

Поэтому разработанная нами программа “НЕЙРО-ДФС”, основанная на мощных методах обработки и оптимизационной классификации решает эффективно важные технические и общечеловеческие проблемы безопасности, существенно облегчает познание тайн функционирования работы головного мозга и приближает нас к созданию эффективных интеллектуальных систем биотестирования мыслей. Однако следует сказать, что на сегодняшний день еще нет достаточно достоверных методов регистрации функциональных состояний нейронов головного мозга и математических приемов декодирования функциональных состояний мозговых волн, что является нашей дальнейшей задачей в развитии интеллекта, проектировании умных машин и обеспечения безопасности жизни людей.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon of a brain and principles of designing of machines and mechanisms // Col “The congress on theoretical and applied mechanics”. – Minsk, 1996. – P. 47 – 49.
2. Koleshko V. M. Acoustic – electronic phenomenon and electric activity of a brain of the person // International seminar “Transfer processes in biomedical problems”. – Minsk, 1995. – P. 17 – 19.
3. Колешко В.М., Апанасевич А.В. Моделирование мозговых волн и управление объектами // Proceedings of the International Conference “Advanced Information and Telemedicine Technologies for Health”. – November 8 – 10, 2005, Minsk, Belarus, Academy of Science of Belarus, 2005. – P. 228 – 232.
4. Колешко В.М., Снигирев С.А. Модель системы управления объектом на основе биоэлектрических сигналов человека // Материалы научно-практической конференции “Научная мысль информационного века”. – Киев, 2007. – С. 35 – 38.
5. Колешко В.М., Снигирев С.А. Нейрокомпьютерный интерфейс управления машиной силой мысли [электронный ресурс] // Режим доступа: [www.rusnauka.com](http://www.rusnauka.com), свободный, яз.- рус., 2007.
6. Колешко В.М., Воробей Е.А. Декодирование функциональности мыслительных процессов мозговой активности для управления объектом // VI Белорусско-российская научно-техническая конференция “Технические средства защиты информации”. – Мн., 2008. – С. 35-36.
7. Николенко С. Алгоритмы кластеризации // Машинное обучение. – ИТМО, 2006. – 33 с.

УДК 543.544:543.8

*Колешко В.М., Сунка В.Я., Худницкий А.А.*

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ МОТОРНОГО ТОПЛИВА ВЫСОКОЧАСТОТНЫМИ МЕТОДАМИ**

*Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь*

Интенсивное развитие современной автомобильной техники постоянно диктует особые требования к качеству используемого моторного топлива, от которого зависит безаварийная эксплуатация, долговечность автомобилей и чистота окружающей среды [1]. Обеспечение высокого качества моторного топлива требует от его производителей, поставщиков и продавцов очень серьезного подхода к процессу создания продукции, ее обработки и оказания сервисных услуг.

Качество моторного топлива (бензин и дизтопливо) - это определенная совокупность физико-химических свойств нефтепродуктов, зависящих как от химического состава (плотность; вязкость; температура кипения, замерзания, вспышки, самовоспламенения и др.), так и от внешних условий (содержание воды, химических, механических и пр. примесей). Качество бензина и дизтоплива определяется системой количественных показателей, отражающих тот или иной параметр качества топлива. Современная техника предъявляет все новые требования к эксплуатационным свойствам нефтепродуктов, что влечет за собой и возрастающее значение систематического контроля их качества [2].

Среди существующих методов контроля параметров качества моторного топлива можно выделить три основные группы: лабораторные методы; хроматографические методы и экспрессные методы.

К лабораторным относятся методы контроля качества и параметров нефтепродуктов, выполняемые по следующим ГОСТам: 8226-82 - «Топливо для двигателей. Исследовательский метод определения октанового числа»; 511-82 – «Топливо для двигателей. Моторный метод определения октанового числа»; 3222-67 – «Топлива дизельные. Метод определения цетанового числа» и группе ГОСТов: 18597-73, 1906-73, 9144-79, 26370-84, 20924-75, 10373-75, 5066-91, 2177-99, 4039-89, 2084-77, 31077-2002, Р 51866-2002 касающейся измерения отдельных параметров моторного топлива. В Беларуси также существуют стандарты, согласно которым осуществляется контроль моторного топлива: СТБ ЕН 12177-2005 и СТБ 1276-2001.

Главным недостатком лабораторных методов является достаточно большое количества времени для получения результатов необходимых измерений, что делает их непригодными для экспрессконтроля, в т. ч. и их использования на АЗС (автозаправочных станциях).

Развитие методов аналитической хроматографии позволяет выделить в отдельный раздел автодетекторную хроматографию, в которой детектором служит сам сорбент, выполняющий двоякую функцию: разделение анализируемого вещества на компоненты и определение концентрации определяемых компонент.

Эти методы, по сравнению с лабораторными, позволяют более быстро определить углеводородный состав нефтепродуктов, их фазовый состав, содержащуюся в них воду, количество присадок и микропримесей, включая и сернистые [3]. Среди таких методов можно выделить индикаторном-адсорбционные методы [3]: определения массовой доли нерастворенной воды в моторных топливах; определения содержания противокристаллизационных жидкостей (ПВК) в топливах для реактивных двигателей; определения наличия свинца в бензинах и метод экспрессного качественного определения моющих присадок и присадок аминной группы в автомобильных бензинах.

Наряду со стандартными методами контроля качества моторных топлив и определения октановых чисел топлива получают широкое распространение экспрессметоды, основанные на применении спектральных методов анализа [4,5]. Идентификация и контроль качества осуществляется с использованием данных спектрального анализа, на основе которых определяется зависимость между набором характеристических полос поглощения, образцов моторного топлива и их физико-химическими свойствами.

Контрольная база данных измерительной системы содержит сведения об образцах топлива и их классификации, а также данные необходимые для быстрой идентификации и установления соответствия требованиям нормативных документов (вид топлива, группа топлива данного вида, марка топлива для данной группы, ГОСТ (ТУ), отправитель образца данной марки).

Идентификация основана на оценке степени близости спектральных характеристик образца к средним значениям на соответствующих характеристических полосах поглощения. Для данного варианта на заданном уровне определяется показатель степени близости, а затем выбирается тот вариант, у которого значения показателя наименьшие. Образец считается кондиционным, если расчетные значения всех показателей качества (исключая те, для расчета которых нет данных) удовлетворяют требованиям нормативного документа [4,5].

Чрезвычайно важную роль играют экспресс методы определения октанового числа автомобильных бензинов и цетановых чисел дизтоплива, в основу которых положен принцип оценки октановых и цетановых чисел по их диэлектрической проницаемости (рис. 1).

На рис. 1 для резервуара с рабочей площадью обкладок конденсатора  $S_0 = (30 \times 30)$  мм<sup>2</sup> и расстоянием между ними в  $d = 1,5$  мм приведены связанные значения емкости и октанового числа от диэлектрической проницаемости бензинов.

На зависимости диэлектрической проницаемости автомобильных бензинов от значения их октанового числа основан принцип действия известных в настоящее время октанометров.

Такая зависимость наблюдается лишь для октанового числа, измеренного по моторному методу, а для октанового числа, измеренного по исследовательскому методу, она не столь четко выражена. Тем не менее, учитывая то, что октанометр предназначен для широкого применения работниками АЗС и автолюбителями, для которых понятие октановое число связано только

с маркой бензина, целесообразной считается градуировка непосредственно в единицах октанового числа, измеренного по исследовательскому методу, несмотря на увеличение погрешности до 1-1,5 единиц октанового числа. Ввиду того, что низкооктановые бензины фальсифицируются достаточно редко, а измерение их октанового числа потребовало бы существенного усложнения схемы октанометров, то чаще всего ограничиваются измерением октанового числа только высокооктановых бензинов в диапазоне от 80 до 100 единиц октановых чисел.

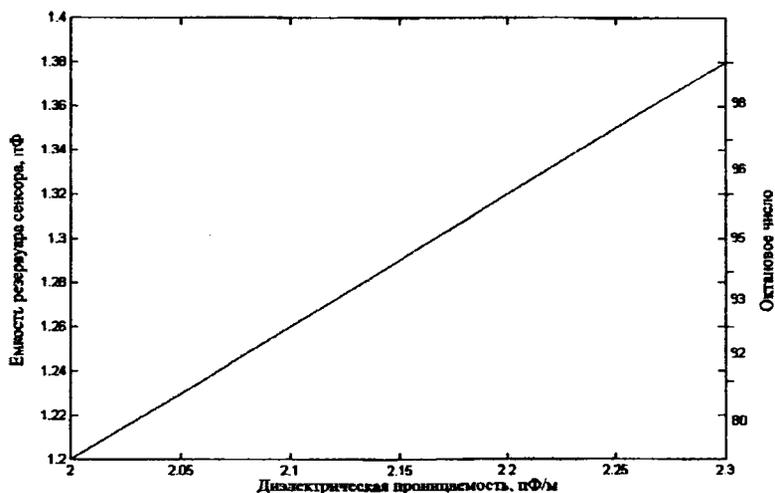


Рис. 1. Зависимость октанового числа бензина от его диэлектрической проницаемости

Реальные бензины обладают существенной удельной активной проводимостью, т.е их импеданс всегда является комплексной величиной  $Z = 1/G_a + i1/\omega C_d$  [6]. Величина активной проводимости обычно находится в пределах от 5 до 100 нСм/м, а у некачественных бензинов может достигать 5000 нСм/м и более. С учетом этого измерение диэлектрической проницаемости стандартными методами (различного рода простейшие измерители емкости - октанометры) становится невозможным и все они приводят к существенному завышению значения емкости, а следовательно, и октанового числа.

На рис. 2 приведена функциональная схема одного из лучших вариантов октанометра, позволяющего одновременно выполнять две операции измерения ОЧ по реактивной составляющей (диэлектрической проницаемости) импеданса бензина и активной составляющей (проводимости) импеданса. Октанометр состоит из сенсора, включающего резервуар для заполнения бензином, и электронного блока.

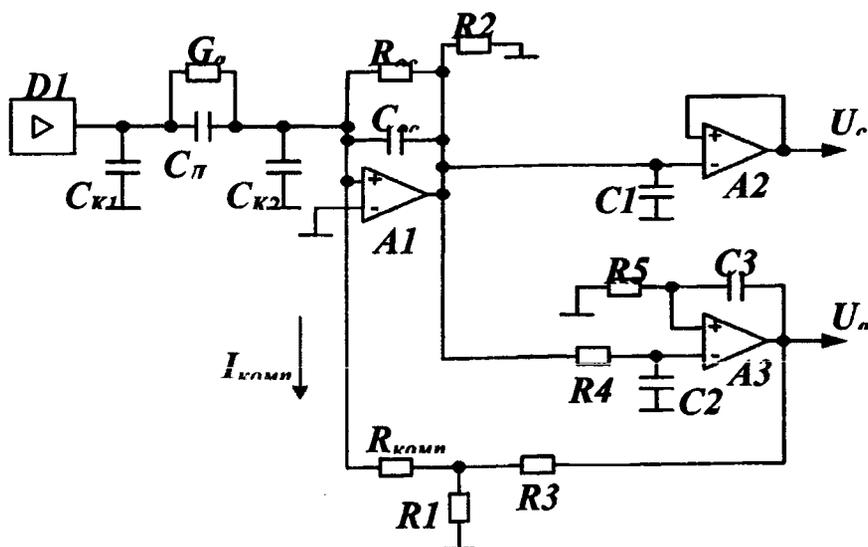


Рис. 2. Упрощенная схема измерительного блока октанометра

Импульсы питания сенсора поступают с выхода генератора на микросхеме (МС) *D1* и имеют амплитуду  $U_{D1} = +5$  В и длительность импульсов  $\sim 150$  мкс (частота генератора 6,5 кГц). Резервуар с бензином сенсора имеет ёмкость  $C_D$  и параллельную этой ёмкости активную проводимость  $G_a$ . Сенсор вместе с операционным усилителем на МС *A1* образуют усилитель заряда с коэффициентом передачи равным  $K = \frac{C_D}{C_{oc}}$ . Напряжение на выходе МС *A1* будет пропорционально ёмкости бензина  $C_D$  в резервуаре, а т. к. последняя прямо пропорциональна диэлектрической проницаемости, то

$$U_{\text{вых}A1} = \frac{U_{D1} \cdot C_D}{C_{oc}} = \frac{U_{D1} \cdot \epsilon_{cm} \cdot \epsilon_0 \cdot S_0}{d \cdot C_{oc}}, \quad (1)$$

где  $\epsilon_{cm}$  – диэлектрическая проницаемость бензина,  $\epsilon_0$  – электрическая постоянная,  $C_{oc}$  – ёмкость обратной связи операционного усилителя на МС *A1*.

Формула (1) будет верна только при  $G_a = 0$ . Выходное напряжение с усилителя на *A1* поступает на УВХ (устройство выборки хранения), собранное на операционном усилителе МС *A2*. Очевидно, что амплитуда импульсов напряжения на выходе УВХ пропорциональна диэлектрической проницаемости бензина, т. е.  $U_C = U_{\text{вых}A1}$ .

При наличии у бензина активной проводимости  $G_a > 0$  в импульсе напряжения на выходе усилителя *A1* будет происходить спад напряжения импульса в течение полупериода, определяемый постоянной  $\tau = C_{oc} / G_a$ . Для снижения влияния активной проводимости, которое очень сильно сказывается на измерении величины проницаемости  $\epsilon_{cm}$ , введена автоматическая компенсация активной составляющей  $G_a$ . Это реализовано в схеме следующим образом. После окончания импульса питания сенсора напряжение на выходе усилителя МС *A1* не возвращается к нулю, а остается на некотором уровне, причем его величина будет строго пропорциональна величине  $G_a$ . Это остаточное напряжение поступает на дифференциальный интегратор, собранный на усилителе МС *A3*. С выхода интегратора на *A3* напряжение через делитель на *R1* и *R3* и токозадающий резистор  $R_{комп}$  подается на инвертирующий вход усилителя на *A1*. Напряжение на выходе интегратора на *A3* будет уменьшаться до тех пор, пока ток  $I_{комп}$  не сравняется с активным током  $I_{сенси}$  сенсора.

$$I_{сенси} = 5 \cdot G_a = \frac{U_a \cdot R1}{R_{комп} (R3 + R1)} = I_{комп} \quad (2)$$

Из формулы (2) следует, что напряжение  $U_a$  – активной составляющей напряжение на выходе МС *A3* равно

$$U_a = \frac{5 \cdot G_a \cdot R_{комп} (R3 + R1)}{R1}, \quad (3)$$

и пропорционально проводимости датчика

$$G_a = \sigma \cdot S_0 / d,$$

где  $\sigma$  – активная проводимость бензина.

Использование делителя на *R1* и *R3* обусловлено тем, что резистор  $R_{комп}$  обладает собственной ёмкостью, которая обычно находится в пределах (0,3-0,7) пФ. По отношению к

ёмкости  $C_d$  бензина в резервуаре сенсора это весьма значительная величина, которая может привести к существенным погрешностям измерения. Уменьшить эту составляющую погрешности возможно последовательным включением двух-трех резисторов в качестве  $R_{комп}$ , уменьшением амплитуды импульса на  $R_{комп}$  с помощью делителя  $R1$  и  $R3$  и другими методами. Влияние соединительного кабеля, вносящего в схему октанометра паразитные ёмкости  $C_{к1}$  и  $C_{к2}$  (рис. 2), устраняется схемой включения сенсора.

Из анализа параметров известных на сегодняшний день октанометров (таблица 1) можно определить наиболее приемлемые для практического применения по их эксплуатационным характеристикам.

**Таблица 1 – Основные характеристики современных октанометров**

Параметры	Тип прибора	Shatox SX-300	ПЭ 7300	СВП 1.14.212	СИМ ЗБП
Диапазон измеряемых октановых чисел бензинов, ОЧ		40 – 125	66 – 98	65 – 100	60 – 100
Погрешность измерения, ОЧ		±0,5	±0,6	±0,5	±0,5
Диапазон измерения диэлектрической проницаемости моторного топлива ед.		1-5	-	-	-
Диапазон определения содержания механических примесей в нефтепродуктах, %		97 – 100	-	-	-
Диапазон определения содержания воды в нефтепродуктах, %		0 – 30	-	-	-
Время измерения, с		1 – 5	10	300	-
Индикация		ЖКИ	ЖКИ	ЖКИ	-
Микроконтроллерная обработка		+	+	-	-
Рабочий температурный диапазон, °С		-10...+45	10...+35	-5...+30	10...+30
Время непрерывной работы, ч		100	10	-	-

Таким образом, в существующих октанометрах необходимо всегда вводить компенсацию активной составляющей импеданса контролируемого продукта, например бензина. Октанометры с компенсацией активной проводимости контролируемой среды (единичные экспериментальные образцы) в технической литературе в полной мере не описаны и не проанализированы. Поэтому сделать правильное заключение о их эксплуатационных параметрах крайне сложно, тем более принять решение о целесообразности закупки для опытной эксплуатации того или иного экспериментального образца.

Одним из наиболее эффективных методов определения параметров и контроля качества моторных топлив, по нашему мнению, может стать СВЧ-метод, основанный на измерении электрофизических параметров топлива [7]. Структурная схема одного из вариантов высокочувствительного радиочастотного концентратомера (рис. 3) построена по двухканальному принципу и состоит из двух идентичных измерительных каналов – рабочего и опорного (с образцовым моторным топливом). Каждый из этих каналов содержит чувствительный элемент, автогенератор 4, делитель частоты 5, вычитающее устройство 6 и микроконтроллер 7 для обработки и индикации информации. С выхода автогенератора высокочастотные колебания поступают на делитель частоты 5, в котором производится уменьшение (деление) частоты автогенератора до приемлемых значений (10-100 кГц). Затем сигналы обоих каналов поступают на вычитающее устройство 6, выходной сигнал которого является входным сигналом вычислительного устройства-микроконтроллера 7.

Чаще всего используется конструкция радиочастотного чувствительного элемента в виде отрезка длинной линии (резонатора) с U-образным внутренним проводником. Чувствительный элемент состоит из металлического экрана 1, U-образного внутреннего проводника 2, покрытого диэлектрической оболочкой, изолирующей шайбы 3 и обеспечивает получение измерительного объема необходимой информации, что требуется для проведения высокоточных измерений. На конце такого отрезка длинной линии чувствительного элемента подсоединен

реактивное сопротивление  $Z$ , в частности, может быть  $Z = 0$  (длинная линия короткозамкнута) или  $Z = \infty$  (длинная линия разомкнута на этом конце). Выбор указанной конструкции чувствительного элемента обусловлен тем, что в качестве U-образного внутреннего проводника можно применять стандартные провода с электрической изоляцией, не прибегая к специальным мерам по герметизации концевых участков этих проводов.

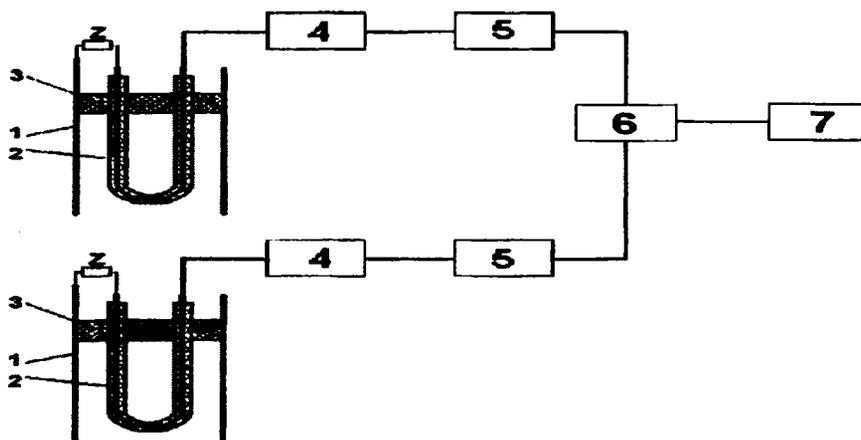


Рис. 3. Структурная схема радиочастотного концентратора

Устройство работает следующим образом. Отрезок длинной линии, образуемый совокупностью внутреннего U-образного проводника и металлического цилиндрического экрана, включен в частотно-задающую цепь автогенератора. С применением автогенератора в данном отрезке длинной линии – радиочастотном резонаторе – возбуждают электромагнитные колебания (диапазон частот 1-100 МГц). При изменении электрофизических свойств контролируемой жидкости (например, диэлектрической проницаемости бензина) происходит изменение резонансной частоты отрезка длинной линии и, соответственно, изменение частоты автогенератора, которая затем и измеряется.

Измеряя резонансную частоту, можно найти текущее значение определяемого физического свойства (например, концентрации) контролируемой жидкости. Данный СВЧ метод весьма перспективен для измерения параметров моторного топлива, концентрации в нем различных присадок и т. д. СВЧ метод требует дальнейших работ в области практического использования, он позволяет существенно повысить точность измерения электрофизических параметров моторного топлива автомобильного транспорта.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Суслин М.А. Микроволновый контроль авиационных ГСМ. – М.: Издательство Машиностроение. 2006. – 118с.
2. ЗАО "Независимое нефтяное обозрение "Скважина" [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.nefte.ru>.
3. Материалы и оборудование для тонкослойной хроматографии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sorbfil.com>.
4. В.Н. Королев, А.В. Маругин, В.Б. Цареградский. Метод определения детонационных характеристик нефтепродуктов на основе регресс-сионного анализа спектров поглощения в ближайшем инфракрасном диапазоне // Журнал технической физики. 2000. - №9. – с. 83-88.
5. С.М. Бычков, А.Н. Коваленко, А.Л. Мазаник и др. Автомобильные бензины. Способы фальсификации и методы их выявления // Партнеры и конкуренты. 2004. - №4.
6. Espec [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://monitor.espec.ws>.
7. Викторов В.А., Лункин Б.В., Совлуков А.С. Высокочастотный метод измерения неэлектрических величин.– М.: Наука. 1978. – 280с.