

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ УНИВЕРСАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСНЫМ МЕТОДОМ*

С.В. Сусарев, Ю.И. Стеблев, В.Н. Астапов

Самарский государственный технический университет
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244

В работе рассматриваются вопросы разработки комплексного метода идентификации товарных бензинов. Приведены теоретические основы определения октанового числа бензинов, основанного на данных электрофизических параметров. Предложена универсальная калибровочная модель для всех типов бензинов.

Ключевые слова: бензин, идентификация, октановое число, комплексный метод.

Введение. Бензины являются одним из основных видов горючего для двигателей современной техники. В настоящее время производство бензинов является одним из главных в нефтеперерабатывающей промышленности.

Современные автомобильные бензины представляют собой смеси компонентов, получаемых различными технологическими процессами. В бензинах в зависимости от углеводородного состава сырья и технологии получения может содержаться более 200 индивидуальных углеводородов различного строения, содержание которых, а также их взаимодействие между собой определяют свойства бензина [1].

Особое значение при приготовлении качественных бензинов имеют показатели качества, характеризующие свойства товарных бензинов.

Смешение прямогонных фракций с компонентами вторичных процессов и присадок является завершающим процессом получения товарных автомобильных бензинов, поэтому подготовка и проведение его обуславливают качество товарной продукции, соответствие требованиям стандартам. Бензины различных марок получают смешением различного количества компонентов первичной, вторичной переработки нефти и присадок.

В настоящее время все большее распространение как за рубежом, так и в России получают системы с непрерывным смешением компонентов и присадок непосредственно в трубопроводе. При этом все исходные компоненты смеси подаются одновременно, непрерывно и в заданном соотношении в один общий трубопровод – коллектор смешения. С выхода коллектора смешения поступает готовый продукт, который может как поступать в резервуары хранения, так и отгружаться непосредственно потребителю. Ведение процесса непрерывного смешения осуществляется с помощью автоматизированной системы управления, которая может быть построена как без использования поточного анализатора, так и с ним. Системы без поточного анализатора хорошо проработаны как технически, так и математически. Для них четко определены алгоритмы управления – смешение осуществляется по заранее

* Работа выполнена при финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы» (государственный контракт П1511).

Сергей Васильевич Сусарев – к.т.н., доцент.

Юрий Иванович Стеблев – д.т.н., профессор, зав. кафедрой.

Владислав Николаевич Астапов – к.т.н., доцент.

известной рецептуре, поддерживается заданное соотношение компонентов смешения. Однако это не исключает получения некондиционного продукта или продукта с завышенными показателями качества. Основными причинами этого могут быть: неточности составления математической модели; погрешности в оценке показателей качества компонентов в лабораторных условиях; погрешности регулирования соотношения расходов компонентов и присадок. Кроме этого, основную погрешность вызывает нарушение свойства аддитивности отдельных компонентов в смеси. Поэтому в современных автоматизированных системах управления компаундирования бензинов должны использоваться поточные анализаторы качества, с помощью которых можно вносить коррективы в процесс получения товарных бензинов и получать бензин заданного качества.

Универсальный способ идентификации бензинов. Для поточного определения качества бензинов широкое распространение получили экспресс-методы, основанные на электрофизических методах контроля качества топлив. Одним из главных недостатков известных экспресс-методов определения октановых чисел является невозможность создания универсальной калибровочной модели для всех типов бензинов.

Данная задача решается успешно в том случае, если калибровочное множество (набор калибровок с известными значениями октанового числа) принадлежит некоторому определенному классу, характеризующемуся сходством по углеводородному составу.

Исследования, проведенные авторами, позволили найти дополнительные факторы, связанные с электрофизическими параметрами, характерными для данного класса анализируемой пробы. Результаты этого исследования положены в основу универсального способа идентификации бензинов, принадлежащих одному классу, и определения октанового числа. Данный метод позволяет повысить точность определения октанового числа бензина и иметь стационарную калибровочную модель по классам бензинов с самостоятельным выбором по программе калибровочной модели.

Одним из факторов является плотность бензина, которая так же, как и диэлектрическая проницаемость, хорошо коррелируется с детонационной стойкостью.

В процессе исследования 73 образцов бензинов с нефтеперерабатывающих заводов России и Прибалтики (РУППО «Нафтан», г. Новополоцк; АО «Нижегороднефтеоргсинтез»; АО «Норси»; ОАО «Новокуйбышевский НПЗ»; ОАО «Куйбышевский НПЗ»; ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»; ООО «ЛФЛ»; «Лукойл-Пермь»; ООО «Сетон», г. Калуга; ОАО «Уфимский НПЗ»; ООО «Лукойл-Пермьнефтеоргсинтез»; ОАО «Самаранефтепродукт»; ООО «Калининграднефтепродукт»; ОАО «Сызранский НПЗ»; «Мажейкю нафта», Литва; ОАО «Славнефть-Ярославльнефтеоргсинтез») были выделены группы бензинов с плотностью в определенном диапазоне, достаточно четко отличающихся друг от друга: для высокооктановых бензинов четыре группы (см. таблицу) и для низкооктановых (А-76) три группы с плотностью в диапазоне $0,700-0,719 \text{ г/см}^3$; $0,72-0,728 \text{ г/см}^3$; $0,729-0,735 \text{ г/см}^3$.

Данные исследования показали, что кластеризация только по плотности оказалась недостаточной, от 25 до 30% бензинов не вписываются ни в одну из этих групп. Это говорит о том, что бензины имеют различный компонентный состав, изготовлены по нестандартным рецептурам, или из нефти с другим фракционным составом, или с нарушением ТУ и даже, может быть, при наличии воды. Кроме этого, бензины

могут иметь различные присадки для поднятия октанового числа, которые добавляются в малых объемах – от 0,25 до 0,5%, что практически не влияет на плотность бензина, но сильно повышает октановое число. Требуется перекалибровка октанометра для измерения октановых чисел таких бензинов. Чтобы идентифицировать все бензины, необходимо дополнительно определить электрофизические параметры, относящиеся к определенному компонентному составу бензинов.

Параметры для высокооктановых бензинов

| Бензин | Высокооктановый (АИ-92, АИ-93, АИ-95, АИ-98) | | | |
|------------------------------|--|--|--|--|
| Плотность, г/см ³ | 0,7400-0,7498 | 0,7498-0,7599 | 0,7600-0,7695 | 0,7720-0,7870 |
| Достоверность измерения | 75% – $\Delta \leq \pm 0.1\hat{i} .\hat{a}$ | 67% – $\Delta \leq \pm 0.5\hat{i} .\hat{a}$ | 70% – $\Delta \leq \pm 0.4\hat{i} .\hat{a}$ | 75% – $\Delta \leq \pm 0.2\hat{i} .\hat{a}$ |
| Ошибочные измерения | 25% – $\Delta \leq \pm 0.1\hat{i} .\hat{a}$ | 33% – $\Delta \leq \pm 0.9 - 2.8\hat{i} .\hat{a}$ | 30% – $\Delta \leq \pm 1.1 - 3.4\hat{i} .\hat{a}$ | 25% – $\Delta \leq \pm 2.2 - 2.9\hat{i} .\hat{a}$ |

Метод идентификации заключается в разбивке бензинов на классы по факторам, связанным с электрофизическими параметрами, которые характерны для данного класса анализируемой пробы, согласно приведенной схеме алгоритма (см. рисунок), и измерении параметров данных факторов.

В процессе идентификации измеряют плотность бензина, поглощение акустической энергии в бензине, активную проводимость бензина в емкостном датчике, соотношение диэлектрической проницаемости бензина при различных частотах

$\eta = \frac{\epsilon_{f_2}}{\epsilon_{f_1}}$, $f_1 < f_2$ и температуру бензина. Величину октанового числа определяют

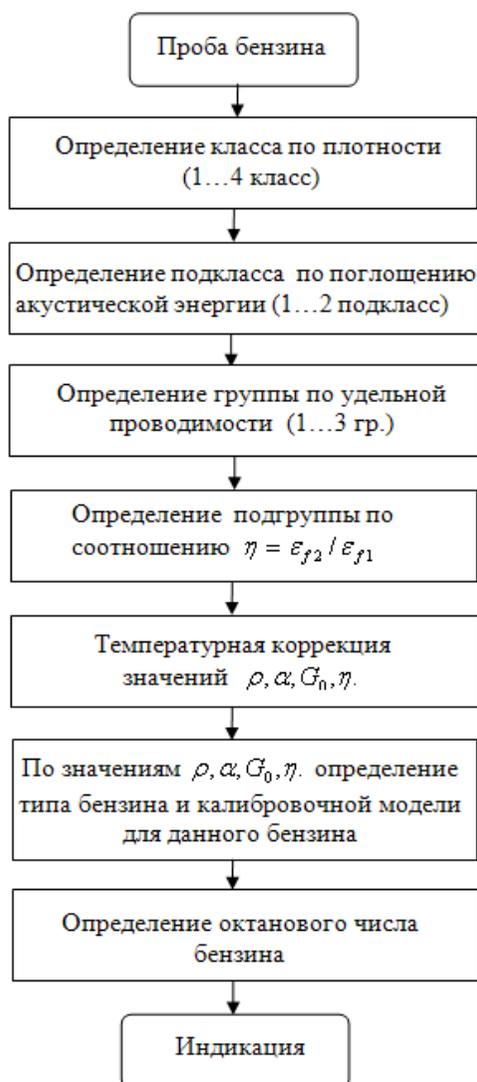
по диэлектрической проницаемости бензина на частоте f_2 по калибровочной модели, расположенной в ячейках памяти, согласно алгоритму (см. рисунок), маршрутом к которой являются вышеперечисленные значения параметров.

Способ идентификации бензинов осуществляется следующим образом. Через емкостной датчик, установленный в технологической трубе, и байпас, который является частью технологической трубы, протекает контролируемый бензин. В байпасе друг против друга установлены УЗ-излучатель и УЗ-приемник; таким образом, ультразвук проходит через исследуемый бензин, время прохождения которого пропорционально плотности бензина. Началом отсчета времени прохождения ультразвука через среду является сигнал от генератора. Импульсы генератора возбуждают ультразвуковой излучатель, и концом отсчета времени является импульс, пришедший с УЗ-приемника [2]. Через усилитель импульс поступает на блок измерения времени (Δt) прохождения ультразвука через среду; зная расстояние между УЗ-излучателем и УЗ-приемником (Δl) и Δt , определим скорость ультразвука $c = \frac{\Delta l}{\Delta t}$ [м/с]. Так как

на скорость прохождения акустического сигнала влияют вязкость и температура бензина, то в общем случае плотность бензина определится выражением

$$\rho = F(c, \theta, \alpha),$$

где c – скорость акустического сигнала в контролируемом бензине; θ – температура контролируемого бензина; α – поглощение акустической энергии в контролируемом бензине.



Алгоритм идентификации бензинов

По измеренной плотности бензина определяем класс исследуемого бензина (для плотности предлагается 4 класса для высокооктановых бензинов и 3 класса для низкооктановых бензинов).

В ходе измерения и расчета плотности был получен еще один требуемый параметр [3] – поглощение акустической энергии, согласно формуле

$$\alpha = \frac{\Delta A}{\Delta l \cdot 20 \lg e},$$

где ΔA – изменение амплитуды, дБ; Δl – расстояние между УЗ-излучателем и УЗ-приемником, см; α – коэффициент поглощения, см⁻¹;

$$\Delta A = 201g \frac{U_{\text{срПрм}}}{U_{\text{0Прм}}},$$

где $U_{\text{0Прм}}$ – амплитуда напряжения, возникающая на УЗ-приемнике без поглощения, т.е. $\Delta l = 0$; $U_{\text{срПрм}}$ – амплитуда напряжения, возникающая на УЗ-приемнике при прохождении акустического сигнала через среду, т.е. через бензин.

По коэффициенту поглощения α определим подкласс бензина (предлагается для каждого класса два подкласса). Первый – с малыми добавками присадок, служащими для повышения октанового числа бензина. Объем таких добавок не превышает 0,25%, а малые добавки одних жидких веществ в другие, именно в диапазоне 0,25% от основной жидкости, влияют очень сильно на поглощение звука в сторону значительного уменьшения коэффициента поглощения α , даже в том случае, если добавка имеет больший коэффициент поглощения α , чем основная жидкость. Второй подкласс – без присадок.

Пропуская через емкостной датчик ток постоянного стабилизированного напряжения, определим удельную проводимость бензина. Наличие проводимости очень сильно влияет на результат измерения диэлектрической проницаемости, что приводит к погрешности измерения октанового числа. По удельной проводимости определим группу бензина (предлагается три группы по проводимостям: $G_0 = 0 \dots 10$ нСим/м; $G_0 = 10 \dots 100$ нСим/м; $G_0 = 100 \dots 200$ нСим/м; при $G_0 > 200$ нСим/м – явный брак). Для этого через коммутатор подключаем к датчику генератор постоянного напряжения и через блок усиления и преобразования получаем напряжение, пропорциональное проводимости. Это напряжение через АЦП в цифровой форме поступает в вычислительное устройство, где вычисляется значение проводимости.

Группы делятся на подгруппы, в качестве основного фактора идентификации необходимо использовать соотношения комплексной величины (мВ), характеризующей электропроводность и диэлектрическую проницаемость образца бензина при частотах $f_1 < f_2$:

$$\eta = \frac{\varepsilon_{f1}}{\varepsilon_{f2}}.$$

Фактор η характеризует принадлежность бензина к одной из подгрупп. Изменение диэлектрической проницаемости бензина от частоты синусоидальных сигналов свидетельствует о наличии в бензинах электрически ассиметричных сравнительно больших инерционных соединений; с повышением частоты поля они не успевают смещаться, что проявляется уменьшением диэлектрической проницаемости. То есть полученные частотные зависимости для электропроводности и диэлектрической проницаемости бензинов отражают отличающуюся для каждого бензина совокупность общих и частных признаков, отождествляющих состав нефти, из которой сделан бензин, и в конечном итоге – компонентный состав бензина.

Для этого через коммутатор поочередно подключают генераторы синусоидальных сигналов с частотой f_1 и f_2 на вход датчика, сигналы с датчика через блок усиления и преобразования, через АЦП поступают в вычислительное устройство, где рассчитываются соотношения диэлектрических проницаемостей, выбирается конкретная калибровочная модель и по результатам измерения диэлектрической проницаемости на частоте f_2 по калибровочной модели, которая хранится в блоке памяти, определяют (вычисляют) октановое число бензина, которое высвечивается на цифровом индикаторе. Так как все перечисленные параметры зависят от температуры,

измеряем температуру бензина и проводим температурную коррекцию всех измеряемых параметров.

Калибровка производится на образцовых бензинах с известным значением плотности и октанового числа.

Заключение. В статье предложен новый универсальный комплексный метод, заключающийся в разбивке бензинов на классы по факторам, связанным с электрофизическими параметрами, позволяющий осуществить идентификацию бензина и определить его октановое число.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гуреев А.А., Жоров Ю.М., Сидович Е.В. Производство высокооктановых бензинов. – М.: Химия, 1981. – 211 с.
2. Патент № 2206085 РФ. Устройство для оперативного измерения октанового числа бензинов / Астапов В.Н., Синников С.Г., Скворцов Б.В., Афанасьев А.К. Бюл. № 16, 2003.
3. Астапов В.Н., Скворцов Б.В., Конюхов Н.Е. Приборы и системы контроля качества углеводородных топлив. – М.: Энергоатомиздат, 2000. – 366 с.

Статья поступила в редакцию 14 сентября 2010 г.

UDC 681.2.083

IDENTIFICATION OF COMMODITY GASOLINES BY THE UNIVERSAL COMPLEX METHOD

S.V. Susarev, Y.I. Steblev, V.N. Astapov

Samara State Technical University
244, Molodogvardeyskaya st., Samara, 443100

The paper describes the problem of developing complex method for identification of commodity gasoline. The theoretical basis of the method for determining the octane number of gasoline product, which is the measurement of electrophysical parameters. The theoretical basis of determining the octane number of gasoline, based on the data of electrophysical parameters are resulted. Proposed universal calibration model for all types of gasoline.

Keywords: *gasoline, identification, octane number, complex method.*

Sergey Susarev – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.

Yuriy Steblev – Doctor of Technical Sciences, Professor.

Vladislav Astapov – Candidate of Technical Sciences, Associate professor.