

НОВЫЙ МЕТОД И ПРИБОР ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЧИСТОТЫ НЕФТЕХИМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ОБРАТНОГО ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА

Прокофьева П.Е.¹, Лапшин И.Г.¹, Пахомов А.М.²

Email: Prokofieva651@scientifictext.ru

¹Прокофьева Полина Евгеньевна – магистр,
кафедра экономики и управления на предприятии нефтяной и газовой промышленности;

²Лапшин Игорь Геннадиевич – аспирант,
кафедра технологии нефти и газа,
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа;

³Пахомов Александр Михайлович – ведущий программист,
кафедра радиоэлектроники и радиоизмерений,
Институт прикладной физики
Российская Академия наук, г. Нижний Новгород

Аннотация: в статье предлагается новый метод определения концентраций продуктов нефтехимии, к ним относятся толуол, ацетон, гептан и другие. Предлагаемый метод основан на эффекте обратного пьезоэлектрического эффекта. Испытания проводили на портативном приборе, информационным параметром которого является испаряемость. Динамика испарения капли нефтехимии на сенсоре регистрировалась прибором. Объектами исследований стали двухкомпонентные смеси толуола с ацетоном и толуола со спиртом. Были получены и сравнены кривые испарения этих смесей. В статье предлагается определять график функции эталонного вещества с известной концентрацией основного вещества и сравниваемого вещества для определения величины отклонения, который будет характеризовать чистоту сравниваемого вещества.

Ключевые слова: индивидуальные углеводороды, испаряемость, обратный пьезоэлектрический эффект, определение концентрации, портативный прибор, продукты нефтехимии.

NEW METHOD AND DEVICE TO DETERMINE THE PURITY OF PETROCHEMISTRY WITH THE APPLICATION OF REVERSE PIEZOELECTRIC EFFECT

Prokofieva P.E.¹, Lapshin I.G.², Pahomov A.M.³

¹Prokofieva Polina Evgenevna – Undergraduate,
DEPARTMENT ECONOMICS AND MANAGEMENT OF THE OIL AND GAS INDUSTRY;

²Lapshin Igor Gennadievich – Postgraduate,
DEPARTMENT OIL AND GAS TECHNOLOGY,
FEDERAL STATE BUDGETARY INSTITUTION OF HIGHER EDUCATION
UFA STATE PETROLEUM TECHNICAL UNIVERSITY,
UFA;

³Pahomov Aleksander Mihajlovich – Lead Coder,
DEPARTMENT RADIO ELECTRONICS AND RADIO MEASUREMENTS,
INSTITUTE OF APPLIED PHYSICS RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES, NIZHNY NOVGOROD

Abstract: the article proposes a new method for determining the concentrations of petrochemical products, these include toluene, acetone, heptane and others. The proposed method is based on the effect of the inverse piezoelectric effect. The tests were carried out on a portable instrument, the information parameter of which is evaporation. Dynamics of evaporation of a drop of petrochemistry on the sensor was recorded by the device. Two-component mixtures of toluene with acetone and toluene with alcohol were the objects of study. Evaporation curves of these mixtures were obtained and compared. The article proposes to determine the graph of the function of the reference substance with a known concentration of the main substance and the substance being compared to determine the amount of deviation that will characterize the purity of the substance being compared.

Keywords: individual hydrocarbons, evaporation, inverse piezoelectric effect, concentration determination, portable instrument, petrochemical products.

УДК 53.083.2

Принцип метода по определению концентрации продуктов нефтехимии основан на методе, описанной в работе [1]. Метод применяется для исследования многокомпонентных жидкостей с использованием кварцевого резонатора. Описано теоретическое обоснование по получению информации

многокомпонентных жидкостях на основе регистрации динамических характеристик их высыхающих капель. Процесс самоорганизации высыхающих капель и техническая возможность регистрации динамики этого процесса, сведенные воедино, позволили создать технологию, открывающую новые перспективы для исследования жидких сред, а также для развития ряда практических приложений на ее основе. Основные исследования по вышеуказанной технологии проводились на биологические жидкости, воду, кровь. Частота резонанса кварцевой пластины зависит от ее размеров, в данном случае она составляет $48 \times 4,5 \times 1,2$ мм и колеблется в диапазоне от 60 до 65 кГц с точностью 0,1 Гц.

В патенте [2, 3] описан принцип работы прибора, где исследуемую каплю располагают на поверхности кварцевого резонатора ультразвуковых частот, выполненного с возможностью возбуждения в упомянутой капле колебаний сдвига. Полученную динамику механического импеданса капли используют в качестве информативного параметра. Определение механического импеданса реализовано по напряжению разбаланса мостовой схемы, в состав которой входит упомянутый пьезоэлектрический резонатор. Информационный параметр представлен так же и акустическим импедансом.

Испаряемость это измеряемый информативный параметр, характеризующий начало и конец кипения анализируемой нефтехимии. Динамическая характеристика сигнала между началом и концом испарения это сложная функция, зависящая от плотности, вязкости, фракционного, элементного и химического состава анализируемого вещества.

Объектами исследования был жидкие индивидуальные углеводороды (содержание основного вещества до 99,5 %), а также их смесь, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики химически чистых углеводородов

№	Наименование	Концентрация, % об. / % об.	Температура выкипания, °С	Плотность, кг/м ³
1	Ацетон (А)	100 / 0	56	784
2	А92 / Т8	92 / 8	56÷110,6	-
3	А95 / Т5	95 / 5	“то же”	-
4	А80 / Т20	80 / 20	“то же”	-
5	А50 / Т50	50 / 50	“то же”	-
6	А20 / Т80	20 / 80	“то же”	-
7	Толуол (Т)	100 / 0	110,6	867
8	Т80 / Г20	80 / 20	98,42÷110,6	-
9	Т50 / Г50	50 / 50	“то же”	-
10	Т20 / Г80	20 / 80	“то же”	-
11	Гептан (Г)	100 / 0	98,42	684

Перед началом исследований проводили настройку резонансной частоты кварцевой пластины. Поиск выполняется в три этапа, вначале поиск проводился с измерением частоты в 10 Гц, потом 1 Гц и 0,1 Гц, каждый этап поиска характерен повышением механического импеданса, рисунок 4. Частота резонанса варьировалась в диапазоне $60000 \text{ Гц} \pm 5000 \text{ Гц}$, это зависит от геометрических размеров кварцевого резонатора.

После настройки прибора на кварцевый резонатор (сенсор) дозировали 1,5 мкл анализируемого индивидуального углеводорода, либо их смесь.

В результате анализа, были получены зависимости времени от обратной величины модуля механического импеданса (комплексный импеданс) для индивидуальных углеводородов (рисунки 1 и 2) и их двухкомпонентной смеси.

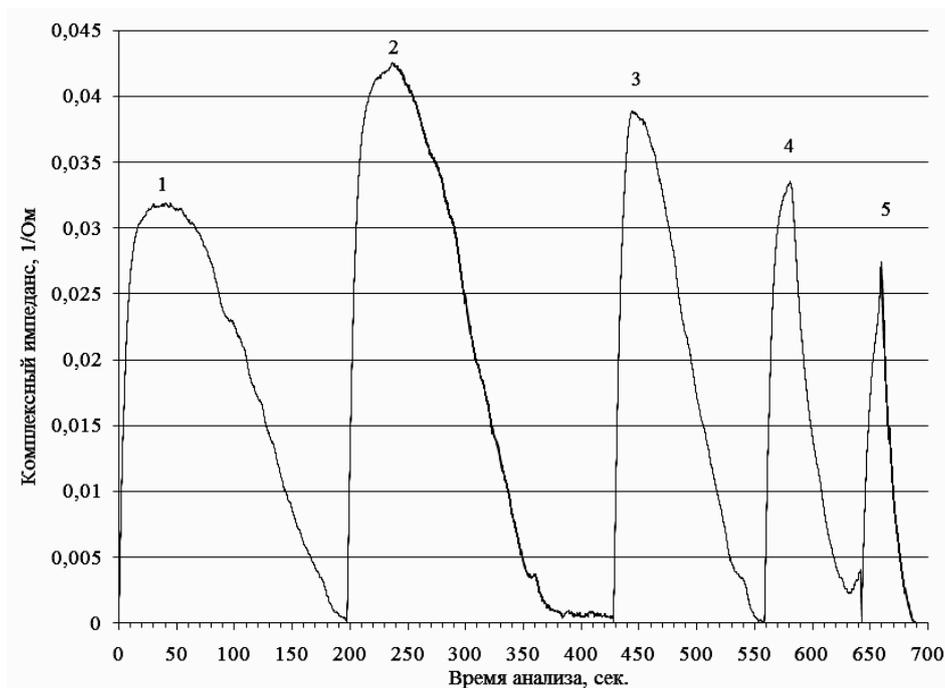


Рис. 1. Динамика испарения толуола и ацетона и их смеси:
 1 – толуол 100%, 2 – T80/A20, 3 – T50/A50, 4 – T20/A80, 5 – ацетон 100%

По рисунку 1 видно, что прибор способен улавливать изменение концентрации основного компонента в смеси, чем больше концентрация толуола к 100%, тем сложнее визуально отличить кривую № 1 и № 2. Таким образом, при концентрациях основного вещества более 80%, необходимо применять компьютерные расчеты.

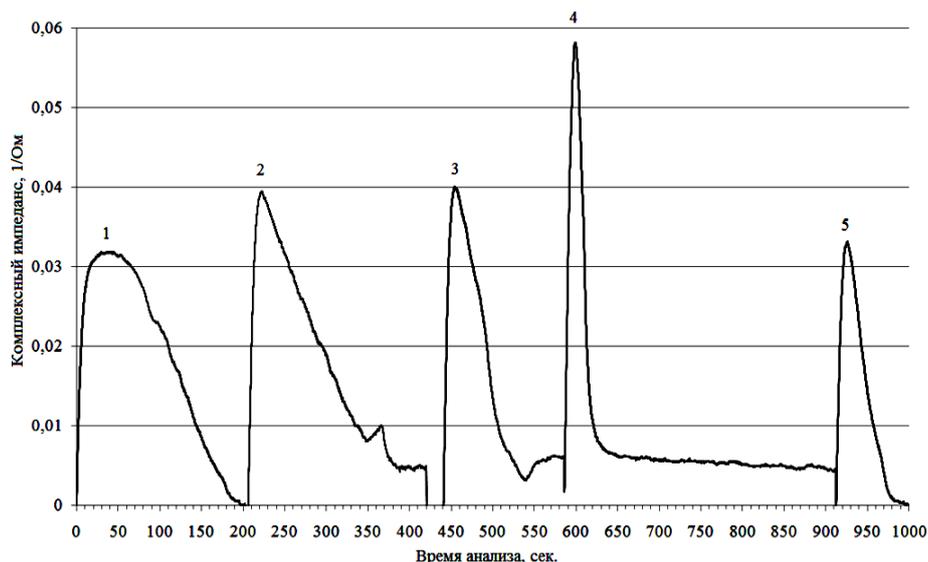


Рис. 2. Динамика испарения толуола и гептана и их смеси:
 1 – толуол 100%, 2 – T80/G20, 3 – T50/G50, 4 – T20/G80, 5 – гептан 100%

По кривым испарения толуола и гептана представленным на рисунке 2 видно, что даже при близких температурах выкипания гептана и толуола 98,42 и 110,6°C соответственно, имеют визуальные различия в динамике испарения смеси.

В общем случае, кривые испарения индивидуальных углеводородов, либо узких нефтяных фракций (петролейный эфир 70-100°C), можно описать полиномиальной функцией различных порядков. Для определения функции описывающей кривую испарения применялся программный комплект "OriginPro".

График функции (рисунок 3), описывающей кривую испарения гептана, выглядит следующим образом:

$$y = a_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 + a_3 * x^3 + a_4 * x^4 + a_{n+1} * x^{(n+1)},$$

где n – индекс расчетного коэффициента.

Значения коэффициентов для каждого кварцевой пластины (сенсора) будут отличаться, из-за различия их форм и размером. На рисунке 3 изображена кривая функции испарения гептана описываемая полиномиальной функцией, со средним отклонением 0,99.

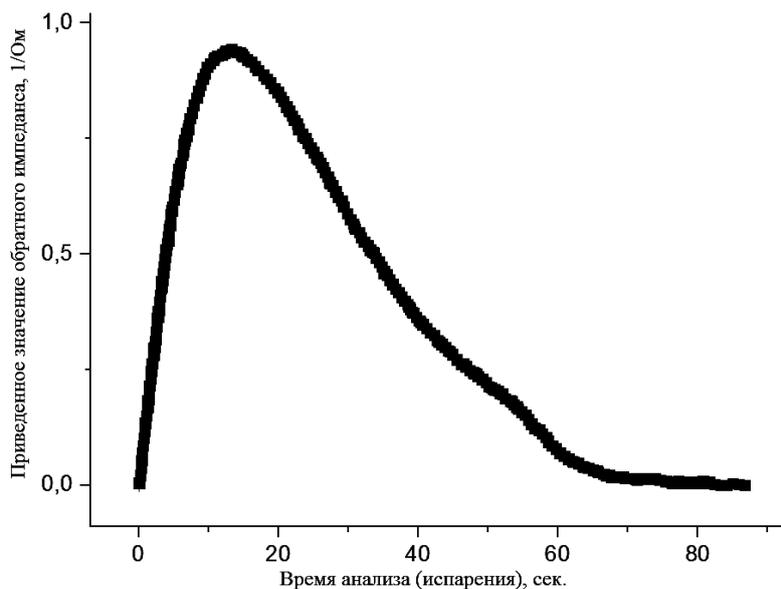


Рис. 3. График полиномиальной функции испарения гептана (ч.д.а.) со средним отклонением от реальной кривой испарения 0,99

Зная график функции эталонной смеси (рисунок 3) и вещества, который с ним сравнивается, например смесь толуола с гептаном в соотношении 20% на 80% соответственно, имеется возможность рассчитать величину отклонения приготовленной смеси от эталона.

Таким образом, задав в программу величину отклонения сравниваемого вещества и эталона, можно определить чистоту индивидуальных углеводородов (толуол, ацетон, гептан и другие с концентрацией основного вещества до 99,5%). Необходимо так же повысить точность прибора за счет снижения внешних факторов воздействующих на прибор и его сенсор. К внешним факторам относятся изменение давления, температуры и влажности, различные вибрации, загрязнения сенсора.

Список литературы / References

1. Яхно Т.А., Санин А.Г., Vacca C.V., Falcione F., Санина О.А., Казаков В.В., Яхно В.Г. Новая технология исследования многокомпонентных жидкостей с использованием кварцевого резонатора. Теоретическое обоснование и приложения // Журнал технической физики, 2009. Том 79. Вып. 10.
2. Patent US6874357 B2. США/ Method for studying liquid and device for carrying out said method / Yakhno T.A., Yakhno V.G., Shmeljov I.I., Sanin A.G., Krotov E.V., Brodsky Y.Y. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.google.com.pg/patents/US6874357>, 2002. US6874357 B2/ (дата обращения: 07.11.2018).
3. Patent US7350402 B2. США/ Method and apparatus for determination of medical diagnostics utilizing biological fluids / Yakhno T.A., Yakhno V.G., Shmeljov I.I., Sanin A.G., Krotov E.V., Brodsky Y.Y. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.google.com.pg/patents/US7350402>, 2002. US7350402 B2/ (дата обращения: 07.11.2018).