

ХІММОТОЛОГІЯ

УДК 662.75:621.593.3

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

ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕРМООКИСНЮВАЛЬНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ РЕАКТИВНИХ ПАЛИВ

Розглянуто способи визначення окиснення реактивних палив. Запропоновано методику прискореного визначення їх термоокиснювальної стабільності.

The methods of determination of oksisnennya of reactive fuels. Considered and the method of speed-up determination is offered them termookisnyval'noy stabilities.

реактивне паливо, термоокиснювальна стабільність

Вступ

Надійність експлуатації паливної апаратури і агрегатів літальних апаратів тісно пов'язана з якістю палива, що використовується для реактивних двигунів.

З появою надзвукової авіації, а також із збільшенням теплового навантаження на агрегати паливної системи та палива виникла необхідність приділяти особливу увагу термоокиснювальній стабільності реактивних палив, яка визначається їх стійкістю до окиснення в заданому експлуатаційному температурному діапазоні.

Вимоги до стабільності визначаються умовами застосування і, в першу чергу, максимальною температурою розігріву палива в елементах паливної системи, в тому числі і в баках.

Аналіз досліджень та публікацій

Відомо, що якість палива від моменту виготовлення до його застосування на літальному апараті змінюється залежно від умов і термінів зберігання, а також змішування палив різних сортів і виробників, показники якості яких можуть відрізнятися [1].

Продукти окиснення вуглеводнів палива ТС-1, гідроочищеного палива РТ добре розчиняються у вуглеводневій суміші, не порушуючи її гомогенність. Але при тривалому зберіганні таких палив за умов контакту з киснем повітря інтенсивність його поглинання зростає, причому більшою мірою, ніж за аналогічних умов для палив з неуглеводневими органічними домішками. Це зумовлює пришвидшення перебігу процесу до полімеризації продуктів окиснення, результатом чого є утворення нерозчинних смол [2].

Методи визначення термоокиснювальної стабільності на установці ДТС-1 поділяють на статичні (ГОСТ 11802) та динамічні (ГОСТ 17751). Визначення термоокиснювальної стабільності у статичних умовах полягає в окисненні досліджуваного зразка палива за наявності міді як катализатора в приладі типу ТСРТ-2 при температурі 150 °С протягом 4 год з подальшою кількісною оцінкою осаду, що утворився [3].

Для цього використовують вдосконалений прилад ТСРТ-2. Він являє собою металевий термостат, в якому розміщені чотири бомби, виготовлені із нержавіючої сталі, що герметично закриваються (рис.1).

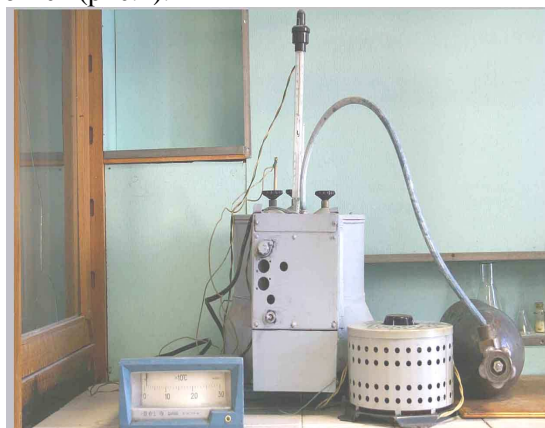


Рис. 1. Прилад для визначення термоокиснювальної стабільності палив

Для контролю герметичності в кожній бомбі встановлений манометр, кран, пробовідбірник та трубка-барботер. Це додаткове обладнання необхідне для продування інертними газами стаканів з паливом, які розміщують в бомбах.

Після продування бомб азотом або гелієм хроматографічним методом визначається вміст кисню в надпаливному просторі.

Для цього голкою дозатора проколюють гумову мембрану пробовідбірника, відбирають 1 см^3 газової проби і аналізують її на хроматографі.

Прилад ТСРТ-2 нагрівають до $150 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ і в гнізда розміщують бомби. Через 1 год тиск в бомбах становить 0,08-0,15 МПа для палив ТС-1 та РТ, і не менше 0,02 МПа для палива Т-6.

Після 4 годин випробування бомби витягують з термостата і охолоджують до кімнатної температури. Після охолодження бомби відкривають і паливо фільтрують. Осад переносять на фільтр із стаканів, паличок, мідних пластин, промиваючи їх розчинником. Після цього фільтри поміщають в стаканчики, що застосовувалися для зважування та висушування фільтрів до сталої маси.

Масову частку нерозчинних смол $C_{\text{см}}$ (1 мг на 100 см^3 палива) розраховують за формулою

$$C_{\text{см}} = 2C,$$

де

C – масова концентрація фактичних смол, визначена в спирто-толуольній суміші (1 мг на 50 см^3 палива).

Основними недоліками цих методів є довготривалість і складність проведення аналізу.

За динамічним методом термоокиснювальну стабільність (ГОСТ 17751) визначають на установці ДТС-1М. Випробовуване паливо (40 л) однократно прокачують через трубчастий підігрівач і контрольний фільтр з підігрівачем. Тривалість випробування становить до 5 год.

Термоокиснювальну стабільність оцінюють за величиною перепаду тиску на фільтрі та кольором відкладень на оцінній трубці.

Загальними недоліками статичного і динамічного методів є використання досить складного обладнання, тривалість випробувань і складність підготовки установки до випробувань. Крім того, ці методи потребують для аналізу досить великої кількості палива (10 л). Тому основним напрямом розробки нових методів є зменшення об'єму проби і спрощення методики.

Відомий також метод визначення термоокиснювальної стабільності, який ґрунтується на визначенні залежності діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат у реактивному паливі від температури, при якій окиснюється паливо [3]. На підставі цих даних розраховують питому потужність розсіювання електричного поля, яка і є критерієм оцінки термоокиснювальної стабільності. Перевагою цього методу є відносна простота реалізації і відсутність трудомістких операцій.

Проте відсутність значного масиву результатів дослідження палив за цим методом не дозволяє зробити висновок про реальну достовірність та адекватність вибраного критерію оцінки термоокиснювальної стабільності.

Запропонований також метод оцінки схильності палив до окиснення за зміною концентрації кисню в газовій і рідкій фазах. Зміна концентрації кисню визначається хроматографічним методом.

Отримані дані дозволяють визначати схильність реактивного палива до взаємодії з киснем повітря і, як наслідок, оцінювати його термоокиснювальну стабільність [4]. Цей метод є досить трудомістким, довготривалим, тому його застосовують дуже рідко.

Найбільш наближеним до реальних умов можна вважати метод з використанням реальних авіаційних плунжерних паливних насосів високого тиску [3]. На все випробування, що включає 25 етапів, витрачається 1500 л палива. Тривалість випробування одного зразка палива становить 6 місяців. Тому застосування такої методики доцільно лише для спеціальних зразків палива.

Постановка завдання

Вирішальну роль в процесі смолоутворення відіграє розчинений кисень, а також кисень, що знаходиться в надпаливному просторі.

Мета роботи – розробка експрес-методу та вдосконалення методики визначення термоокиснювальної стабільності оброблених нейтральними газами реактивних палив.

Вирішення завдання

Для дослідження окиснювальної і термоокиснювальної стабільності реактивних палив запропоновано методику та установку проточного типу, в якій пароповітряна суміш окиснюється в динамічних умовах при температурах передполум'яного окиснення. Було встановлено, що закономірності, які спостерігалися при окисненні палив у рідкій фазі, зберігаються і при їх окисненні в газовій фазі незалежно від технологій одержання і джерел нафтової сировини. У результаті проведених комплексних досліджень за оцінкою окиснення реактивних палив та їх компонентів на установці проточного типу розроблено новий метод прискореного визначення (протягом декількох хвилин) їх термоокиснювальної стабільності.

Незалежно від умов окиснення (фазовий стан, температурний режим, наявність каталізатора) реакція перебігає за ланцюговим механізмом, а визначальним чинником подальшого перебігу реакції окиснення і глибини перетворення продуктів реакції є хімічний склад палива, компоненти якого мають різну реакційну здатність.

Отже, використовуючи відмінності у реакційній здатності, зокрема, шляхом визначення теплового ефекту реакції окиснення, можна диференціювати палива різного типу, складу і походження за їх здатністю до окиснення і прогнозувати їх термоокиснювальну стабільність в умовах використання.

З метою перевірки адекватності такого підходу, була створена установка проточного типу, в якій окиснення палив відбувалось у динамічних умовах при періодичному вприскуванні проби зразка палива в безперервний потік повітря.

Тепловий ефект реакції оцінювався побічно шляхом вимірювання температури в реакційній камері. Установка, складається з вузла введення проби – інжектора 1, джерела повітря – компресора 4, системи регулювання подачі повітря 6, реактора 7, термопари (хромель-копель) 8, камери випаровування 12, загорненої у скловолокну для зменшення тепловтрат (рис. 2).

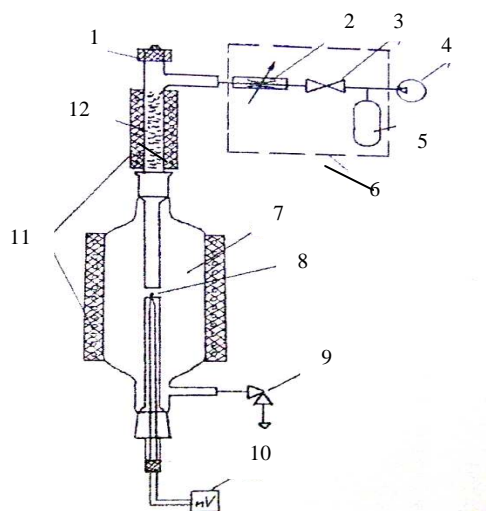


Рис. 2. Схема установки для визначення окиснення реактивних палив:

- 1 – інжектор;
- 2,3 – вентиль тонкого регулювання;
- 4 – компресор;
- 5 – ресивер;
- 6 – система регулювання подачі повітря;
- 7 – реактор;
- 8 – термопара;
- 9 – триходовий кран;
- 10 – мілівольтметр;
- 11 – електроспираль;
- 12 – камера випаровування

Камера випаровування і реактор виготовлені з термостійкого скла і обігріваються ніхромовою спіраллю, намотаною на їх зовнішню поверхню.

Перед випробуванням на цій установці паливо попередньо обробляється нейтральним газом.

Результати визначення кількості осаду в статичних умовах стандартним методом і розраховані на підставі даних, отриманих на установці проточного типу (див. таблицю).

Порівняння результатів значень термоокиснювальної стабільності

Сорт палива	Осад		Абсолютне відхилення
	ГОСТ 9144	ΔU	
PT	1.8	1.6	- 0.2
TC-1	7.4	7.3	- 0.1
JetA-1	11.1	11.3	+ 0.2

Проведено кореляційний аналіз експериментальних даних, який засвідчив високий ступінь взаємозв'язку між окисненням реактивних палив в динамічних умовах на обладнанні проточного типу і осадоутворенням, що визначається за стандартною методикою.

Висновки

Запропоновані установка та методика дозволяють протягом декількох хвилин визначати термоокиснювальну стабільність реактивних палив.

Література

1. Данилов А.М. Введение в химмотологию / А.М. Данилов. – М.: Техника, 2003. – 464 с.
2. Матвеева О.Л. Хіміко-термодинамічна характеристика окиснення вуглеводневих палив / О.Л. Матвеева, О.С. Тітова, Л.М. Курок // Вісник НАУ. – 2004. – С. 175–182.
3. Орешников А.В. Совершенствование методов оценки качества топлив / А.В. Орешников, В.Т. Бугай, О.А. Бурмистров // Химия и технология топлив и масел. – 2002. – №6. – С. 33–37.
4. Єфименко В.В. Термоокиснювальна стабільність палив, що випускаються вітчизняними нафтопереробними заводами / В.В. Єфименко, С.В. Іванов // Матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф. „Авіа-2004”. – К.: НАУ, 2004. – Т. 4. – С. 41.106–41.108.

Стаття надійшла до редакції 14.01.09.