

**Иценко Елена Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра прикладной экологии, технологий полимеров и химических волокон, Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина.

**Плаван Виктория Петровна**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной экологии, технологии полимеров и химических волокон, Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина.

**Ковальчук Александр Васильевич**, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, кафедра физики, Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина.

**Ляшок Ирина Александровна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра прикладной экологии, технологий полимеров и химических волокон, Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина.

**Власенко Виктория Ивановна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии и конструирования швейных изделий, Киевский национальный университет технологий и дизайна, Украина.

**Ishchenko Elena**, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine.

**Plavan Viktoriia**, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine, e-mail: [plavan.vp@knutd.com.ua](mailto:plavan.vp@knutd.com.ua).

**Kovalchuk Olexandr**, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine.

**Liashok Irina**, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine.

**Vlasenko Viktoriia**, Kyiv National University of Technologies and Design, Ukraine.

УДК 539.193+541.65+661.721.42

DOI: 10.15587/2312-8372.2016.76528

**Целіщев О. Б.,  
Лорія М. Г.,  
Носач В. О.**

## ДОСЛІДЖЕННЯ КАВІТАЦІЙНОГО СПОСОБУ ПЕРЕТВОРЕННЯ МОТОРНИХ ПАЛИВ

Досліджено процес кавітаційної переробки бензину з метою покращення його якісних показників. Визначена дія перекису водню на процес кавітаційної переробки бензину. Встановлено, що в наслідок кавітаційної обробки низькооктанового бензину у присутності перекису водню в бензині утворюється метанол та толуол. Доведено, що бензин, що оброблено кавітаційним способом з перекисом водню, можна використовувати для двигунів внутрішнього згорання, що серійно випускаються.

**Ключові слова:** кавітаційна переробка бензину, октанове число, метанол, толуол, перекис водню.

### 1. Вступ

Відомо, що одним зі способів покращення якості моторних палив, які фактично являють собою суміш вуглеводнів, є додавання спеціальних присадок [1]. Найбільш розповсюдженими з них є метанол, метилтретбутиловий ефір, толуол. Створення простого та дешевого способу синтезу цих сполук з компонентів бензину, наприклад, прямогонного, з метою покращення якісних показників моторного палива є важливою та актуальною задачею [2]. Для вирішення цієї задачі запропоновано використати кавітаційний вплив на вуглеводневу суміш у присутності водного розчину перекису водню [1, 3–6].

### 2. Об'єкт дослідження і його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є процеси ізомеризації вуглеводнів та синтезу кисень вмісних органічних сполук в кавітаційному полі.

Характерною особливістю запропонованого процесу є те, що він відбувається лише в кавітаційному полі. Для створення кавітаційного поля в роботі запропоновано використати динамічну кавітацію. При проходженні бензину через кавітаційне поле реактора відбувається часткове руйнування лінійних вуглеводнів з утворенням алкільних радикалів і подальша рекомбінація цих

радикалів. За рахунок цього відбувається ізомеризація лінійних вуглеводнів. В наслідок цього октанове число бензину, що пройшов кавітаційну обробку збільшується на 2–5 одиниць.

Недоліком цього способу є те, що збільшення октанового числа на 2–5 одиниць не вирішує проблему покращення якості, наприклад, прямогонного бензину. Для збільшення ефективності кавітаційного способу в роботі запропоновано в потік бензину ввести перекис водню. Як відомо, перекис водню при динамічній кавітації розкладається на два гідроксильних радикали, які здатні взаємодіяти з молекулами алканів з утворення метанолу. Метанол — це одна з найпоширеніших присадок, що уводять в склад низькоякісного бензину з метою покращення його якісних показників.

У роботі для вивчення процесів, що відбуваються при кавітаційній обробці бензинів, використана установка, яку наведено на рис. 1.

У якості сировини був використаний прямогонний бензин. Для одержання загальної картини процесів, що відбуваються в бензині, були проведені експериментальні дослідження, мета яких була визначити вплив дії перекису водню на хід кавітаційного процесу. В якості форсунок були використані звуваючі пристрої, форма каналу в яких була близька до дозвукового сопла Лавалля. Діаметр форсунок становив 0,5, 0,7 і 1,0 мм. Моторне паливо подавалося з напірної ємності об'ємом 80 л,

а перекис водню з напірної ємності об'ємом 8 л на всас насосу високого тиску. З метою вирівнювання тисків в напірних ємностях кришки цих двох напірних ємностей з'єднані між собою трубопроводом. Для забезпечення рівномірної подачі розчину перекису водню він струминою вводиться в потік моторного палива. Продукти переробки збиралися в ємності продуктів об'ємом 100 л. Після відстоювання та розділення з водним розчином перекису водню, продукти переробки піддавалися хроматографічному аналізу.



Рис. 1. Фотографія установки для кавітаційної переробки моторних палив

Витрата моторного палива змінювалася в діапазоні від 0 до 7 л/хв. Водний розчин перекису водню, заздалегідь заданої концентрації, подавався з витратою від 0 до 0,7 л/хв. Витрата моторного палива та перекису водню контролювалася за допомогою витратомірів. Регулювалася витрата за допомогою регулюючих вентилів, що встановлено в лінії подачі моторного палива та розчину перекису водню на всас насосу високого тиску.

### 3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є експериментальне визначення дії перекису водню на процес кавітаційної переробки бензину з метою покращення його якісних показників.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі задачі:

1. Дослідити процес кавітаційної переробки бензину з метою поліпшення його якісних показників.

2. Визначити вплив перекису водню на процес кавітаційної переробки бензину.

3. Довести, що бензин, який оброблений кавітаційним способом з перекисом водню, можна використовувати для двигунів внутрішнього згорання, які випускаються серійно.

### 4. Аналіз літературних даних

Використання кавітаційного реактора [7] та розробленої установки кавітаційної переробки вуглеводнів [2] дозволить створити умови, при яких вказані речовини зможуть утворюватися безпосередньо з компонентів бен-

зину. Механізм процесу кавітаційної обробки насичених вуглеводнів в кавітаційному полі наведено в [1, 8–18].

У роботі [1] досліджувались фізико-хімічні основи фото-автокаталітичного процесу окиснення метану в метанол.

А в роботі [8] запропоновано аналіз способів активації метану в «м'яких» умовах.

Автори роботи [9] навели аналіз фізико-хімічних методів одержання гідроксильного радикала.

Аналіз вищезгаданих робіт показав, що перспективним напрямком для промислової реалізації є кавітаційний спосіб одержання метанолу. Рушійною силою цього процесу є динамічна кавітація перекису водню. Для того, щоб здійснити цей процес, слід реалізувати генератор гідроксильних радикалів у кавітаційному реакторі. Щоб розробити такий реактор, слід провести розрахунки основних його параметрів.

В якості інтегрального показника якості моторного палива було обрано октанове число, що визначалося за дослідницьким та моторним методами хроматографом «Кристал 2000» та октанометром «Shatox SX 200».

### 5. Матеріали та методи дослідження

Для дослідження впливу концентрації перекису водню на процес кавітаційної переробки бензину в якості сировини було обрано низькооктановий бензин виробництва ВАТ «Лінік». Склад вихідного бензину та аналіз його октанового числа наведено в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Масовий склад вихідного бензину, %

Група	Парафіни	Ізопарафіни	Ароматика	Нафтени	Олефіни	Оксигенати	Всього
3	0,237	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,237
4	1,285	0,512	0,000	0,000	0,315	0,000	2,112
5	15,403	12,467	0,000	0,000	0,180	5,466	33,516
6	9,515	11,647	4,345	4,645	3,434	0,000	33,586
7	2,928	4,345	0,000	1,120	1,039	0,000	9,432
8	0,945	0,553	3,849	4,261	0,000	0,000	9,608
9	0,000	0,387	0,669	0,328	0,000	0,000	1,384
10	0,000	0,000	1,308	0,000	0,000	0,000	1,308
11	0,000	1,317	0,000	0,000	0,000	0,000	1,317
Всього:	30,314	31,228	10,170	10,355	4,969	5,466	92,50

Кількість піків на хроматографі склала 47. Ідентифіковано — 42.

Таблиця 2

Аналіз октанового числа вихідного бензину

Група	Дослідницький метод	Моторний метод
Парафіни	16,096	15,651
Ізопарафіни	27,958	24,940
Ароматика	11,362	9,684
Нафтени	7,826	5,128
Олефіни	3,555	3,709
Оксигенати	6,395	6,033
Неідентифіковані	3,968	3,855
Всього:	77,159	68,991

Для встановлення залежності октанового числа бензину після кавітаційної обробки без перекису водню було поставлено серію дослідів, в яких досліджуваній бензин витратою 5 л/хв прокачувався через кавітаційну установку. Витрата розчину перекису водню складала 0 л/хв. Тиск змінювався від 0 до 30 МПа. Діаметр сопла складав 1 мм. Результати дослідження зміни октанового числа від зміни тиску перед форсункою наведені на рис. 2.

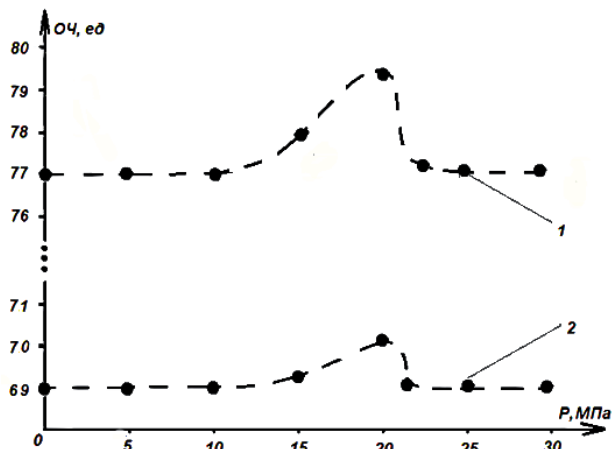


Рис. 2. Зміна октанового числа при кавітаційній обробці низькооктанового бензину без перекису водню: 1 — дослідницький метод; 2 — моторний метод

Як слід з аналізу залежностей, що наведено на рис. 2, при тиску меншому за 10 МПа ніяких змін з досліджуванім бензином не відбувається. При збільшенні тиску з 10 МПа до 20 МПа, октанове число зростає з 69 до 70,5 одиниць за моторним методом і з 77 до 79,7 одиниць за дослідницьким. Результати хроматографічного аналізу вказують на те, що після кавітаційної обробки в бензині з'явився толуол. Концентрація толуолу складала ~3 %. При цьому масова концентрація гексану зменшилася з 9,15 % до 5,92 %. Також незначно збільшилася кількість ізопарафінів з 31,22 % до 32,61 %. Відбувається це за рахунок процесу кавітації, що відбувається в бензині. В наслідок кавітаційного впливу руйнуються зв'язки С-С в алканах (переважно в гексані) і надалі відбувається утворення ізопарафінів і толуолу.

Максимальне октанове число, що вдалося досягти відповідає тиску 20 МПа. При подальшому збільшенні тиску спостерігається зворотній ефект — октанове число починає зменшуватися. При тиску вище 23 МПа ніяких змін в складі бензину вже не відбувається. Пояснюється це тим, що при таких параметрах за форсункою весь бензин переходить в паровий стан і ефекту кавітації не відбувається.

Для визначення впливу зміни концентрації перекису водню у водному розчині, що подається в кавітаційний реактор, на процес кавітаційної обробки бензину було поставлено серію дослідів, в якій витрата бензину складала 5 л/хв., а витрата водного розчину перекису водню складала 0,5 л/хв. Концентрація перекису водню у водному розчині змінювалася в діапазоні від 0 до 20 %. Тиск перед форсункою складав 20 МПа. Результати досліджень наведено на рис. 3.

Суміш бензину і розчину перекису водню, що не прореагувала, збирають у збірнику та після відстою-

вання розділяють. Бензин піддають хроматографічному аналізу.

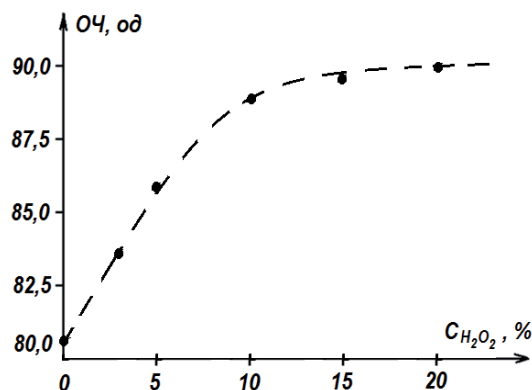


Рис. 3. Залежність октанового числа бензину (дослідницький метод) від концентрації перекису водню в водному розчині при співвідношенні бензин — розчин перекису водню 10:1

З аналізу залежності, яку наведено на рис. 3, можна зробити висновок, що додавання до бензину, що подається в кавітаційний реактор, водного розчину перекису водню з концентрацією до 10 % призводить до суттєвого збільшення октанового числа. Таким чином, вдалося підвищити цей показник до 88 одиниць. Подальше збільшення концентрації перекису водню не призводить до подальшого суттєвого збільшення октанового числа. Так при концентрації перекису водню 20 % октанове число за дослідницьким методом складало 89,9 одиниць. Аналіз масового складу бензину після кавітаційної обробки та відстоювання наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Масовий склад бензину після кавітаційної обробки з перекисом водню, %

Група	Парафіни	Ізопарафіни	Ароматика	Нафтенни	Олефіни	Оксигенати	Всього
3	0,592	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,592
4	1,787	1,198	0,000	0,000	1,058	0,000	4,043
5	12,121	9,721	0,000	0,000	0,156	3,503	25,501
6	0,000	10,817	4,144	0,318	1,954	0,000	17,233
7	2,867	6,254	5,535	1,184	1,434	0,000	17,274
8	0,971	1,613	4,069	4,772	0,000	0,000	11,425
9	0,043	1,262	1,046	0,463	0,153	0,000	2,967
10	0,220	0,265	1,609	0,219	0,000	0,000	2,313
11	0,000	1,797	0,220	0,302	0,000	0,000	2,319
12	0,000	0,109	0,105	0,035	0,000	0,000	0,259
Всього:	18,601	33,036	16,728	7,294	4,756	3,503	83,918

З хроматографічного аналізу слідує, що кількість піків на хроматограмі складала 132, з яких ідентифіковано — 110. В наслідок кавітаційної обробки масова частка парафінів (алканів) зменшилася з 33,31 % до 18,60 %. При цьому збільшилася масова частка ізопарафінів з 30,23 % до 33,04 %, а масова частка ароматичних вуглеводнів збільшилася з 10,17 % до 16,73 %.

Крім того, в досліджуваних пробах було визначено толуол у кількості 4,5 % та метанол у кількості 4,2 %, яких не було визначено у вихідному бензині.

Аналіз октанового числа бензину, що було піддано кавітаційному впливу у присутності перекису водню, наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Аналіз октанового числа вихідного бензину

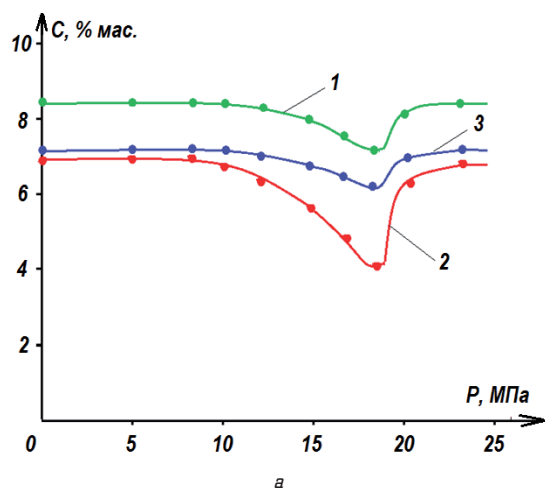
Група	Дослідницький метод	Моторний метод
Парафіни	13,491	11,092
Ізопарафіни	28,625	26,180
Ароматика	19,226	15,843
Нафтени	5,321	4,189
Олефіни	4,144	3,208
Оксигенати	4,098	3,868
Неідентифіковані	15,055	9,721
Всього:	89,961	74,101

Аналіз наведених даних дозволяє стверджувати, що в наслідок кавітаційної обробки низькооктанового бензину у присутності перекису водню в бензині утворюється метанол та толуол. Крім того, відбувається процес часткової ізомеризації алканів. Все це призводить до збільшення октанового числа бензину на 10–12 одиниць. Отже пряму конверсію алканів ряду С5–С10 (бензинів) в метанол можна розглядати як спосіб підвищення якості моторних палив. Це доказує правильність розробленого у [3] теоретичного обґрунтування процесу взаємодії алканів з гідроксильним радикалом.

Цікавим є той факт, що при кавітаційній обробці зміни відбуваються не у всіх групах складових частин бензину й більш того усередині однієї групи зміни відбуваються не у всіх гомологів.

## 6. Результати досліджень

Для визначення впливу тиску перед форсункою на зміну концентрації складових бензину з водним розчином перекису водню та без нього була поставлена серія дослідів, в якій витрата бензину складала 7 л/хв., витрата водного розчину перекису водню з концентрацією 20 % складала 0,7 л/хв. Тиск змінювався в діапазоні від 0 до 30 МПа.



Результати досліджень зміни масового складу фракцій бензину після кавітаційної обробки без перекису водню наведено на рис. 4, а – рис. 8, а, а з перекисом водню на рис. 4, б – рис. 8, б.

Зміни, що відбулися у групі парафінів (алкани) наведено на рис. 4.

Як слід з наведених результатів, найбільші зміни відбулися з гексаном. Його концентрація змінилася з 6,8 % до 4,2 % при переробці без перекису водню та з 6,8 % до 3,8 % з перекисом водню. Зміни концентрації пентану та гептану відбулися з 8,4 % до 7,8 % та з 7,3 % до 6,9 % відповідно без перекису водню та з 8,4 % до 6,8 % та з 7,3 % до 6,2 % відповідно з перекисом водню.

Максимальні зміни концентрації парафінів відбулися при тиску 19–20 МПа. При збільшенні тиску більше 21 МПа зміни в складі парафінів не спостерігалися.

З аналізу наведених експериментальних даних випливає, що використання водного розчину перекису водню збільшує ступінь перетворення алканів в 1,1–1,2 рази.

На рис. 5 наведені результати дослідження впливу зміни тиску на масову концентрацію компонентів групи нафтенів.

В групі нафтенів найбільш суттєвих змін зазнали сполуки С6 та С8. Їхня концентрація змінилася з 6,2 % до 1 % та з 13,8 % до 1,9 % відповідно без перекису водню та з 6,2 % до 0,9 % та з 13,8 % до 1,5 % відповідно з перекисом водню. Максимальна зміна концентрації спостерігалася при тиску 19–20 МПа. При тиску меншому за 9 МПа та більшому 21 МПа зміни концентрацій в групі нафтенів не спостерігалися.

На рис. 6 наведені результати дослідження впливу зміни тиску на масову концентрацію компонентів групи олефінів.

В групі олефінів найбільших змін зазнав С6. Його концентрація змінилася з 4,8 % до 2,6 % при переробці без перекису водню та з 4,8 % до 1,8 % при переробці з перекисом водню. При цьому зміна концентрацій в представниках С7 та С8 при переробці без перекису водню майже не спостерігалася. При використанні перекису водню, відбулася зміна концентрацій й в представниках С7 та С8. Їхня концентрація змінилася з 2,0 % до 1,0 % та з 1,4 % до 0,5 % відповідно. Як і в попередніх випадках максимальні зміни відбулися при тиску 19–20 МПа.

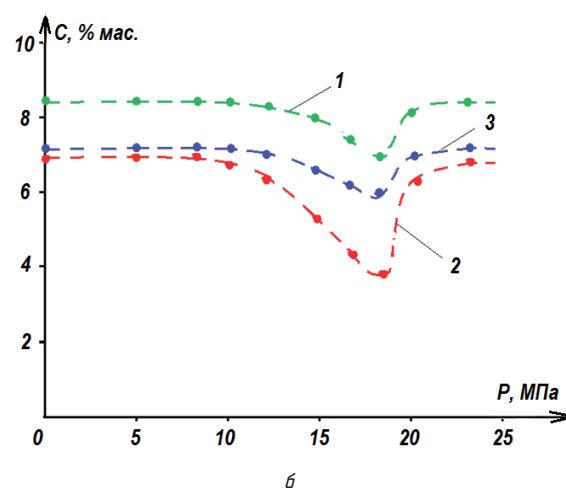


Рис. 4. Зміни, що відбуваються при кавітаційній переробці в парафинах: а — без перекису водню; б — з перекисом водню; 1 — С5; 2 — С6; 3 — С7

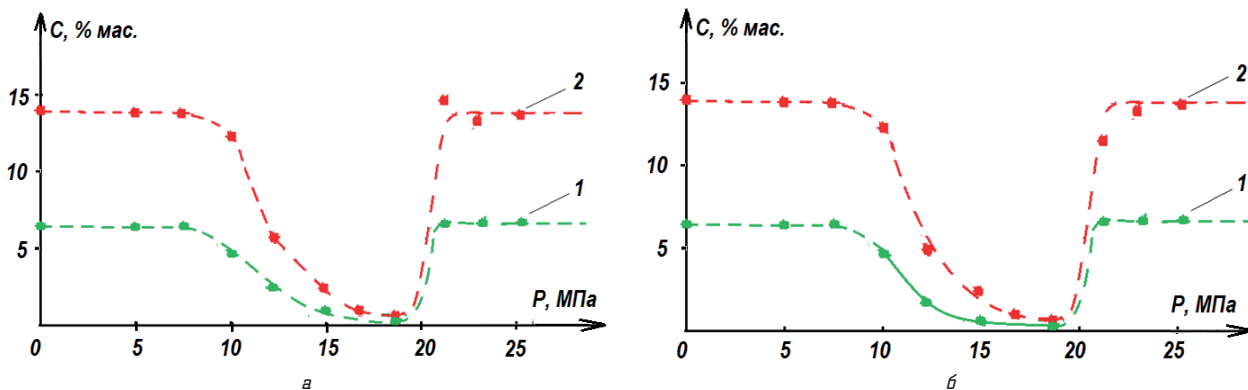


Рис. 5. Зміни, що відбуваються при кавітаційній переробці в нафтах: а — без перекису водню; б — з перекисом водню; 1 — С<sub>6</sub>; 2 — С<sub>8</sub>

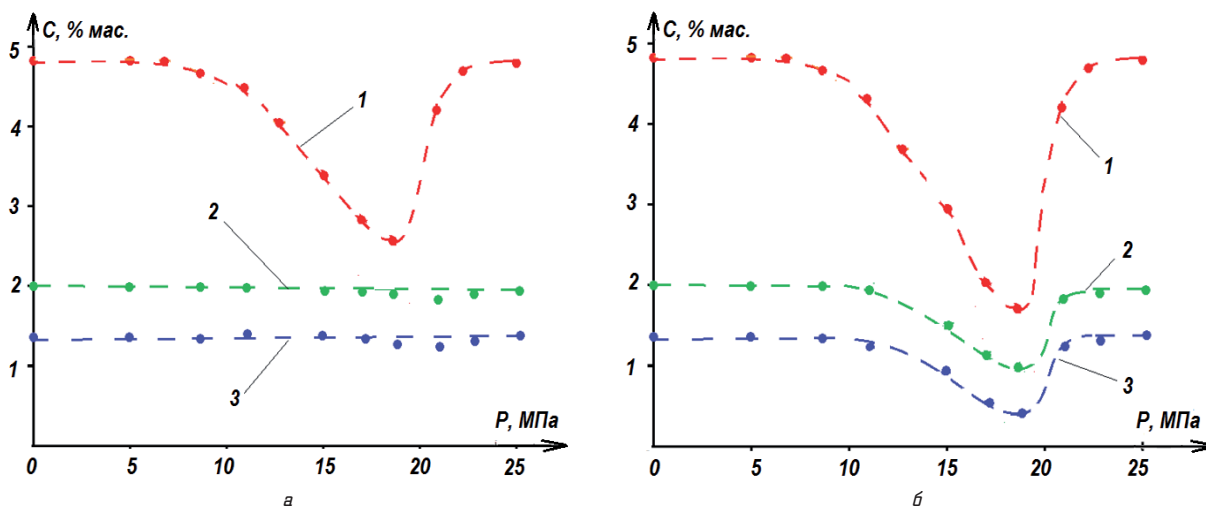


Рис. 6. Зміни, що відбуваються при кавітаційній переробці в олефінах: а — без перекису водню; б — з перекисом водню; 1 — С<sub>6</sub>; 2 — С<sub>7</sub>; 3 — С<sub>8</sub>

В наслідок кавітаційної обробки бензину і з перекисом водню й без нього відбулося незначне збільшення концентрації ізопарафінів з 29,4 % до 31,2 %.

В бензині, що пройшов кавітаційну обробку без перекису водню, було визначено толуол. Залежність концентрації толуолу, що утворився, від тиску наведена на рис. 7, а.

Як слід з наведеної залежності, максимальна концентрація, яку вдалося досягти, склала 3 % при тиску 19–20 МПа. Метанол в досліджуваних зразках не виявлено.

Таким чином, наведені результати підтверджують, що при кавітаційній обробці бензину без перекису водню відбуваються процеси ізомеризації вуглеводнів (переважно парафінів і нафтенів) та процес синтезу толуолу. Все це дозволяє збільшувати октанове число досліджуваного бензину на 3–5 одиниць. Залежність октанового числа досліджуваного бензину від тиску при кавітаційній обробці без перекису водню наведено на рис. 8, а.

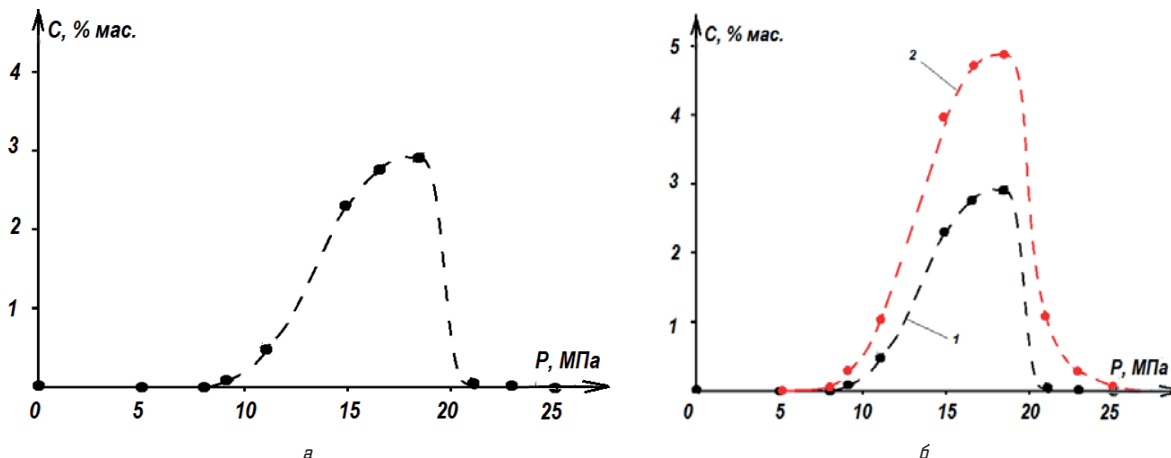


Рис. 7. Зміна концентрацій толуолу та метанолу, що утворювалися в наслідок кавітаційної обробки бензину: а — без перекису водню; б — з перекисом водню; 1 — толуол; 2 — метанол

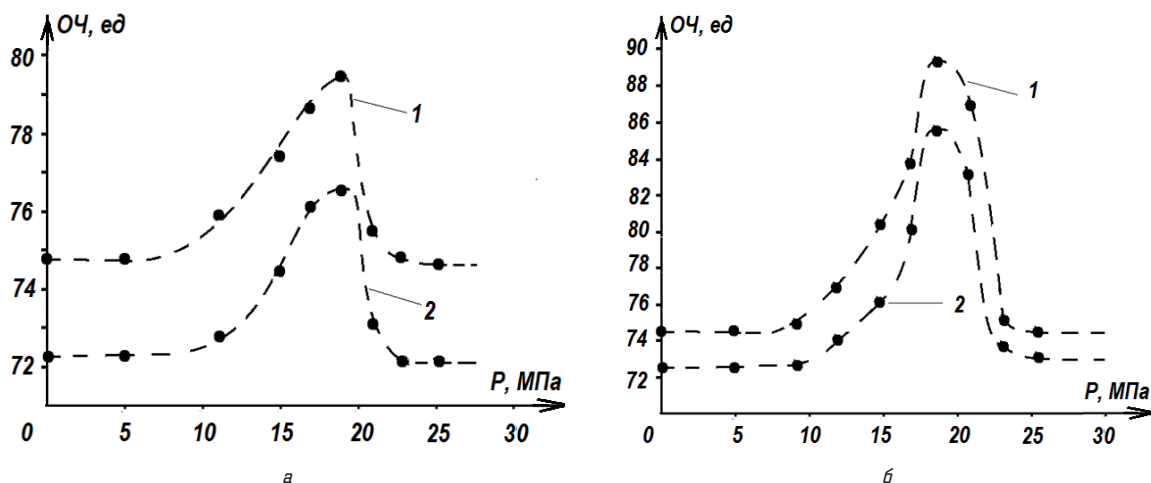


Рис. 8. Залежність октанового числа бензину після кавітаційної обробки від тиску перед форсункою за показами приладу Shatoh SX 200: а — без перекису водню; б — з перекисом водню; 1 — дослідницький метод; 2 — моторний метод

Як слід з наведених результатів, кавітаційна обробка бензину без перекису водню дозволяє збільшити октанове число за дослідницьким методом на 4,7 одиниці (з 74,9 до 79,6) та за моторним на 4,3 одиниці (з 72,2 до 76,7). Максимальне октанове число досягається при тиску 19–20 МПа.

На відміну від процесу кавітаційної обробки бензину без перекису водню, в продуктах кавітаційного процесу з перекисом водню утворюється ще й метанол. Це підтверджує правильність розробленої теорії прямої конверсії алканів в метанол. Залежність концентрацій метанолу та толуолу, що утворюється при кавітаційній переробці з перекисом водню, від тиску перед форсункою наведена на рис. 8, б. Максимальна концентрація толуолу і метанолу, що утворилися 2,9 та 4,9 % відповідно. Також слід відмітити, що максимальна концентрація толуолу та метанолу досягається при тиску перед форсункою 19–20 МПа. При тиску меншій за 9 МПа та більшим за 21 МПа метанол та толуол в продуктах кавітаційної переробки не визначені. Причиною того є відсутність умов для створення кавітації і, як наслідок, для створення відповідних радикалів.

Партія бензину, що була нароблена при проведенні експериментів по кавітаційній обробці бензину з перекисом водню, було зібрано в пластикову ємність, об'ємом 1000 літрів. Для дослідження впливу бензину, що перероблено в такий спосіб, на двигун внутрішнього згорання було обрано автомобіль Chevrolet Aveo з мотором об'ємом 1,5 літрів. Перед початком експерименту автомобіль пройшов технічне обслуговування. При цьому двигун автомобіля було розібрано та зафіксовано стан поршнів, клапанів стінок циліндрів та ін.

Після проведення технічного обслуговування автомобіль заправлявся виключно бензином, що був отриманий при кавітаційній переробці з перекисом водню. Після 10 000 км пробігу автомобіль знову пройшов технічне обслуговування. Двигун автомобіля також було розібрано та зафіксовано стан його деталей. За висновком спеціалістів після 10 000 км пробігу на деталях та робочих поверхнях двигуна не виявлено нагару, слідів корозії та зайвого зношування. Таким чином, можна стверджувати, що бензин, що оброблено кавітаційним способом з перекисом водню, можна використовувати

для двигунів внутрішнього згорання, що серійно випускаються.

## 7. SWOT-аналіз результатів досліджень

**Strengths.** Процес відбувається лише в кавітаційному полі. Для створення кавітаційного поля в роботі запропоновано використати динамічну кавітацію. При проходженні бензину через кавітаційне поле реактора відбувається часткове руйнування лінійних вуглеводнів з утворенням алкільних радикалів і подальша рекомбінація цих радикалів. За рахунок цього відбувається ізомеризація лінійних вуглеводнів. В наслідок цього октанове число бензину, що пройшов кавітаційну обробку збільшується на 2–5 одиниць.

**Weaknesses.** Слабкою стороною дослідження є те, що збільшення октанового числа на 2–5 одиниць не вирішує проблему покращення якості, наприклад, пряминого бензину.

**Opportunities.** Для збільшення ефективності кавітаційного способу в роботі запропоновано в потік бензину ввести перекис водню.

**Threats.** Після кавітаційної обробки, суміш отримана в результаті, являє собою суспензію й потребує додаткової переробки.

## 8. Висновки

У ході роботи:

1. Досліджено процес кавітаційної переробки бензину та виявлено, що утворення метанолу та толуолу, особливо з парафінів, призводить до зростання октанового числа бензину після переробки.

2. Визначено в умовах експерименту, що у результаті впливу перекису водню на процес кавітаційної переробки бензину підвищується октанове число бензину за дослідницьким методом на 14,8 одиниць з (з 74,9 до 88,7) та за моторним на 12,7 одиниці (з 72,2 до 84,9).

3. Доведено, що кавітаційну обробку бензинів з перекисом водню можна розглядати як спосіб підвищення якості моторних палив (бензину). Також слід сказати, що наявність в бензині метанолу до 5 % та толуолу до 4,5 % не суперечить ДСТУ 4839-2007, що діє в Україні, тому отриманий у результаті даної обробки бензин

може використовуватися для двигунів внутрішнього згорання, які випускаються серійно.

### Література

1. Розовский, А. Я. Теоретические основы процесса синтеза метанола [Текст] / А. Я. Розовский, Г. И. Лин. — М.: Химия, 1990. — 272 с.
2. Лебедев, Н. Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза [Текст]: учебник для вузов / Н. Н. Лебедев. — М.: Химия, 1988. — 592 с.
3. Shilov, A. E. Activation and Catalytic Reactions of Saturated Hydrocarbons in the Presence of Metal Complexes [Text] / A. E. Shilov, G. B. Shul'pin // Catalysis by Metal Complexes. — Kluwer Academic Publishers, 2002. — 536 p. doi:10.1007/0-306-46945-6
4. Fokin, A. A. Selective Alkane Transformations via Radicals and Radical Cations: Insights into the Activation Step from Experiment and Theory [Text] / A. A. Fokin, P. R. Schreiner // Chemical Reviews. — 2002. — Vol. 102, № 5. — P. 1551–1594. doi:10.1021/cr000453m
5. Арутюнов, Н. С. Окислительная конверсия метана успехи химии [Текст] / Н. С. Арутюнов, Л. В. Крылов // Успехи химии. — 2005. — Т. 74, № 12. — С. 1216–1274.
6. Zamilov, M. F. Investigation of hydrodynamic cavitation as a means of natural crude oil and synthetic biofuel upgrading [Text] / M. F. Zamilov, S. Godin // Quantum Potential Corporation. — 2012. — P. 1–21.
7. Целищев, А. Б. Физико-химические основы фото-автокаталитического процесса окисления метана в метанол [Текст] / А. Б. Целищев, О. И. Захарова, М. Г. Лория, И. И. Захаров // Вопросы химии и химической технологи. — 2009. — № 4. — С. 43–55.
8. Целищев, А. Б. Анализ способов активации метана в «мягких» условиях [Текст] / А. Б. Целищев, И. И. Захаров, М. Г. Лория, А. А. Иджагбуджи // Вопросы химии и химической технологии. — 2012. — № 2. — С. 39–44.
9. Zakharov, I. I. The new pathway for methanol synthesis: Generation of methyl radicals from alkanes [Text] / I. I. Zakharov, A. A. Ijagbuji, A. B. Tselishev, M. G. Loriya, R. N. Fedotov // Journal of Environmental Chemical Engineering. — 2015. — Vol. 3, № 1. — P. 405–412. doi:10.1016/j.jece.2014.08.008
10. Целищев, А. Б. Анализ физико-химических методов получения гидроксильного радикала [Текст] / А. Б. Целищев, М. Г. Лория, И. И. Захаров // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». — 2011. — № 65. — С. 111–124.
11. Асеев, Д. Г. Детектирование ОН радикалов в процессе гидродинамической кавитации и в сонореакторе люминисцентными методами [Текст] / Д. Г. Асеев, Р. М. Кенжин, В. О. Стояновский, А. А. Батоева, А. М. Володин // Тезисы XXIII симпозиума «Современная химическая физика», 23 сентября — 04 октября 2011 г. — Туапсе: МГУ, 2011. — С. 81–83.
12. Целищев, А. Б. Моторные топлива: кавитационный способ повышения их качества [Текст] / А. Б. Целищев, И. И. Захаров, М. Г. Лория, А. А. Иджагбуджи, П. И. Елисеев, В. А. Носач // Хімічна промисловість України. — 2014. — № 2, Т. 121. — С. 39–42.
13. Loriya, M. G. Autocatalytic Photo-Oxidation Process of C3-C4 Fraction to Methanol [Text] / M. G. Loriya, A. A. Ijagbuji, A. B. Tselishev, I. I. Zakharov // Advanced Materials Research. — 2013. — Vol. 660. — P. 51–56. doi:10.4028/www.scientific.net/amr.660.51
14. NIST Standard Reference Database Number 69 [Electronic resource] // NIST Chemistry WebBook. — Available at: \www/URL: http://webbook.nist.gov/chemistry
15. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика [Текст]. Т. 6. Гидродинамика / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — М.: Наука, 1986. — С. 503–506.
16. Абрамович, Г. Н. Прикладная газовая динамика [Текст] / Г. Н. Абрамович. — М.: Наука, 1991. — 600 с.
17. Han, L.-B. Effect of the Addition of Nitrogen Dioxide on the Gas-Phase Partial Oxidation of Methane with Oxygen under Normal Pressures [Text] / L.-B. Han, S. Tsubota, M. Haruta // Chemistry Letters. — 1995. — Vol. 24, № 10. — P. 931–932. doi:10.1246/cl.1995.931
18. Taylor, C. E. Methane conversion via photocatalytic reactions [Text] / C. E. Taylor // Catalysis Today. — 2003. — Vol. 84, № 1–2. — P. 9–15. doi:10.1016/s0920-5861(03)00295-5

### ИССЛЕДОВАНИЕ КАВИТАЦИОННОГО СПОСОБА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ МОТОРНЫХ ТОПЛИВ

Исследован процесс кавитационной переработки бензина с целью улучшения его качественных показателей. Определено воздействие перекиси водорода на процесс кавитационной переработки бензина. Установлено, что в следствие кавитационной обработки низкооктанового бензина в присутствии перекиси водорода в бензине образовывается метанол и толуол. Доказано, что бензин, который обработан кавитационным способом с перекисью водорода, можно использовать для двигателей внутреннего сгорания, которые выпускаются серийно.

**Ключевые слова:** кавитационная переработка бензина, октановое число, метанол, толуол, перекись водорода.

*Целищев Олексій Борисович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра комп'ютерно-інтегрованих систем керування, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Северодонецьк, Україна.*

*Лорія Марина Геннадіївна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра електричних апаратів, Східноукраїнський національний університету ім. В. Даля, Северодонецьк, Україна, e-mail: atp01@ukr.net.*

*Носач Володимир Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, науковий консультант, ВАТ «Оргхім», Северодонецьк, Україна.*

*Целищев Алексей Борисович, кандидат технических наук, доцент, кафедра компьютерно-интегрированных систем управления, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Северодонецк, Украина.*

*Лория Марина Геннадиевна, кандидат технических наук, доцент, кафедра электрических аппаратов, Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля, Северодонецк, Украина.*

*Носач Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент, научный консультант, ОАО «Оргхим», Северодонецк, Украина.*

*Tselishev Alex, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine.*

*Loriya Maryna, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Severodonetsk, Ukraine, e-mail: atp01@ukr.net.*

*Nosach Vanadiy, JSC «Orhhim», Severodonetsk, Ukraine*