

## РЕСТРУКТУРИЗАЦІЯ ВУГЛЕВОДНЕВИХ СПОЛУК КАВІТАЦІЙНИМИ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ ПОТОКАМИ

*А.П. Кічизін, докт. техн. наук, О.М. Терентьєв, канд. техн. наук,  
В.М. Вигівський, асп. (НТУУ "КПІ", ІЕЕ)*

*Представлены результаты влияния кавитационных ультразвуковых энергетических потоков на моторные топлива с целью повышения их октанового числа. Предложена аналитическая зависимость интенсивности излучения от параметров системы внешний источник—среда.*

Один із способів підвищення октанового числа вуглеводневих сполук полягає в їх обробці кавітаційними ультразвуковими потоками. Стояча ультразвукова хвиля породжує появу в рідині кавітаційних бульбашок з їх максимальною концентрацією в пучностях коливань. Гази, розчинені в рідині, утворюють бульбашки за рахунок її розрідження при інтенсивності ультразвукової хвилі (2–20) Вт/см<sup>2</sup> [1]. В стоячій звуковій хвилі, напрямленій вертикально, бульбашки утворюються в пучностях тиску. Під впливом звукового тиску вони переміщуються в пучності швидкості, де коливаються. При цьому бульбашки зливаються і піднімаються на поверхню. Кожна бульбашка пульсує, збільшуючись або зменшуючись в об'ємі відповідно до коливань тиску в звуковій хвилі.

Зменшення енергетичної перенасиченості процесу обробки вуглеводневих сполук та збільшення коефіцієнта корисної дії досягається обробкою цих сполук енергетичними потоками з частотами коливань, наближеними до їх власної частоти. При цьому інтенсивність випромінювання енергії кавітаційними ультразвуковими потоками визначається за формулою

$$I(\omega) = 0,5\rho_0 c_0 A_0^2 \omega_0^2 \left( \frac{0,087 P_0^{5/3}}{\sqrt{\rho_0 d^3 (P_0 d + 4\sigma) - \omega_0}} \right)^2 R \rho_0^{2/3} + 0,087 P_0^{5/3}$$

де  $\rho_0$  – густина оброблюваного середовища, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  і  $A$  – швидкість і амплітуда коливань звуку в оброблюваному середовищі, м/с і м;  $\omega_0$  – власна частота коливань середовища, Гц;  $\omega = \sqrt{12\chi(P_0 d + 4\sigma)/\rho d^3}$  – резонансна частота коливань кавітаційних бульбашок, Гц;  $\chi$  – відношення теплоємності газу в бульбашці до теплоємності середовища;  $P_0$  – гідростатичний тиск в оброблюваному середовищі, Па;  $d$  – діаметр бульбашки, м;  $\sigma$  – поверхневий натяг на межі газу та оброблюваного середовища, Н/м;  $R$  – радіус бульбашки при розриві, м;  $P$  – тиск, що зумовлює розрив кавітаційної бульбашки, Па.

Кавітаційні пустоти у фазі від'ємного тиску виникають в оброблюваному середовищі внаслідок броунівського руху. Флуктуації внутрішньої структури рідини в зонах простору з молекулами відповідно низької та високої енергії створюють додаткове розривне напруження звукової хвилі. При цьому енергія досягає значень, необхідних для розриву міжмолекулярних зв'язків оброблюваного середовища.

Експериментальна перевірка залежності інтенсивності випромінювання кавітаційних ультразвукових потоків енергії від властивостей оброблюваного середовища проведена на вуглеводневих сполуках. Для обробки кавітаційними ультразвуковими потоками вибрано дві речовини, що містять вуглеводневі сполуки – декан і бензин. Сполуки розділили на дві частини, одна з яких оброблялась, а друга була контрольним зразком. Оброблені зразки, позначені індексом II, порівнювали з контрольними зразками під індексом I. Час обробки – 10 хв.

При обробці декану спостерігалось активне виділення і схлопування бульбашок. У перші 1–2 хвилини обробки декан II помітно покаламутнішав. Потім каламутність зникла і відновилась початкова прозорість. Після обробки запах став слабшим.

Далі кавітаційними ультразвуковими потоками обробляли бензин II. Після 1–2 хвилин обробки в колбі утворився надлишковий тиск, який призвів до викиду корка, що закривав колбу. Подальша обробка відбувалася в активному кавітаційному режимі. При цьому спостерігалось поширення запаху в навколишньому середовищі. Помутніння та інші візуальні зміни в бензині II не спостерігались.

Спектриметричний аналіз декану II і бензину II проводився в лабораторії НДІ "МАСМА" (м. Київ) з допомогою приладу інфрачервоного випромінювання УР-20. Для перевірки працездатності і точності приладу в робочій ванні встановили еталонний зразок полістиролу і отримали його спектрограму (рис. 1).

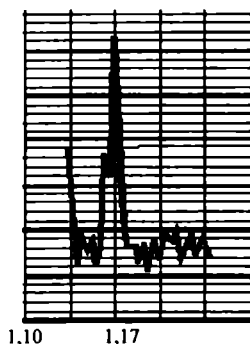


Рис. 1. Спектрограма еталонного зразка полістиролу

Візуальне порівняння спектра еталонного зразка полістиролу із зазначеним у паспорті дозволило зробити висновок, що прилад працездатний. Спектрограми приладу УР-20 по осі ординат фіксують величини, обернені довжині хвилі в сантиметрах і помножені на 1000. Вісь абсцис показує вміст хімічного елемента в сполуці. За амплітудою, тривалістю і площею імпульсу на спектрограмі можна якісно і кількісно оцінити досліджувані зразки. У приладі встановлено два джерела інфрачервоного випромінювання, які дозволяють використовувати для аналізу два незалежні канали і порівнювати їх.

Для оцінки коректності експерименту дві ванни було заповнено шаром сполуки декану I товщиною 100 мкм. Практично пряма лінія на спектрограмі (рис. 2), одержаній при проведенні спектрометричного аналізу, свідчить про рівноцінність складу сполуки у ваннах і правильність роботи приладу. Імпульс на спектрограмі між позначками (1,90–3,40)·1000 відповідає перемиканню робочих діапазонів приладу УР-20.

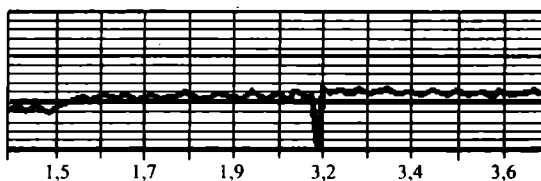


Рис. 2. Спектрограма зразків декану I

Одну з ванн заповнили сполукою декану II, другу – контрольною сполукою декану I. Товщина шару сполук у ваннах – 100 мкм. Одержана спектрограма (рис. 3) свідчить про зміни, що сталися у декані II в результаті обробки кавітаційними ультразвуковими енергетичними потоками. На спектрограмі декану II спостерігалось відхилення пера самописця між позначками (1,40–1,50)·1000, в той час як на контрольній спектрограмі декану I таке відхилення не реєструвалося.

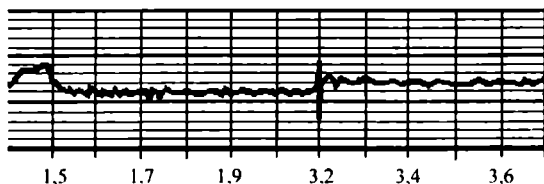


Рис. 3. Спектрограма зразка декану II

Дві ванни заповнили необробленою сполукою бензину I. Осцилограма з практично прямою лінією (рис. 4) свідчить про ідентичність хімічного складу і якості бензинів у ваннах. Одну з ванн заповнили обробленим бензином II, другу – контрольним бензином I. Товщина шару сполук в обох ваннах –

100 мкм. Спектрограма цих сполук (рис. 5) зафіксувала між позначками (1,40–1,55)-1000 збільшення амплітуди сигналу приблизно в 15 разів, тривалості – в 3 рази і площі імпульсу – в 40 разів. Крім того, між позначками (1,80–1,90)-1000 спостерігався повторний імпульс, амплітуда якого в 10 разів, тривалість – у 4 рази і площа – у 20 разів більша відповідних значень на контрольній спектрограмі бензину I. Слід відзначити збільшення амплітуди “шуму” по всій спектрограмі. Спектрограма (див. рис. 5) підтверджує збільшення октанового числа бензинів при дії на них кавітаційних ультразвукових енергетичних потоків. Це зумовлюється рекомбінацією довгих ланцюжків СН шляхом їх розгалуження, утворення сполучень  $\text{CH}_3$  і зменшення числа сполучень  $\text{CH}_2$ . Поява другого імпульсу між позначками (1,80–1,90)-1000 спектрограми (див. рис. 5) свідчить про збільшення в досліджуваному бензині II сполучень кисню, що сприяє підвищенню октанового числа.

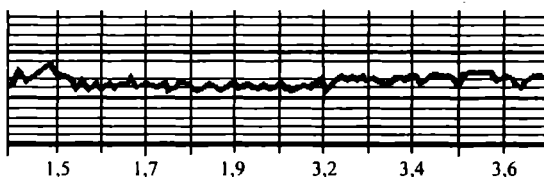


Рис. 4. Спектрограма зразків бензину I

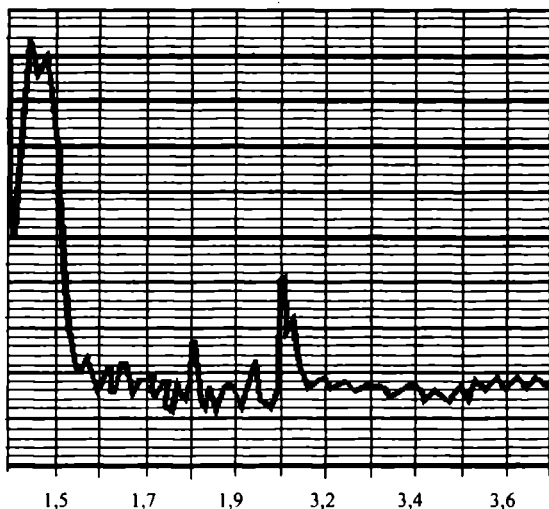


Рис. 5. Спектрограма зразка бензину II

## Висновки

1. Обробка вуглеводневих сполук, зокрема бензинів ультразвуковими енергетичними потоками змінює їх якісний склад. Підвищення октанового числа бензину забезпечується за рахунок рекомбінації ланцюжків СН шляхом збільшення числа сполучень СН<sub>3</sub> та їх подовження з одночасним зменшенням числа сполучень СН<sub>2</sub> і зменшенням довжини їх ланцюжків.

2. Підвищенню октанового числа бензину II після його обробки ультразвуковими кавітаційними енергетичними потоками сприяє збільшення в досліджуваній сполуці кисневих сполучень. Про це свідчить поява додаткового імпульсу між позначками (1,80–1,90)·1000, амплітуда якого в 10 разів, тривалість – у 4 рази, площа – у 20 разів перевищують відповідні значення імпульсу на контрольній спектрограмі бензину I. Зареєстровано також загальне збільшення амплітуди "шуму" по всій спектрограмі.

3. У спектрограмі бензину II між позначками (1,40–1,55)·1000 відзначено збільшення амплітуди в 15 разів, тривалості – в 3 рази і площі імпульсу – в 40 разів порівняно з контрольною спектрограмою бензину I.

1. Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике / Пер. с нем. под ред. В.С. Григорьева, Л.Д. Розенберга. – 2-е изд. – М.: Иностранная лит-ра, 1957. – 726 с.