

УДК 662.75:621.593.3

С.В. Іванов, д.х.н., проф.
В.В. Єфіменко, к.т.н., доц.
О.В. Єфіменко, асп.

ТЕРМООКИСНЮВАЛЬНА СТАБІЛЬНІСТЬ РЕАКТИВНИХ ПАЛИВ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУЛЕРЕНУ ЯК ПРИСАДКИ

Національний авіаційний університет
E-mail: efimenko.sasha@mail.ru

Розглято метод визначення окиснення нафтопродуктів. Досліджено вплив додавання фулерену як антиокиснювальної присадки. Розраховано кількість осаду в паливі.

Ключові слова: концентрація осаду, реактивне паливо, термоокиснювальна стабільність, фулерен.

Постановка проблеми

Сучасні палива є сумішшю компонентів, отриманих у результаті прямої перегонки нафти і різних термічних процесів поглибленої її переробки. Вони мають низьку хімічну і термоокиснювальну стабільність та характеризуються підвищеною схильністю до окиснення, смоло- і осадотворення. Стабілізація таких палив традиційними інгібіторами недостатньо ефективна. Для ефективної роботи палив потрібно розроблення і впровадження присадок нового покоління.

Аналіз досліджень та публікацій

З удосконаленням авіаційної техніки відбувається підвищення теплового навантаження двигунів і їх паливних систем, використання палива як робочого тіла для охолодження масла, радіолокаційної та іншої апаратури [1]. Актуальним є питання контролю термоокиснювальної стабільності палив, під якою розуміють стійкість вуглеводнів до окиснення киснем повітря та мінімальну схильність до утворення осаду.

Окисненню піддаються вуглеводні всіх класів, але з різною швидкістю та напрямом реакцій, а отже, і складом продуктів окиснення, що має велике значення для експлуатаційних властивостей палив.

Особливою відмінністю експлуатаційних властивостей палив є їх безпосередній зв'язок з надійністю авіаційної техніки. Правильна і швидка перевірка якості авіаційного палива за показником термоокиснювальної стабільності сприяє не лише забезпеченню надійної експлуатації двигунів і літаків, але і подальшому створенню нових ефективніших зразків палив, розробленню перспективних технологічних процесів їх виробництва [2].

Останнім часом відбувся прогрес в отриманні та дослідженні нанооб'єктів, виникли нові наноматеріали, нанотехнології та нанопристрої, були синтезовані нанокластери ряду металів, фулери і вуглецеві нанотрубки. Зроблений крок вперед у методах спостереження та вивчення властивостей нанокластерів та наноструктур зумовлений розвитком фізико-хімічних методів дослідження та техніки.

Один із напрямів сучасної хімії, що найдинамічніше розвивається, пов'язаний із відкриттям і дослідженням фулеренів – нової алотропної форми вуглецю. На сьогодні їхньому вивченню приділяють багато уваги. Відкриття нової алотропної модифікації вуглецю сприяло розвитку науки, техніки, нафтохімії.

Застосування наноматеріалів у нафтохімії є особливо перспективним напрямом. Так, фулери для нафтопродуктів використовують як різноманітні присадки та добавки, що поліпшують фізико-хімічні властивості палив.

Велика увага до фулеренів зумовлена їхніми унікальними хімічними властивостями [3].

Молекули побудовані з п'яти- і шестикутних фрагментів. П'ятикутники, яких немає у шаровій структурі графіту, забезпечують замкнутість каркасів фулеренів.

Найменш стабільним і найбільш доступним фулереном є фулерен C_{60} . Молекула C_{60} відноситься до ікосаедричної групи і являє собою багатогранник, який має 12 п'ятикутних і 20 шестикутних граней, що своєю структурою та формою нагадує футбольний м'яч (рис. 1).

Фулери відрізняються високою хімічною інертністю відносно процесу мономолекулярного розпаду [4]. Так, молекула C_{60} зберігає свою термічну стабільність до 1700 К.

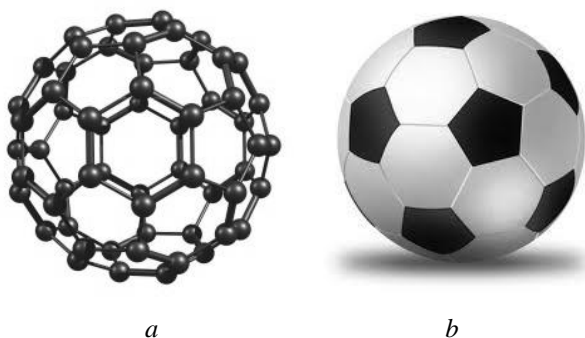


Рис. 1. Молекула фулерену C_{60} (а)
і футбольний м'яч (б)

Проте за наявності кисню окиснення цієї форми вуглецю до CO і CO_2 спостерігається вже при істотно нижчих температурах (близько 500 К).

Процес приводить до утворення аморфної структури, в якій на одну молекулу C_{60} припадає 12 атомів кисню. При цьому молекула фулерену майже повністю втрачає свою форму.

У разі подальшого підвищення температури до 700 К відбувається інтенсивне утворення CO і CO_2 та остаточне руйнування впорядкованих структур фулеренів.

Нагрів палив за наявності кисню зменшує термоокиснювальну стабільність і призводить до виникнення твердої фази у вигляді осаду і смол, які, відкладаючись на деталях паливної системи, змінюють її характеристики і викликають [5]:

- забруднення паливних фільтрів та форсунок;
- заїдання золотникового регулятора;
- зниження ефективності теплообмінних пристроїв.

Мета роботи – дослідження модифікованих присадок – фулеренів – для поліпшення окиснювальної стабільності палив.

Дослідження впливу фулеренів на властивості палива

Для оцінки впливу фулерену C_{60} на антиокисні властивості палива проводили випробування згідно з ГОСТ 11802 [6].

Метод дослідження впливу фулеренів на властивості палива полягає в окисненні зразка палива в присутності міді як каталізатора з використанням приладу ТСРТ-2 при 150 °С протягом 4 год з наступною кількісною оцінкою утвореного осаду.

Прилад ТСРТ-2 – це металевий електротермостат, в якому розміщені чотири герметично закриті сталеві бомби з нержавіючої сталі (рис. 2).



Рис. 2. Прилад ТСРТ-2

Для контролю герметичності на кожній бомбі встановлений манометр. Постійну температуру в приладі (150 °С) підтримують з точністю ± 2 °С і контролюють термометром. Місткість однієї бомби становить 225–250 cm^3 , співвідношення об'ємів палива і повітря в бомбі – від 1:3 до 1:4 (на 50 cm^3 палива від 175 до 200 cm^3 повітря).

Для проведення досліду прилад ТРСТ-2 включають в електромережу, нагрівають до 150 °С, а потім поміщають туди підготовлені бомби з паливом [7]. Через 1 год температура палива досягає 150 °С. Після 4 год від початку випробування бомби виймають з приладу і охолоджують до кімнатної температури. Потім бомби відкривають і паливо фільтрують.

Осад переносять на фільтр зі стаканів, паличок, мідних пластин, промиваючи їх розчинником. Після цього фільтри поміщають в стаканчики, які застосовувалися для сушіння і зважування фільтрів, та висушують фільтри до сталої маси.

Масову концентрацію осаду C_{oc} , 1 мг на 100 cm^3 розраховують за формулою

$$C_{oc} = 2(m_2 - m_1),$$

де m_1 , m_2 – маса стаканчика для зважування з чистим фільтром та осадом на фільтрі, мг.

У процесі дослідження спостерігали за зміною концентрації осаду залежно від концентрації фулерену, який додавали як присадку, для поліпшення антиокисних властивостей палива. Для дослідження було вибрано реактивне паливо РТ (див. таблицю).

Результати випробувань реактивного палива РТ на приладі ТСРТ-2

Склад	Концентрація	
	фулерену, г/л	осаду, мг/100 см ³
РТ	–	6
РТ + C ₆₀	0,011	5,2
РТ + C ₆₀	0,018	4,5
РТ + C ₆₀	0,025	3,8
РТ + C ₆₀	0,036	3,3
РТ + C ₆₀	0,043	3,1

Результати досліджень показують, що додавання навіть незначної кількості фулерену як антиокиснювальної присадки зменшує кількість осаду в паливі (рис. 3).

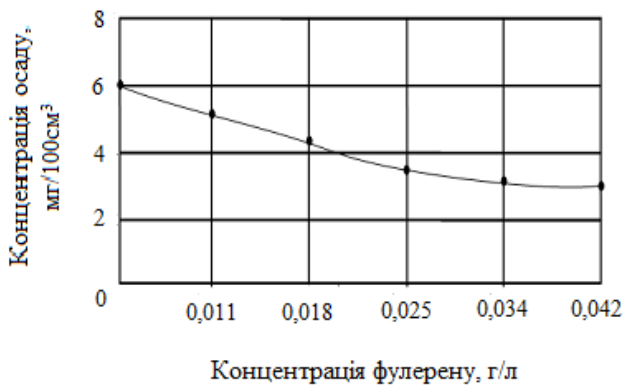


Рис. 3. Зміна концентрації осаду палива РТ залежно від концентрації фулерену C₆₀

При додаванні 0,018 г/л модифікованого фулерену в реактивне паливо концентрація осаду зменшується з 6 до 4 мг/см³. Подальше зростання концентрації фулерену не вносить значний внесок у зміну термоокиснювальної стабільності нафтопродуктів.

Висновки

Використання фулеренів як антиокиснювальної присадки значно поліпшує фізико-хімічні властивості палив і є перспективним напрямом проведення наукових досліджень.

Література

1. Сидоров Л.Н. Химия фуллеренов / Л.Н. Сидоров // СОЖ. – 2000. – № 5. – С. 21–25.
2. Данилов А.М. Применение присадок в топливах / А.М. Данилов. – М.: Мир, 2005. – 288 с.
3. Иванов С.В. Перспективи використання фулеренів як присадок до нафтопродуктів / С.В. Иванов, О.В. Єфіменко, Є.В. Полункін // III Міжнародна науково-практична конференція «Проблеми хімотології». – К.: НАУ, 2010. – С. 139–142.
4. Трофимов В.И. Фуллерены – основа материалов будущего / В.И. Трофимов, Д.В. Щур, Б.П. Тарасов. – К.: Изд. АДЕФ – Украина, 2001. – С. 128–132.
5. Матвеева О.Л. Хіміко-термодинамічна характеристика окиснення вуглеводневих палив / О.Л. Матвеева, О.С. Тітова, Л.М. Курок // Вісник НАУ. – 2004. – С. 175–182.
6. ГОСТ 11802. Топливо для реактивных двигателей. Метод определения термоокислительной стабильности в статических условиях. – Введ. 01.01.1990. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 6 с.
7. Иванов С.В. Вплив фулеренів на експлуатаційні властивості паливно-мастильних матеріалів / С.В. Иванов, В.В. Єфіменко, О.В. Єфіменко // Міжнародна науково-технічна конференція «АВІА-2011». – К.: НАУ, 2011. –Т. 4. – С. 26.1–26.5.

Стаття надійшла до редакції 12.03.2012.