

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ АЛКОГОЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Белозеров Вл.В., Царев А.М.

ФГБОУ ВО «Донской государственный университет», Ростов-на-Дону, safeting@yandex.ru

Предметом исследования явились процессы дозирования и контроля жидкой фасованной продукции, на предмет их идентификации, для выделения контрафакта. Установлено, что при наличии "образа тары" (объема, веса) и "образа эталонной жидкости" (плотности, динамической и кинематической вязкости, температуры замерзания и индекса вязкости), появляется возможность экспресс-анализа фасованной жидкой продукции в таре, без её вскрытия. Методология исследования базируется на применении весовой электрометрии расфасованного жидкого продукта, без вскрытия тары, в которую он расфасован. Новизна исследования заключается в разработке и применении "крышки-емкостного датчика", которой закрывается тара с жидкой фасованной продукцией. Такое решение позволяет, перевернув в верх дном тару с жидкой фасованной продукцией и поставив её на электронные весы, подключить, измерить и вычислить в течении нескольких секунд соответствие указанных "образов".

Ключевые слова: фасованная алкогольная продукция, вязкость, кондуктометрия, сравнительный анализ, емкостный датчик, измеритель иммитанса, плотность, объем, тара, вес.

AUTOMATION OF IDENTIFICATION OF ALCOHOLIC PRODUCTS

Belozеров V.I.V., Tsarev A.M.

FSBEI HE Don State University, Rostov-on-Don, isagraf@mail.ru

The subject of the study was the dosing and control of liquid pre-packaged products, for identification, to highlight counterfeit products. It is established that in the presence of a "container image" (volume, weight) and a "reference liquid image" (density, dynamic and kinematic viscosity, freezing temperature and viscosity index), it becomes possible to express-analyze packaged liquid products in containers without autopsy. The research methodology is based on the use of weighted electrometry of the packaged liquid product, without opening the container into which it is packaged. The novelty of the study lies in the development and application of a "cap-capacitive sensor", which closes containers with liquid packaged products. Such a solution allows, turning the container with liquid packaged products in the upper bottom and placing it on an electronic balance, connect, measure and calculate within a few seconds the correspondence of the indicated "images".

Key words: packaged liquid, viscosity, conductometry, comparative analysis, capacitive sensor, emittance meter, density, volume, container, weight.

И промышленные жидкие продукты (топлива, масла, охлаждающие жидкости и т.д.), и продуктово-бытовые жидкости (алкогольные и безалкогольные напитки, растительные масла, моющие и косметические средства и т.д.), помимо определения химических составов, идентифицируются по многим физико-химическим параметрам, например,

- по кинематической и динамической вязкости,
- по плотности и предельно-допустимым концентрациям,
- по температурам замерзания и вспышки/самовоспламенения,
- по щелочным или кислотным числам и токсичности,
- по сроку сохраняемости и стабильности,
- по гигроскопичности и растворяемости,
- по цвету, прозрачности и помутнению и др.

И промышленные жидкие продукты (ПЖП), и продуктово-бытовые жидкости (ПБЖ) реализуются, в основном, в различной таре (стеклянной, полимерной и т.д.), розлив в которую, как правило, осуществляют автоматизированные линии и установки [3-7].

Большинство производителей жидкой фасованной продукции практикуют её защиту подделки, пломбированием горлышек фасовочной тары (бутылок, канистр и т.д.). Тару и пробки видоизменяют, вводят разрушаемые фиксаторы и голографические наклейки и т.д. Однако, несмотря на все ухищрения, объемы контрафактной продукции не уменьшаются. Так на сегодняшний день до 30% всех моторных масел, реализуемых в России, являются поддельными, подделок охлаждающих жидкостей реализуется до 40%, тормозных жидкостей – до 50%! Аналогичная картина и с ПБЖ [3,4].

Существенным при этом является тот факт, что сертификация и экспертиза ПЖП и ПБЖ (на соответствие действующим техническим регламентам и стандартам) являются длительными и трудоемкими процессами, и они невозможны без вскрытия тары.

Именно поэтому, с точки зрения кардинального решения «проблемы контрафакта» алкогольной продукции, актуальным является адаптация метода весовой импедансной электрометрии (ВИЭМ), применение которого позволяет реализовать «сплошной входной экспресс-контроль» фасованных алкогольных напитков без вскрытия тары, чем защитить продавца и потребителя от подделки [1,2].

Как следует из метода ВИЭМ, измерения с помощью «вставляемого» сдвоенного коаксиального датчика двух емкостей ($C_{дн}$ и $C_{дв}$) и двух тангенсов угла потерь ($tg\delta_{1,2}$), позволяют вычислить среднее значение относительной диэлектрической проницаемости (ε) алкогольного напитка, и при наличии данных эталона (τ_0, η_0), - определить динамическую вязкость образца (η_0), через вычисление его микроскопического (τ_0) и макроскопического времён релаксации (τ) [1]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon = \frac{C_{дв} \cdot C_{он} + C_{дн} \cdot C_{ов}}{2C_{ов} \cdot C_{он}} \\ \eta_0 = \frac{\tau_0 \eta_0}{\tau_0} \\ \tau = \frac{3\varepsilon}{2\varepsilon + 1} \tau_0 \\ tg\delta = \frac{(\varepsilon - \varepsilon_\infty) \cdot \omega\tau}{\varepsilon + \varepsilon_\infty \omega^2 \tau^2} \end{array} \right. \quad (1)$$

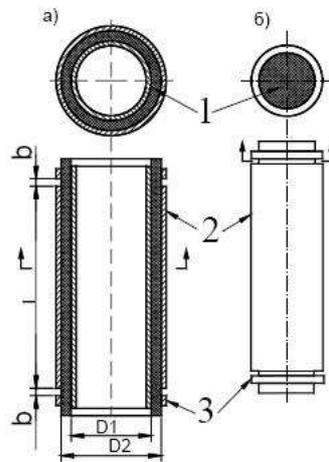
где $C_{он}$ – емкость наружного датчика в воздухе, пФ; $C_{ов}$ – емкость внутреннего датчика в воздухе, пФ.

Как следует из результатов исследования [2], подделка достоверно «обнаруживается» по отклонениям: плотности при 15°C, - кинематических вязкостей при 40°C и при 100°C, индекса вязкости, температуры застывания, недолива/перелива.

Таким образом, для синтеза автоматизированной системы экспресс-контроля алкогольной продукции необходимо и достаточно сконструировать датчик-крышку тары, в которую он расфасовывается.

Емкость трубчатого (коаксиального) датчика (в пФ) (рис.1) определяется по формуле:

$$C_K = \frac{2\pi \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot (l+b)}{\ln \frac{D_2}{D_1}} = \frac{55,6 \cdot \varepsilon \cdot (l+b)}{2h} \quad (2)$$



(а) – трубчатый, (б) – стержневой, (1 – образец, 2 – измерительный электрод, 3 – охранный кольцо)

Рисунок 1 - Система из 3-х электродов коаксиального или стержневого образца

В этом случае необходимо учитывать влияние охранных электродов, поэтому вместо длины измерительного электрода l в расчет вводят сумму $(l+b)$, где b – зазор между измерительным и охранным электродами (м), и относительную диэлектрическую проницаемость рассчитывают по уравнению:

$$\varepsilon = \frac{C_K}{2\pi \cdot \varepsilon_0 \cdot (l+b)} \cdot \ln \frac{D_2}{D_1} = 0,018 \cdot \frac{C_K}{(l+b)} \cdot \ln \frac{D_2}{D_1} = \frac{C_K \cdot h}{27,8 \cdot D_* \cdot (l+b)} \quad (3)$$

где $h = \frac{D_2 - D_1}{2}$ – толщина жидкости или стенки трубчатого образца (м); C_K – емкость с жидкостью или образцом (пФ); $D_* = \frac{D_1 + D_2}{2}$ – средний диаметр трубки (м).

В тех случаях, когда $b \gg h$, искажением поля у краев электрода можно пренебречь ($B=1$), в противном случае, для учета этого искажения в трех электродной системе вводят поправочный коэффициент (B), в связи с чем, указанные формулы (2,3) принимают вид соответственно:

$$C_x = \frac{\varepsilon \cdot \varepsilon_0 \cdot \pi \cdot (d_1 + B \cdot b)^2}{4h} = 6,95 \cdot \frac{\varepsilon \cdot (d_1 + B \cdot b)^2}{h} \quad (4)$$

$$C_x = 0,2416 \cdot \varepsilon \cdot \frac{l + B \cdot b}{\ln \frac{D_1}{D_2}} = \frac{55,6 \cdot \varepsilon \cdot (l + B \cdot b) \cdot D_*}{2h} \quad (5)$$

$$B = 1 - 2,932 \cdot \frac{h}{b} \cdot \lg \operatorname{ch} \left(0,7854 \cdot \frac{b}{h} \right) \quad (6)$$

Относительную диэлектрическую проницаемость материала определяют как отношение емкости C_x конденсатора, в котором пространство между электродами заполнено испытуемым диэлектриком, к емкости C_0 при таком же образом расположенных электродах в вакууме (воздухе):

$$\varepsilon = \frac{C_x}{C_0} \quad (7)$$

Для реализации системы сплошного контроля жидкой фасованной продукции был изготовлен 3-х электродный коаксиальный датчик-крышка (рис.2).

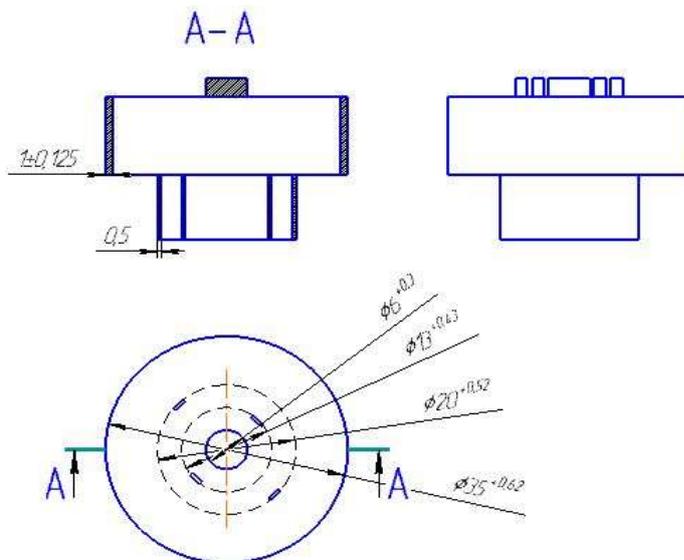


Рисунок 2 - Емкостный 3-х электродный коаксиальный датчик-крышка

Из формулы (1) следует, что емкость наружной секции датчика (на воздухе и без охранного кольца) должна составить:

$$C_{дн} = 6,28 * 1,005 * 8,85 * 10^{-12} * 0,02 / \ln(0,019/0,013) = 2,94374E-12 \text{ Ф или } 2,94 \text{ пФ},$$

а емкость внутренней секции датчика (между внутренней трубкой и стержнем –

$$C_{дв} = 6,28 * 1,005 * 8,85 * 10^{-12} * 0,013 / \ln(0,012/0,006) = 1,04758E-12 \text{ Ф или } 1,05 \text{ пФ}.$$

Измерениями на частоте 1000 Гц зарегистрированы следующие значения - $C_{дн} = 2,71$ и $C_{дв} = 1,07$ пФ, а при калибровке в криобензоле - $C_{дн} = 8,82$ пФ, а $C_{дв} = 3,15$ пФ.

Тогда, применяя краевая емкость электродов составит:

$$C_{одн} = (8,82 - 2,71) / (2,9 - 1,0) = 3,22 \text{ пФ}$$

$$C_{одв} = (3,15 - 1,07) / (2,9 - 1,0) = 1,09 \text{ пФ}$$

Таким образом, получим результирующие формулы расчета относительной диэлектрической проницаемости алкогольного напитка «внешним и внутренним» датчиками:

$$\varepsilon = (C_{измдн} - 2,71) / 3,22 + 1 \quad (8)$$

$$\varepsilon = (C_{измдв} - 1,07) / 1,09 + 1 \quad (9)$$

Принимая во внимание результаты НИР, модель системы сплошного контроля алкогольной продукции можно представить (рис.3), как совокупность следующих подсистем [8,9]:

- подсистемы потребителей (реализаторов) фасованной алкогольной продукции (магазины, аптеки и т.д.), состоящей из переносного автоматизированного комплекса (ПАК) с соответствующим программным обеспечением, включающего в себя: ноутбук, измеритель иммитанса и электронные весы с контактной площадкой под различные крышки тары (со встроенными коаксиальными датчиками с выводами наружу), которыми закупоривают алкогольную продукцию;

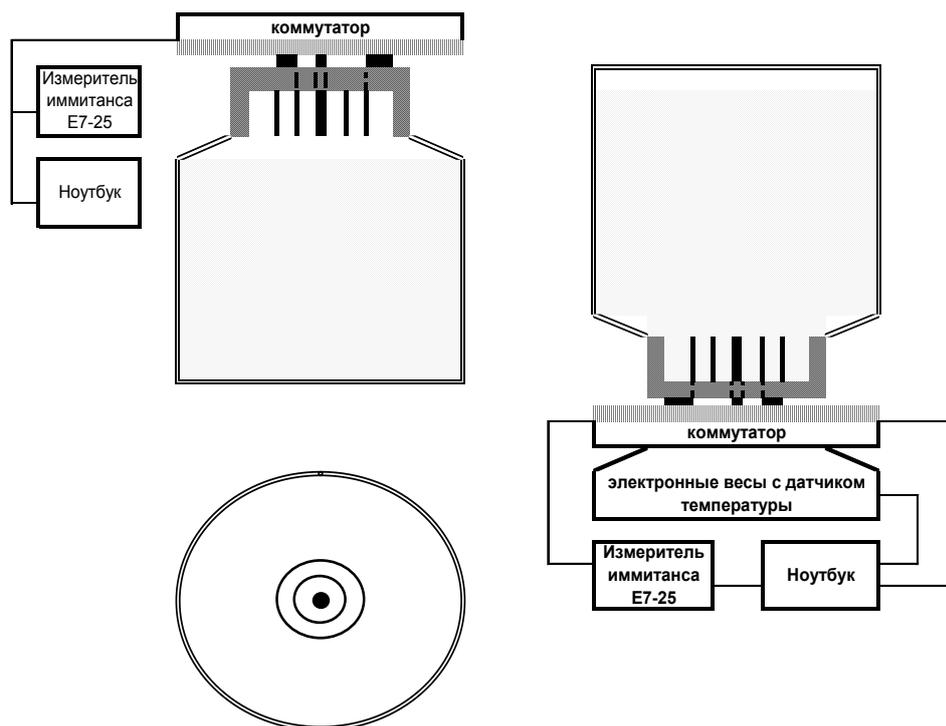


Рисунок 3 Блок-схемы модели системы и ПАК

- подсистемы производителя алкогольной продукции, который для обеспечения качества и защиты выпускаемой продукции от подделки, разработал и применил крышку со встроенным в неё емкостным датчиком с выводами наружу, и, например, на своем сайте в Интернете размещает «электронные сертификаты» - «образы эталонов» выпускаемого алкоголя, которые «скачиваются» в ПАК;

- подсистемы муниципального надзора за качеством фасованной алкогольной продукции, которая реализуется с помощью ПАК сотрудниками соответствующих государственных и общественных структур.

Литература

1. Белозеров В.В. Метод экспресс-анализа жидких фасованных продуктов // Электроника и элек-тротехника. — 2018. - № 2. - С.1-31. DOI: 10.7256/2453-8884.2018.2.25998. URL: http://e-notabene.ru/elektronika/article_25998.html

2. Белозеров В.В., Кудрявцев Ю.А., Плахотников Ю.Г. ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРТИИ ФАСОВАННОГО МОТОРНОГО МАСЛА CASTROL MAGNATEC НА ПРЕДМЕТ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНТРАФАКТНОЙ ПРОДУКЦИИ /отчет о НИР № 2015/12 от 23.03.2015 (ООО "ПОЛИЭКСПЕРТ") - <http://elibrary.ru/item.asp?id=24555474> (дата обращения 15.01.2016).

3. Зрелов В.Н., Алаторцев Е.И., Шаталов К.В., Зрелова Л.В., Бордюговская Л.Н. Способ экспрессного определения кинематической вязкости авиационных керосинов и дизельных топлив – Патент РФ на изобретение № 2263301 от 27.10.2005.

4. Зарубежные масла, смазки, присадки, технические жидкости: ассортимент, свойства /Резников В.Д. и др. ISBN: 978-5-89551-016-2 – М.: «Изд. центр "Техинформ" МАИ, 2005. – 385с.

5. Зыкова Т. Треть товаров на российском рынке – подделки // РГ № 4429, 02.08.2007.

6. Хлебушкин И.Н. Как делают масло Castrol – Авторевю № 13, 2014 - http://www.autoreview.ru/_archive/section/?SECTION_ID=7837(дата обращения 15.01.2016).

7. Шадрин С.В. Эксплуатационные материалы: методические указания – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2014. – 35 с.

8. Castrol - http://www.castrol.com/ru_ru/russia/products/cars/engine-oils/castrol-magnatec.html (дата обращения 15.01.2016).

9. Белозеров В.В., Батшев А.С., Любавский А.Ю. Об автоматизации идентификации жидких фасованных продуктов // Электроника и электротехника. — 2016. - № 1. - С.135-145.