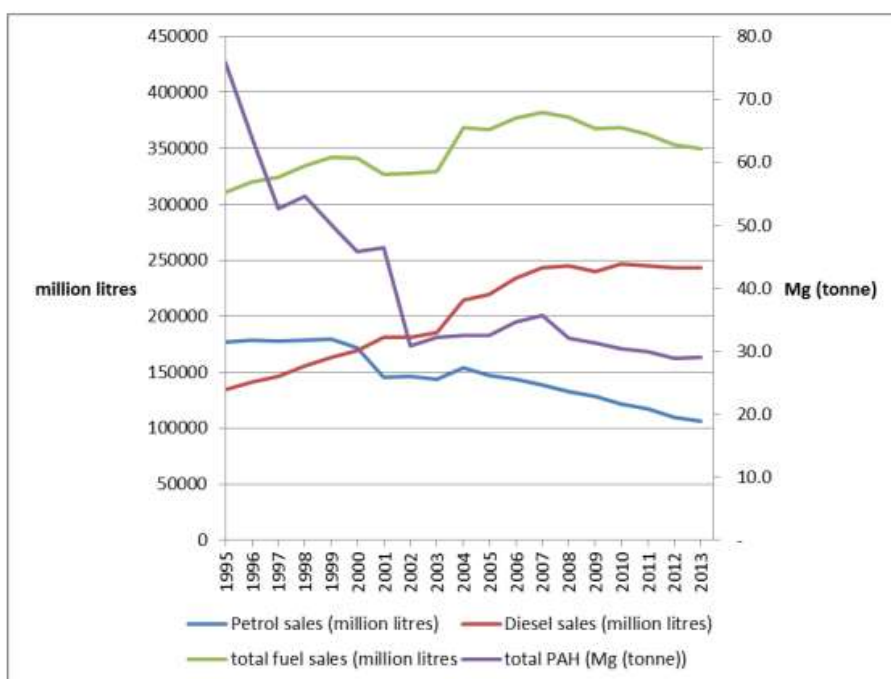


Рисунок 8 – Загальні викиди ПАВ в транспортному секторі у порівнянні з продажами палива за період 1995-2013 (CLRTAP, ЕЕА, 2017 [18])

Міжнародною радою по чистому транспорту (ICCT) [6] зібрано дані реальних викидів  $\text{NO}_x$  сучасних дизельних двигунів, які заявлені як такі, що

відповідають вимогам Євро-6. В середньому викиди були в 7 разів вище встановленої норми (рис. 9) [6].

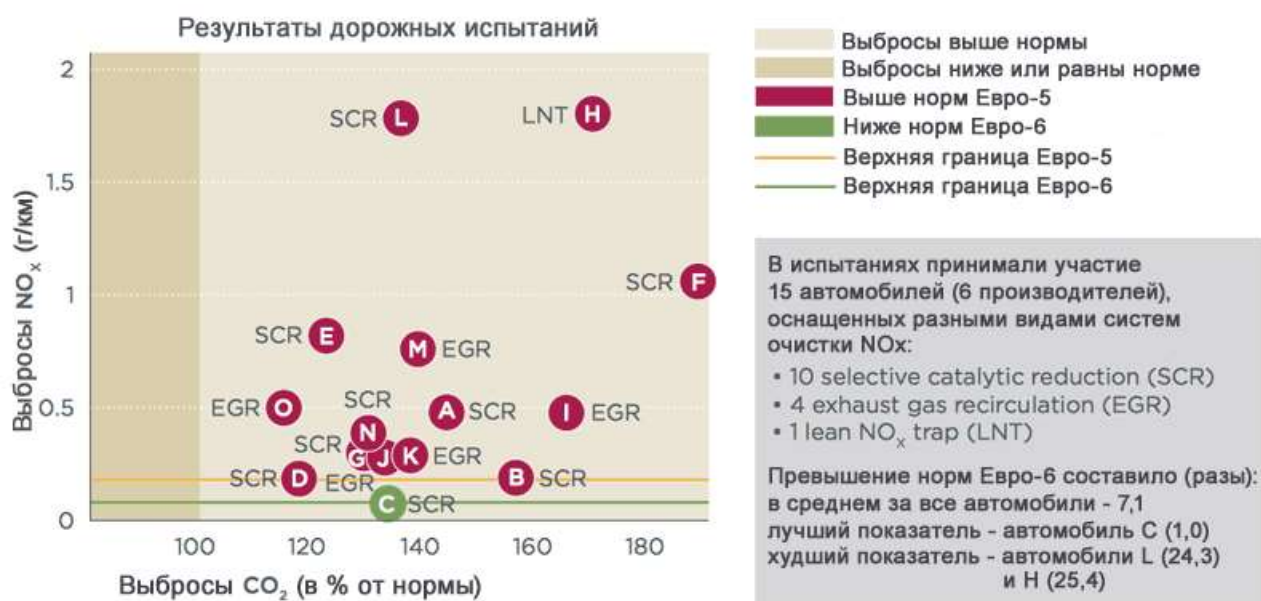


Рисунок 9 – Реальні викиди дизельних легкових автомобілів [6]

У дослідженні взяли участь автомобілі різних виробників. Протестовані транспортні засоби мають системи очищення вихлопних газів: селективного каталітичного відновлення (SCR), рециркуляції вихлопних газів (EGR) або каталітичним нейтралізатором (Lean NO<sub>x</sub> trap). Викиди сильно розрізняються, тобто ефективні технології очищення вихлопних газів не всіма автовиробниками використовуються.

### 1.3 Сучасні вимоги до якості моторного палива

Якість моторного палива визначається багатьма характеристиками, наприклад [11]: вмістом сульфуру; концентрацією ароматичних вуглеводнів; наявністю фактичних смол у бензинах, додаванням миючих присадок, що не допускають забруднення і осмолення деталей двигуна.

Автомобільні бензини в Україні випускають відповідно до ДСТУ 7687:2015 [4] та технічного регламенту (ТР) [10], дизельне пальне – відповідно ДСТУ 7688:2015 [5].

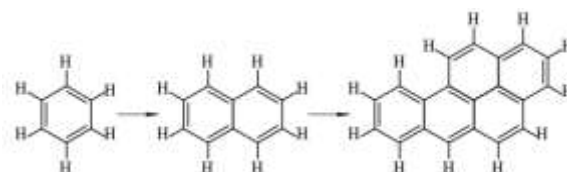
Основні експлуатаційні вимоги до дизельних палив (ДТ):

- безперебійна подача палива в систему живлення двигуна;
- забезпечення гарного сумішоутворення;
- відсутність корозії;
- мінімальне утворення відкладень;
- збереження якості при зберіганні і транспортуванні.

Найбільш важливими експлуатаційними властивостями дизельного палива є його випаровуваність, займистість і низькотемпературні властивості.

При згорянні бензол утворює канцерогени. За вимогами «Євро-2» кількість бензолу в бензині не повинна перевищувати 5%, а норми «Євро-3», «Євро-4» і «Євро-5» суворіші - максимум 1%. Окрім того, при згорянні бензолу утворюється вугільний нагар на свічках запалювання, що значно зменшує їх ресурс. Визначити вміст бензолу можна за допомогою газорідинної хроматографії (ДСТУ EN 12177:2009) або інфрачервоної (ІЧ) спектроскопії (ДСТУ EN 238:2008).

Небажана присутність бензолу у пальному пояснюється можливістю утворення при його згорянні надзвичайно токсичного компонента бенз(а)пирена:



Одним з найважливіших показників для екологічної ситуації і для справної роботи двигуна вважається вміст сульфуру. Вміст сульфуру визначають за ГОСТ 19121-73 «Нафтопродукти. Метод визначення вмісту сірки спалюванням у лампі».

Вміст сульфуру в бензині в різних країнах досліджено в роботі [12] і

представлено на рис. 10.

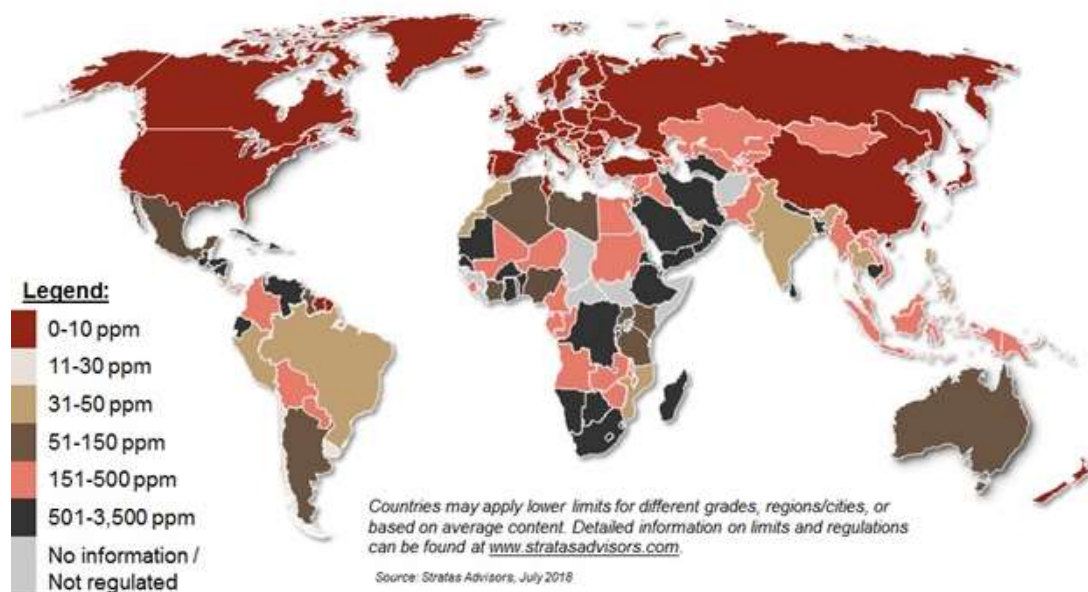
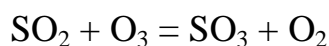
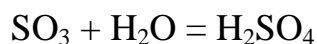
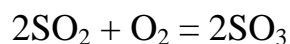


Рисунок 10 – Максимальні межі вмісту сульфуру в бензині (2018) [12]

Викиди оксидів сульфуру в атмосферу можуть спровокувати утворення кислотних дощів [17]:



Ароматичні вуглеводні, також як і бензол, сприяють утворенню нагару, при збільшенні їх концентрації зростає токсичність вихлопних газів.

Важливий вплив на показники двигуна має наявність у бензині миючих присадок [13]. На жаль, нерідко зустрічаються факти фальсифікації моторного палива. Наприклад, за даними інституту споживчих експертиз [8, 9] наведено результати перевірки деяких АЗС. Зафіксовано випадки перевищення норми вмісту бензолу, етанолу, сульфуру. При згорянні сульфур окислюється і взаємодіє з водою з утворенням сірчистої та сірчаної кислоти. За рахунок дії сірчаної кислоти ресурс деталей двигуна скорочується у декілька разів. У деяких зразках бензину октанове число (ОЧ) нижче встановленої норми.



Державний контроль за якістю моторного палива неефективний. У даній ситуації можна відзначити, що можливість проведення незалежної експертизи може дозволити забезпечити якість бензину і конкурентоспроможність АЗС.

Законопроект №9620 про внесення змін до Податкового Кодексу України, що затверджений у грудні 2018 вводить обов'язкове ліцензування діяльності з виробництва, зберігання, розливу, оптової та роздрібною торгівлі паливом з 1 липня 2019 року. Планований термін ліцензії встановлено 5 років, а список підприємств, які отримають ліцензію, буде у вільному доступі на сайті ДФС. Залишається сподіватися, що дана міра зменшить кількість фальсифікованого бензину, чому сприятиме величезний штраф за відсутність ліцензії у розмірі 250 000...1 000 000 грн.

#### **1.4 Відповідність якості вітчизняних моторних палив вимогам європейських стандартів**

Екологічні вимоги до палива встановлено Директивою Європейського Парламенту та Ради Європи N 98/70/ЄС [17], Директиви 2303/17/ЄС. Дана директива відрізняється від введених в Європі стандартів EM 228 «Бензини автомобільні» і EN 590 «Палива дизельні», які носять рекомендаційний характер, тим, що законодавчо вводить обов'язкові до виконання вимоги до моторних палив, які забезпечують склад відпрацьованих газів (Євро-2, Євро-3, Євро-4).

Контроль за якістю нафтопродуктів був регламентований «Правилами проведення сертифікації нафтопродуктів». Але Наказ державного комітету України по стандартизації, метрології та сертифікації від 16.01.97 № 19 «Про затвердження Правил обов'язкової сертифікації нафти та нафтопродуктів» втратив чинність з березня 2018 року. Причому і Декрет, затверджений КМУ від 10.05.1993 р. № 46-93 «Про стандартизацію і сертифікацію», втратив чинність з 01.01.2018.

Відповідно до ДСТУ 7687:2015 «Бензини автомобільні євро. ТУ» сертифікаційні випробування проводять у порядку, встановленому в ДСТУ 3413. Але сам ДСТУ 3413 «Система сертифікації УкрСЕПРО.

Порядок проведення сертифікації продукції» відмінено з 2018 року, тобто органами сертифікації продукція не сертифікується.

Раніше бензин підлягав сертифікації відповідно до Наказу державного комітету України з питань технічного регулювання та споживчої політики №28 від 01.02.2005 № 28 «Про затвердження Переліку продукції, що підлягає обов'язковій сертифікації в Україні», але наказ втратив чинність з березня 2018 року.

Залишається чинним ДСТУ EN 14274:2014 Паливо автомобільне. Оцінювання якості бензину і дизельного палива. Система потокового контролювання якості палива.

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України планує до 2020 року створити та впровадити адаптовану до вимог Євросоюзу систему технічного регулювання.

Частина виробництва палива з низькою якістю пов'язана з нафтопереробними заводами (НПЗ), які змушені використовувати застаріле обладнання. Серед 6 крупних НПЗ на даний момент функціонує тільки Кременчуцький. Лисичанський, Дрогобицький, Херсонський, Одеський, Надвірнянський заводи призупинили свою роботу.

Вимоги щодо вмісту сульфуру у паливі складають не більше 10 мг/кг. Об'ємна частка олефінів за європейськими нормами не повинна перевищувати 14% починаючи з класу Євро-4, що відрізняється від вимог технічного регламенту [10], що вимагає їх частку до 18% (табл. 3). Європейськими нормами встановлена обов'язковість миючих присадок у бензині, в державних документах вказано тільки про можливість використання присадок, що покращують властивості пального. Порівняння вимог до якості бензинів показує приблизно однакові норми до високооктанових бензинів в Україні і в Європейських країнах за октановим

числом, але екологічні норми до бензинів європейських країн дещо відрізняються (табл. 3).

В Україні є чинним ДСТУ 7688:2015 «Паливо дизельне євро. ТУ». Даний стандарт відповідає європейським нормам EN 590 (табл. 4).

У 2007 році ЄС схвалено застосування стандартів Євро-5 і Євро-6 для автомобілів з дизельним двигуном.

Таблиця 3 – Основні екологічні вимоги до характеристик автомобільного бензину

Характеристики автомобільного бензину	ДСТУ 7687:2015 5 (клас 5) [4]	ТР (клас 5) [10]	EN 228				
			Клас 2	Клас 3	Клас 4	Клас 5	Клас 6
Вміст сірки, не більше, мг/кг	10	10	500	150	50	10	10
Об'ємна доля бензолу, не більше, %	1	1	5	1	1	1	0,8
Об'ємна доля вуглеводнів, не більше, %:							
ароматичних	35	35	-	42	35	35	24
олефінових	18	18	-	18	14	14	11
Кисень, %	2,7	-	-	2,3	2,7	2,7	2,7
Pb, мг/дм <sup>3</sup>	5	5	5	5	5	5	5
Використання миючих присадок	-	-	-	Обов'язково			

Таблиця 4 – Вимоги до якості ДП за EN 590 і ДСТУ 7688:2015 [5]

Показники	ДСТУ 7688:2015 [5]	EN 590			
		Євро-2	Євро-3	Євро-4	Євро-5
Вміст сульфуру, мг/кг	10	500	350	50	10
Цетанове число, не менше	51 (Л); 49 (З)	45	49	51	51
Густина при 15°C, кг/м <sup>3</sup>	820-845 (Л) 800-845 (З)	820- 860	820-860	820- 845	820- 845
Кінематична в'язкість при 40°C, мм <sup>2</sup> /с	2-4,5 (Л) 1,5-4,0 (З)	2,0-4,5	2,0-4,5	2,0-4,0	2,0-4,0
Фракційний склад: 95% переганяється до, °C	360	370	370	360	360
Поліциклічні ароматичні вуглеводні, %, не більше	8	Не норм.	Не норм.	11	3
Змащувальна здатність, мкм, не більше	460	Не норм.	Не норм.	460	460
Окиснювальна стабільність, г/м <sup>3</sup> , не більше	25	Не норм.	Не норм.	25	25

Відповідно до норм Євро-5, викиди NO<sub>x</sub> повинні складати не більше 180 мг/км, а твердих частинок знижені до 5 мг/км. Стандарт Євро-6, що набрав чинності з 2014 року вимагає знизити вміст NO<sub>x</sub> до 80 мг/км.

Вимоги до автомобільних бензинів у світі і в Україні дещо відрізняються. Провідні виробники автомобілів Європи, Японії та США прийняли Всесвітню Паливну Хартію (ВПХ), у якій визначається якість оптимального сучасного бензину. Вимогою ВПХ є чистота паливної системи, що відсутнє в Україні. Хартія рекомендує широке застосування миючих присадок, в Україні це не обов'язково. Істотна відмінність між ВПХ і ТР [10] спостерігається щодо частки олефінів у паливі. У Хартії рекомендовано не більше 10%, в Україні допускається 18%.

Поліпшення якості палива – актуальне завдання на даний момент. У стандартах на паливо перераховано вимоги за рядом показників якості. Звичайно, стандарт повинен мати максимальну кількість показників, які характеризують експлуатаційні властивості палива і його якість. Але перевантажувати нормативи і лабораторії НПЗ, нафтобаз, складів величезною кількістю аналізів економічно недоцільно. Таким чином, стандарт містить вимоги щодо складу та фізико-хімічних властивостей палив і найважливіші експлуатаційні характеристики.

За останні два десятиліття в ЄС реалізовані програми із затвердженням нормативів для викидів автомобільним транспортом, наприклад, Європейська програма щодо викидів, палива і технологіям двигунів (EPFEE) і «Чисте повітря для Європи» (SAFE). Їх впровадження стало підґрунтям підготовки графіка введення нових стандартів якості палива. Дане нововведення забезпечило виключення викидів Рb в ЄС з 2002 року, а використання палива з дуже низьким вмістом сульфуру (10 ppm) відбулося з 2009 року.

На даний момент головним документом, який на законодавчому рівні встановлює вимоги до якості палива на рівні ЄС, є Директива 98/70/ЕС [17]. Вона містить вимоги до основних параметрів моторного палива. Одним з останніх доповнень до неї стало впровадження норм на застосування бензину з 10% вмістом етанолу, що стимулює країни ЄС більш інтенсивно використовувати біопаливо.

## РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ПАЛИВ

Показники якості і методи їх оцінки, які містяться в стандарті на паливо, повинні давати можливість оперативно визначити вид палива і марку. У стандарті, звичайно ж, повинні бути вказані ті властивості, які можуть змінюватися при транспортуванні і зберіганні.

Якість палив постійно контролюється, як при виробництві, так і при отриманні споживачем. Аналізи забезпечують лабораторії НПЗ, нафтозбутові організації, оптові споживачі.

Аналіз палива виконують за тими показниками, які містить стандарт на паливо. Але число параметрів, які підлягають контролю може відрізнятись. Наприклад, при оцінці зміни якості бензину в період зберігання, головним чином, оцінюють такі показники, як фракційний склад, вміст фактичних смол і кислотність. Для арбітражного аналізу визначають, як правило, тільки ті показники, за якими виникли розбіжності.

Обсяги досліджень і терміни їх виконання на різних етапах системи контролю якості палив регламентують відповідні інструкції і розпорядження. НПЗ зобов'язаний видавати паспорт якості з розгорнутими характеристиками якості.

Авторами проведено детальний аналіз відповідності вітчизняних норм якості моторного палива європейським і світовим стандартам. Спробуємо тепер оцінити наскільки відповідає прийнятим в Україні стандартам реалізована продукція.

Перевірку палива на наявність або відсутність активного середовища виконували за допомогою випробування на мідній пластині. Випробування на мідній пластинці бензинів проводили відповідно до ДСТУ EN ISO 2160:2012 «Нафтопродукти. Метод визначення корозійної дії на мідну пластинку». Поява на пластинці темних плям, потемніння вказує на вміст у паливі корозійних агентів, а саме: меркаптанової сірки, спиртів, органічних кислот та інших кисневмісних кислот, які додаються для штучного

збільшення октанового числа і потребують подальшого дослідження. Два з розглянутих зразків бензину А-95 не пройшли випробування на мідній пластині. Відзначається потемніння і збільшення маси пластини (рис. 11).

Визначення меркаптанової сірки проводили відповідно до ДСТУ ISO 3012:2018 «Нафтопродукти. Визначення тіолової (меркаптанової) сірки у легких та середніх дистильованих паливах. Потенціометричний метод».

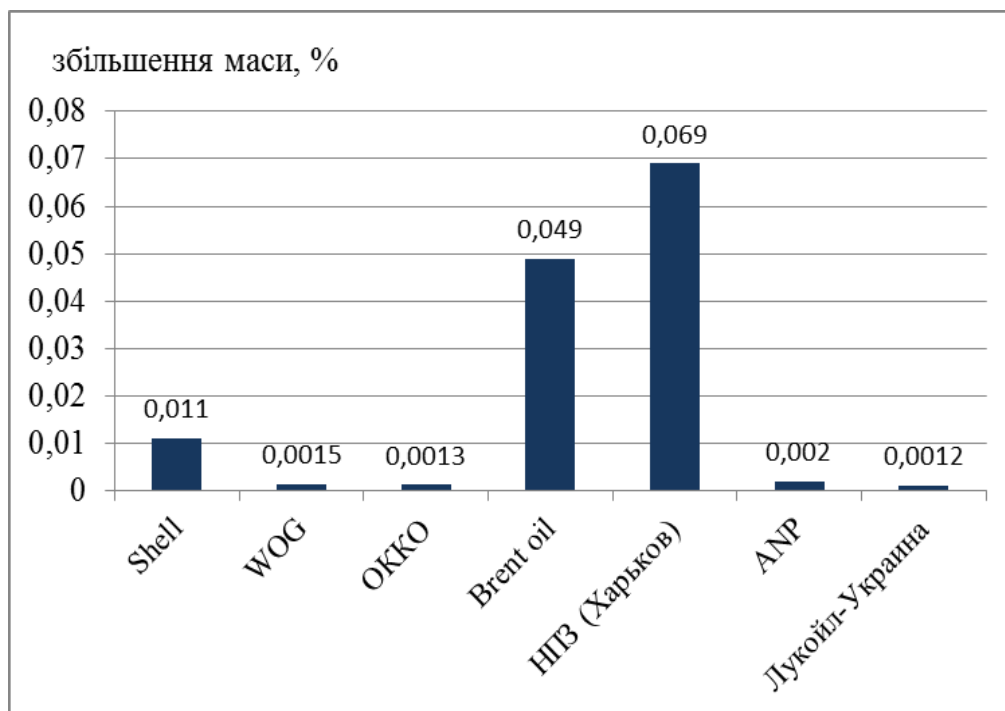


Рисунок 11– Збільшення маси мідної пластини,%

Масова частка меркаптанової сірки для різних сортів палива не повинна перевищувати: для ДП 0,01%, для бензинів 0,001%. Отримані результати представлено на рис. 12.

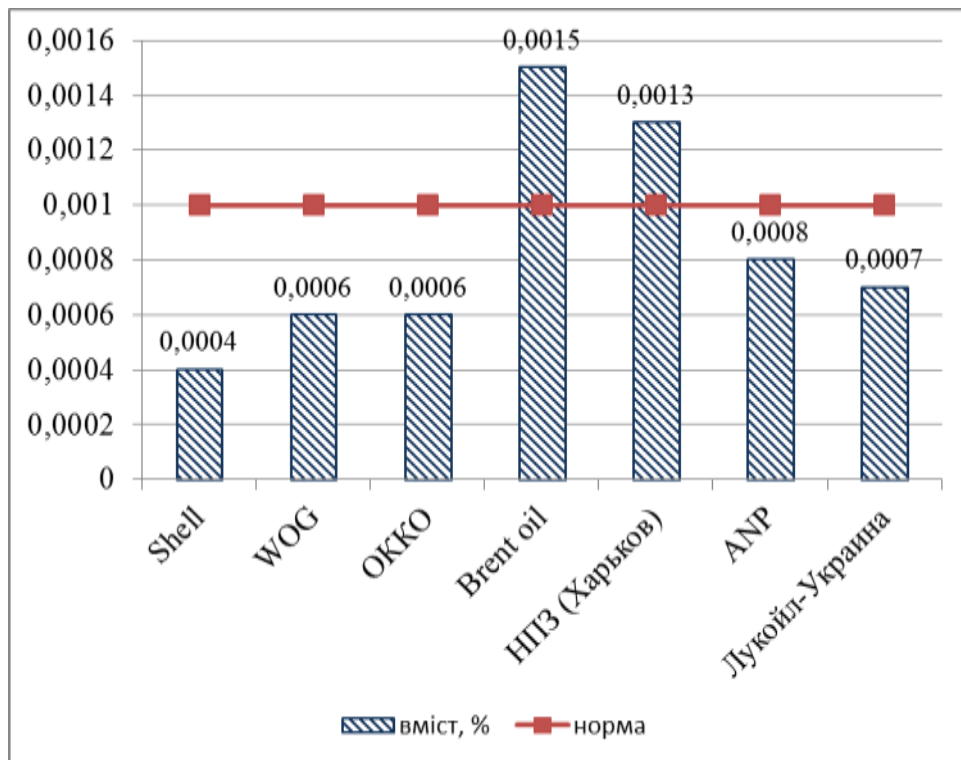


Рисунок 12 – Вміст меркаптанової сірки, %

Дослідження палива на вміст загальної сірки проводили згідно ДСТУ ISO 20847:2009 «Нафтопродукти. Визначення вмісту сірки в автомобільному пальному методом рентгено-флуоресцентної спектрометрії з дисперсією за енергіями». Результати наведено на рис. 13.

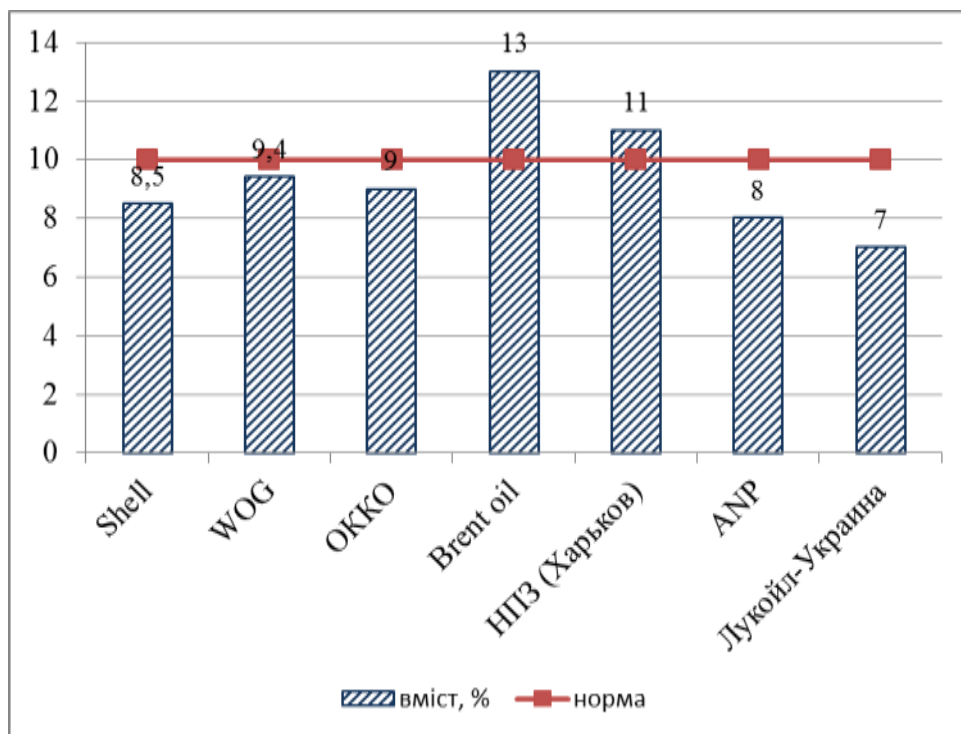


Рисунок 13 – Вміст загальної сірки, %



Визначення октанового числа проведено відповідно до ГОСТ 511-82 «Паливо для двигунів. Моторний метод визначення октанового числа». Мінімальне октанове число повинно становити 85. Всі зразки палива відповідають нормі (рис. 14).

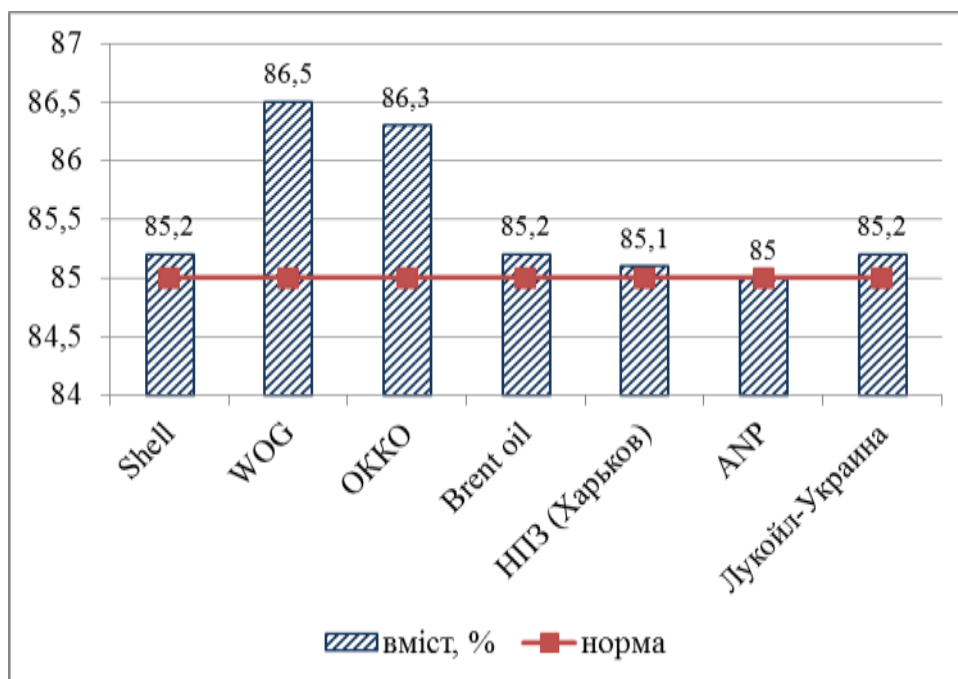


Рисунок 14 – Октанове число (моторний метод)

Визначення вмісту бензолу виконували відповідно до ДСТУ EN 12177:2009 «Нафтопродукти. Бензин неетилований. Визначення вмісту бензолу методом газової хроматографії». Суть методу полягає у тому, що фракцію, яка містить бензол, виділяли з дослідженого зразка бензину у капілярної колонці, далі у другій колонці проводили виділення і визначення бензолу полум'яно-іонізаційним детектором.

Вводили зразки палива у газовий хроматограф за допомогою спеціального пристрою. Досліджували газову хроматограму та ідентифікували бензол і внутрішній стандарт за їх часом утримування. Вміст бензолу у всіх розглянутих зразках нижче максимально допустимого значення 1%, крім одного зразка, де спостерігається перевищення норми на 10% (рис. 15, 16).

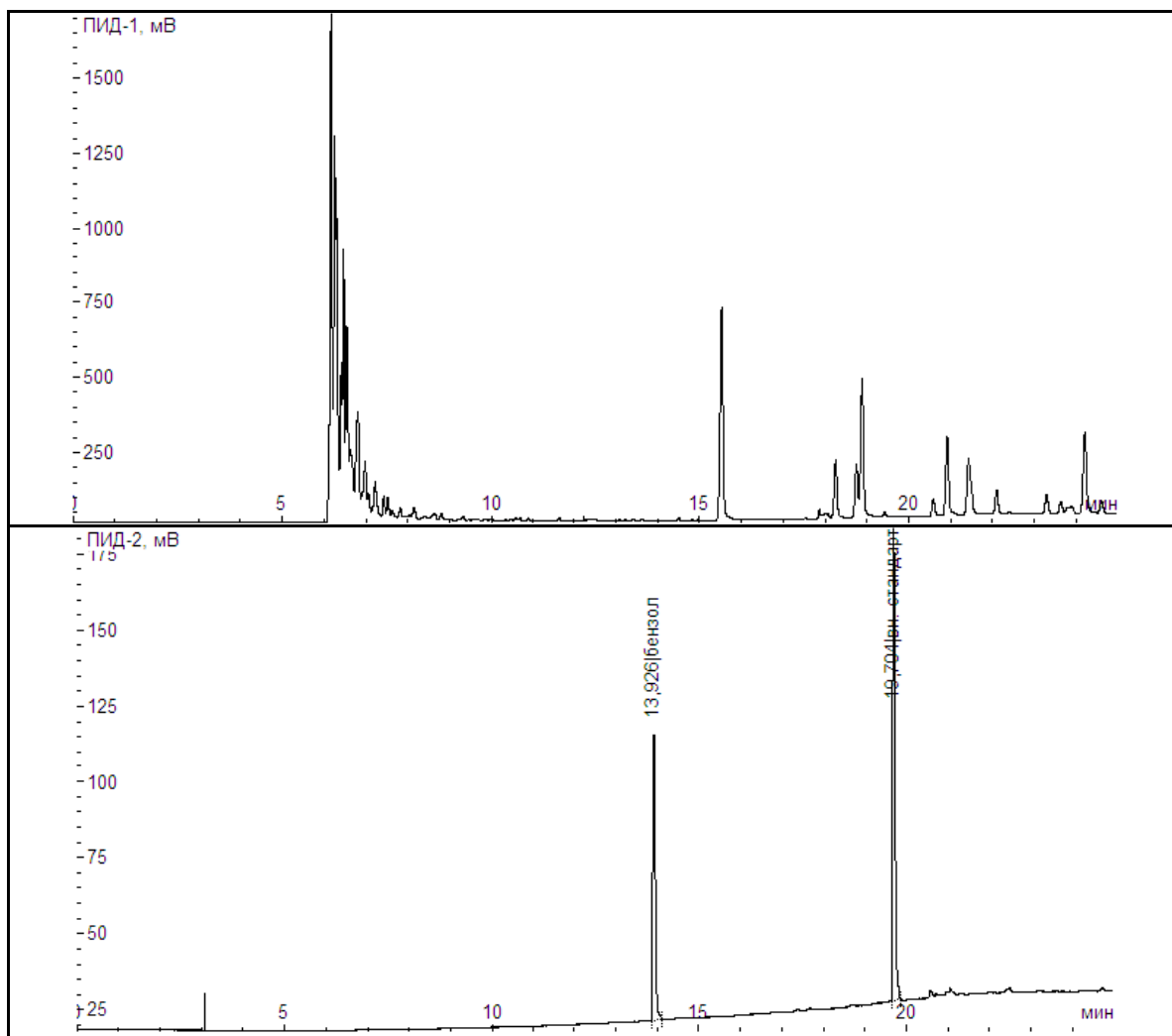


Рисунок 15 – Хроматограма зразка бензина (Shell)

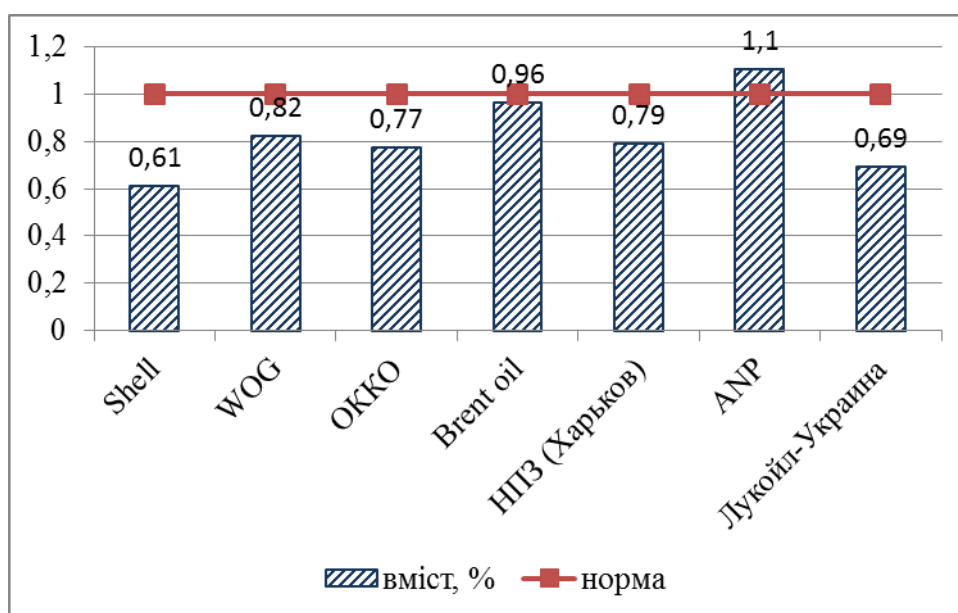


Рисунок 15 – Вміст бензолу, %

## ВИСНОВКИ

Таким чином, на основі проведених аналітичних досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Вивчення літературних даних і порівняння якості моторних палив України і міжнародних норм дозволило прийти до наступних результатів. Екологічні норми до якості палива прийняті на більшій території Європи з 1988 року. Євро норми мають на увазі екологічний стандарт, який регулює кількість шкідливих компонентів у вихлопних газах.

2. Якість моторного палива визначається рядом характеристик: вмістом сульфур у паливі, концентрацією ароматичних вуглеводнів, наявністю фактичних смол в бензинах, додаванням миючих присадок, що не допускають забруднення і осмолена деталей двигуна і ін. Один з небезпечних компонентів бензину - бензол. При його згорянні утворюються канцерогени. Крім того, при згорянні бензолу утворюється нагар на свічках, що значно зменшує їх ресурс. Одним з найважливіших показників для екологічної ситуації і для справної роботи двигуна вважається вміст сульфур у, її висока концентрація може призвести до утворення нагару, закоксування паливних форсунок і практично нейтралізує ефективність системи нейтралізації вихлопних газів, взаємодіючи з металами нейтралізатора. Зміст оксидів сірки в вихлопних газах сприяє ряду екологічних проблем, наприклад утворення кислотних дощів. Ароматичні вуглеводні, також як і бензол сприяють утворенню нагару і скорочення життя каталізатора. При збільшенні їх концентрації зростає токсичність вихлопів.

3. Проаналізовано стандарти якості бензинів в країнах ЄС, США та Україні. По термінах введення вимог «Євро» Україна відстає країн ЄС. Щодо бензину стандарту «Євро-5» обмеження в терміні поки не встановлені, дата введення стандарту «Євро-6» не визначена. Порівняння вимог до якості бензинів показує приблизно однакові норми до високооктанових бензинів в Україні і в інших країнах по октановим числах, але екологічні норми до бензинів європейських країн і США трохи вище.

4. Проаналізовано спеціальні та фізико-хімічні методи оцінки якості палива. Оскільки випробування на повно розмірному двигуні вимагають

багато часу, пов'язані з великою витратою палива, потребують економічних витрат, більш широке застосування знайшли кваліфікаційні методи оцінки якості моторного палива. Визначено показники, за якими оцінюється якість палива: масова частка сульфуру, випробування на мідній пластинці, вміст водорозчинних кислот і лугів, вміст бензолу, визначення октанового числа.

5. Оцінку якості товарного бензину на НПЗ проводять відповідні лабораторії за основними фізико-хімічними характеристиками відповідно до нормативних документів. Важливим показником якості для оцінки експлуатаційних властивостей служить октанове число, яке визначається за моторним і дослідницьким методам (MON, RON), щільність, фракційний склад, наявність свинцю, ароматичних вуглеводнів.

6. Аналіз палива - досить витратний процес, його вартість близько 2000 грн. Стандартні лабораторні методи аналізу палива дозволяють отримати результат ОЧ не менше ніж через 2...3 години.

Рішенням, яке може знизить собівартість аналізів і скоротити час аналізу до декількох хвилин, може бути широке проведення експрес-аналізу. Тестування зразків з їх допомогою здійснюється в десятки разів швидше, за робочий день можна виконати до 80...90 експрес-аналізів.

Застосування експрес-аналізаторів можливо як на НПЗ, так на АЗС при реалізації бензинів. Швидкість аналізу дає можливість здійснювати оперативний контроль і управління технологічним процесом на НПЗ. Техніко-економічний ефект від використання експрес-аналізаторів полягає:

- у поліпшенні контролю якості товарної продукції і запобіганніям відпустки не кондиції споживачеві;
- у зменшенні витрат на аналітичний контроль в лабораторії;
- в оперативному отриманні інформації про якість бензину у реальному часі і можливості використовувати інформацію в автоматизованих системах управління.

Експрес-методи засновані на застосуванні спектральних характеристик і методів аналізу, у тому числі спектральний аналіз в ІЧ області. ІЧ-спектр палива – його унікальна характеристика, за яким визначають октанове число, фракційний склад і ін.

## Перелік використаної літератури

1. Бойко О. А., Панов С. Л., Ревягин А.В. Оборот контрафактного и поддельного моторного топлива: детерминанты и меры противодействия. Научный вестник Омской академии МВД России. 2019. № 1(72). С. 22-27.
2. Ващенко В. В. Аналіз ринку нафти та нафтопродуктів в Україні. Землеустрій, кадастр і моніторинг земель. 2018. № 3. С. 86-93.
3. Використання та запаси палива (річна інформація) . Державна служба статистики України. Київ, 2019. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
4. ДСТУ 7687:2015 Бензини автомобільні євро. Технічні умови На заміну ДСТУ 4839:2007. Дата введення: 01.01.2016. Київ: УкрНДНЦ, 2015.– 20 с.
5. ДСТУ 7688:2015 Паливо дизельне євро. Технічні умови. На заміну ДСТУ 4840:2007. Дата введення: 01.01.2016. Київ: УкрНДНЦ, 2015.– 18 с.
6. Евро нормы выбросов вредных веществ для автомобилей / Avtonov: Internet-журнал для автолюбителей.– 03.11.2017.– URL: <https://avtonov.info/normy-evro>.
7. Корнеев С.В., Пашукевич С.В., Рыбальский Д.С., Бакулина В.Д., Буравкин Р.В., Мачехин Н.Ю., Ширлин И.И. Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя. Омський науковий вісник. 2017. №2 (152). С. 13-16.
8. Кривенко В. Бензин А-95 в Україні: дані інституту споживчих експертиз. КРАЇНА Auto.Ria.–03.05.2019. URL: <https://auto.ria.com>.
9. Кривенко В. На рынке много некондиционного топлива: эксперты проверили качество бензина А-92. Дані інституту споживчих експертиз. AutogEEK, 29.10.2018. URL: [expertise.in.ua](http://expertise.in.ua) .
10. Технічний регламент щодо вимог до автомобільних бензинів, дизельного, суднових та котельних палив. Постанова КМУ від 1.09.13 р. № 927 (ост. ред. 23.12.2016).– URL: <https://zakon.rada.gov.ua> (дата звернення 20.06.2019).

11. Трифонов В.Н., Болтовский С.Н., Прокопов С.П. Качество бензина. Проблемы эффективного использования научного потенциала общества: Междунар. научно-практ. конф. (12 января 2018). Новосибирск, 2018. С. 215-217.

12. 14 Countries and Territory State Move Up in Top 100 Ranking on Gasoline Sulfur Limits / Stratas Advisors.– July 30, 2018.– URL: <https://stratasadvisors.com/insights/073118-top-100-gasoline-sulfur-ranking>

13. By Jeff S. Bartlett Study Shows Top Tier Gasoline Worth the Extra Price AAA analysis reveals that gas with detergent additives can keep an engine running smoothly / CR Consumer Reports, April 03, 2019.– URL: <https://www.consumerreports.org/car-maintenance/study-shows-top-tier-gasoline-worth-extra-price/>.

14. Commission staff working document Evaluation of Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council relating to the quality of petrol and diesel fuels ('Fuel Quality Directive') {SWD(2017) 179 final.– Brussels, 31.5.2017 SWD(2017) 178 final.– 48 p.

15. Cooper John Urban Air Quality and Diesel Cars Director General Insights for meeting EU standards in our cities, Strasbourg, 6th February, 2018. Fuels Europe. Refining for our everyday life.– 21 p.– URL: [https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/2018/02/J.Cooper\\_FuelsEurope\\_EEF.pdf](https://www.fuelseurope.eu/wp-content/uploads/2018/02/J.Cooper_FuelsEurope_EEF.pdf)

16. Directive 98/70/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 1998 relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Council Directive 93/12/EEC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN>.

17. Fuels and Fuel-Additives, First Edition. S. P. Srivastava and Jenő Hancsók. © 2014 John Wiley & Sons, Inc. Published 2014 by John Wiley & Sons, Inc

18. Fuels Europe/ Refining for our everyday life. Wood Mackenzie.– URL: <https://www.fuelseurope.eu/dataroom/static-graphs>.