

УДК 532.538; 539.21; 621.38

РОЗРОБКА ПОРТАТИВНОГО ПРИСТРОЮ ТА МЕТОДИКИ ДЛЯ АНАЛІЗУ БЕНЗАНЛЬНОГО ПАЛИВА

К. ф.-м. н. О. Л. Кукла¹, А. В. Мамикін¹, А. С. Майстренко¹
к. х. н. Є. В. Полункін², Л. І. Старжинська²

¹Інститут фізики напівпровідників ім. В. Є. Лашкарьова НАН України,

²Інститут біоорганічної хімії і нафтохімії НАН України

Україна, м. Київ

kukla@isp.kiev.ua

Розроблено портативний вимірювальний пристрій та методику експресного контролю складу трьохкомпонентних паливних сумішей типу «бензин–спирт–вода» на основі спектрального імпедансного дослідження бензанольної суміші в смузї частот 500 Гц – 10 кГц. Встановлено кореляційну залежність величин діелектричної проникності і питомого опору паливної суміші від вмісту в ній етилового спирту та води. На базі цієї залежності сформовано калібрувальну діаграму для кількісної оцінки бензинової та водно-спиртової компонент в аналізованому бензанольному паливі в актуальному діапазоні концентрацій.

Ключові слова: імпедансна спектроскопія, бензоспиртове паливо, водно-спиртовий розчин, діелектрична проникність, питомий опір.

Зважаючи на постійно зростаючі екологічні вимоги до продуктів згоряння автомобільного палива, зростання ціни на нафту та відмову від використання в автомобільному бензині октанозбільшувачих домішок на основі свинцю, марганцю і заліза, особливе значення надається пошуку альтернативних, екологічно чистих функціональних домішок в бензин без погіршення його експлуатаційних властивостей. Найбільш перспективними на даний момент вважаються домішки на основі кисневмісних органічних сполук (оксигенатів) [1], таких як ефіри, спирти. Наразі найбільший інтерес представляє етиловий спирт, оскільки він не токсичний, має високу теплоту згоряння, та в Україні отримується з біологічно відновлюваної сировини [2]. Практичне використання етанолу як домішки до бензину показує, що його наявність в суміші в кількості до 15% суттєво не впливає на експлуатацію стандартного бензинового двигуна [3].

Основним недоліком багатоконцентних бензоспиртових (бензанольних) паливних сумішей є їх фазова нестабільність, викликана обмеженою взаємною розчинністю компонентів [4]. При виробництві такого палива зазвичай використовується зневоднений спирт, що розчиняється в бензині в будь-яких співвідношеннях. Внаслідок гігроскопічності спирту відбувається обводнення бензоспиртової суміші з подальшим її розшаруванням при певній граничній концентрації води. У зв'язку з цим особливого значення набуває питання оперативного контролю якості (складу) автомобільного бензинового палива на всіх етапах виробництва, транспортування, зберігання та споживання.

Метою роботи була розробка підходів до можливості проведення експресного аналізу складу трьохкомпонентних паливних автомобільних сумішей «бензин – спирт – вода» методом імпедансної спектроскопії та створення відповідного портативного вимірювального пристрою. Для додаткового аналізу зразків вихідного палива в роботі використовувались також газова хроматографія, ареометричний метод визначення вмісту води у водно-спиртовому розчині, дослідницький метод визначення октанового числа автомобільних бензинів.

Вимірювання проводились за допомогою вимірювача імітансу Е7-20 в частотному діапазоні від 500 Гц до 10 кГц з амплітудою сигналу 1 В. Для вимірювань був розроблений також спеціальний портативний імпедансний вимірювач «ІМ-2» [5], який дозволяв вимірювання високоомних матеріалів з питомими опорами до 10^{12} – 10^{13} Ом·см, що характерно для органічних рідин, отримуваних при переробці нафти. Всі виміри проводились в термобоксі при постійній температурі 20°C.

Аналіз детального компонентного складу вихідних бензинів проводився за допомогою газового хроматографа HP-6890. Визначення вмісту води в зразках абсолютного спирту проводилось за ГОСТ 3639-79 «Розчини водно-спиртові» з точністю до 0,06%. Визначення октанових чисел зразків палива проводилось за ГОСТ 8226-82 «Паливо для двигунів. Дослідницький метод визначення октанового числа». Як об'єкт досліджень обиралися трьохкомпонентні суміші «бензин – абсолютний спирт – дистильована вода» з різними співвідношеннями компонент. Вміст спирту в паливній суміші варіювався в діапазоні від 3 до 11%, міцність самого водно-спиртового розчину обиралася в діапазоні від 99,9 до 94–96 об.% (нижня межа відповідала умові збереження фазової стабільності отримуваної паливної суміші при кімнатній температурі).

Встановлено, що бензоспиртові розчини в області частот 500 Гц – 10 кГц можуть бути успішно представлені еквівалентною електричною схемою у вигляді двохелементного RC-кола з паралельно включеними ємністю C і опором розчину R . Визначення важливих для нас параметрів розчину (діелектричної проникності і питомого опору) проводилось шляхом апроксимації експериментальних частотних залежностей імпедансу модельними виразами та мінімізації різницевої функції методом найменших квадратів за повними кривими $ReZ(f)$ і $ImZ(f)$. Запропонована методика дозволила отримати кореляційні залежності складу досліджуваної суміші від вказаних параметрів розчину при заданій температурі. Подібні діаграми були отримані для серії бензанольних сумішей з реальними зразками бензинів різних марок. Проводячи усереднення результатів вимірювань за чотирма зразками вихідних бензинів та враховуючи границі зони фазової стабільності сумішей, вдалося побудувати калібрувальну діаграму для визначення вмісту всіх трьох компонент в досліджуваній суміші. При цьому точність визначення водно-спиртової / бензинової частини складала 1 об.%, а міцність водно-спиртової компоненти (відносний вміст спирту і води) визначався з похибкою не більше 0,8 об.%.

Показано, що компонентний склад вихідних бензинів різних марок суттєво не впливає на електрофізичні характеристики бензанольних сумішей, що обумовлює достатню для практичного використання точність оцінки вмісту спирту і води в паливі. Отримані дані свідчать про принципову можливість використання розробленого методу для кількісної ідентифікації складу паливної суміші з невідомим вмістом компонент, а також для попередження її можливого фазового розшарування.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Карпов С. А., Кунашев Л. Х., Царев А. В., Капустин В. М. Применение алифатических спиртов в качестве экологически чистых добавок в автомобильные бензины // Электронный научный журнал “Нефтегазовое дело”.– 2006.– Т. 2.– ogbus.ru.
2. Данилов А. М., Каминский Э. Ф., Хавкин В. А. Альтернативные топлива: достоинства и недостатки. Проблемы применения // Электронная версия журнала Российского химического общества им. Д. И. Менделеева.– 2003.– Т. XLVII.– № 6.– www.chem.msu.su.
3. Левтеров А. М., Левтерова Л. И., Гладкова Н. Ю. Использование альтернативных топлив в транспортных ДВС // Автомобильный транспорт.– 2010.– Вып. 27.– С. 61–64.
4. Богданов С. Н., Лаврик А. Н., Теревов А. С. Обеспечение фазовой стабильности этанольных топлив для автомобильных двигателей // Вестник Южно-Уральского государственного университета.– 2007.– № 25 (97).– С. 102–106.
5. Кукла А. Л., Павлюченко А. С., Майстренко А. С., Мамыкин А.В. Импедансный анализатор для идентификации марок водно-спиртовых напитков // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.– 2012.– № 1.– С. 15–21.

A. L. Kukla, A. V. Mamykin, A. S. Maistrenko, E. V. Polunkin, L. I. Starzhinska
Development of a portable device and a method for analysis of benzanol fuels.

The authors have developed a portable impedance-meter and a method for express control of three component fuel mixtures of "gasoline-alcohol-water" type based on the spectral impedance investigation of benzanol mixture in the frequency range of 500 Hz — 10 kHz. A correlation dependence of the dielectric constant and the specific resistance of the fuel mixture on the content of ethanol and water in the mixture has been found. On the basis of this dependence a calibration diagram has been formed quantifying the content of gasoline and water-alcohol components in the analyzed benzanol fuel in the actual range of concentrations.

Keywords: *impedance spectroscopy, ethyl-gasoline, water-alcohol solution, dielectric constant, resistivity.*