

УДК 53.087.92

ОБ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ КОМПЛЕКСЕ СПЛОШНОГО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ЖИДКИХ ФАСОВАННЫХ ПРОДУКТОВ

В. В. Мартынов

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

С целью повышения эффективности контроля за параметрами жидких фасованных продуктов и их безопасностью предложены инновационный метод экспресс-анализа и установка для его осуществления. Помимо определения химических составов, жидкость может быть идентифицирована по вязкости, плотности при определенных температурах, характеристическим частотам, диэлектрической проницаемости и др. Для реализации неразрушающего сплошного выходного и входного контроля был разработан датчик-крышка, внедряемый на этапе фасовки жидкого продукта.

Ключевые слова: контрафакт, экспресс-метод, автоматизированный комплекс, датчик-крышка, образ продукта, компаративный анализ.

ON THE AUTOMATED COMPLEX OF CONTINUOUS CONTROL OF PARAMETERS OF LIQUID PACKAGED PRODUCTS

Viktor V. Martynov

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

In order to increase the efficiency of safety control and parameters of liquid packaged products, an innovative method of express analysis and an installation for its implementation are proposed. In addition to determining chemical compositions, a liquid can be identified by viscosity, density at certain temperatures, characteristic frequencies, permittivity, etc. For the implementation of non-destructive continuous output and input control, a sensor-cover was developed, which is implemented at the stage of liquid product packaging.

Keywords: counterfeit, express method, automated complex, sensor-cover, product image, comparative analysis.

Введение. Актуальность представленного в работе исследования обусловлена статистикой: по результатам масштабной проверки бутилированной воды в семи федеральных округах за январь 2021 года было установлено, что лишь половина от общего числа проверенных торговых марок, реализуемых на рынках Российской Федерации, соответствует установленным нормам и требованиям [1]. В случае же алкогольной продукции каждая третья бутылка оказалась подделкой, а для молочной продукции (в том числе сливок) — каждая четвертая бутылка [2, 3]. Употребление контрафактной, некачественной продукции может не только не дать действующего лечебного эффекта в случае минеральных столовых вод, но и быть опасным для жизни граждан.

На взгляд автора, подобная ситуация с большим количеством поддельных товаров на прилавках магазинов сложилась из-за неэффективности используемых методов и средств контроля параметров поступающей на прилавки продукции, а выборочный контроль, когда из всей партии изымается случайная группа образцов, не может гарантировать качества каждого отдельного продукта, что создает лазейку для проникновения контрафакта. Производители, контролирующие органы и торговые точки, реализующие жидкие фасованные продукты, не обладают

автоматизированными средствами контроля, обеспечивающими сплошной выходной и входной контроль продукции [4].

Поэтому на основе вышеизложенного целью данного исследования является предложение методов повышения эффективности контроля качества и безопасности жидких фасованных продуктов.

Основная часть. Кроме химического состава, жидкий продукт может быть идентифицирован по кинематической и динамической вязкости, плотности, стандартным температурам, характеристическим частотам, диэлектрической проницаемости и др. Поэтому был разработан и запатентован метод весовой импедансной электрометрии — это способ экспресс-анализа жидких фасованных продуктов, а также установка для его осуществления (рис. 1) [5].

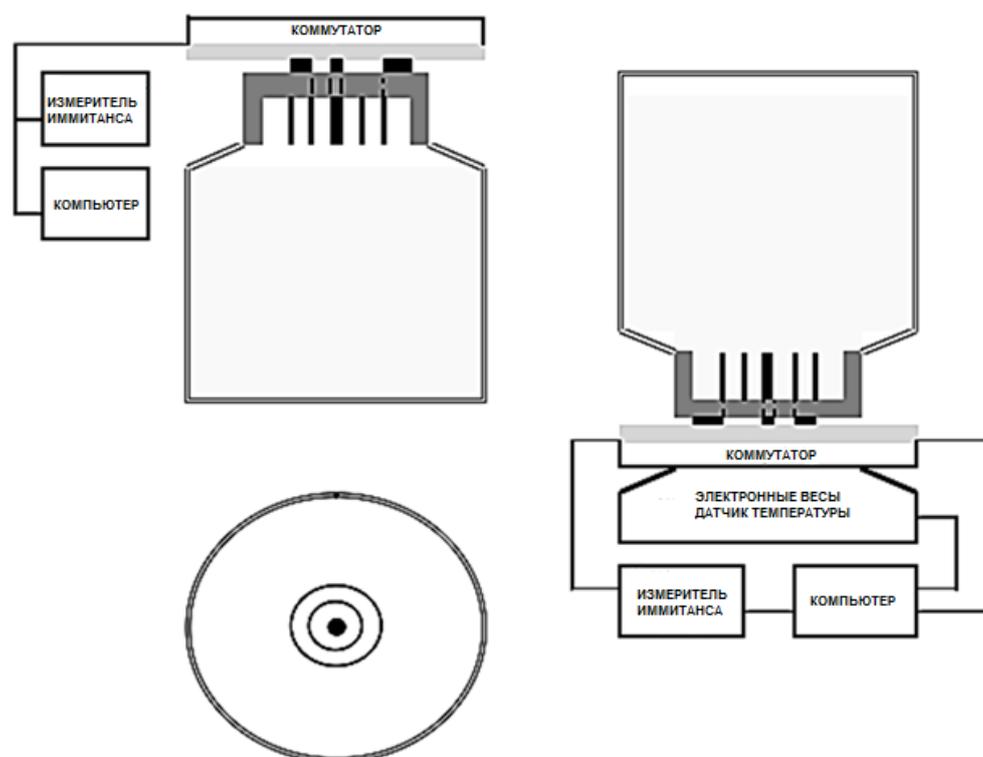


Рис. 1. Структура автоматизированного комплекса

Комплекс по контролю фасованных жидких продуктов состоит из измерителя иммитанса, электронных весов, датчика температуры, коммутатора и компьютера со специальным программным обеспечением и работает следующим образом: сначала происходит измерение массы (m) продукта и температуры (T), далее компьютер производит расчет текущей плотности (ρ_i) по формуле (1), а также плотностей при стандартных положительных и отрицательных температурах (ρ_t) по формуле (2). Измеритель иммитанса передает информацию об электропроводности (G), сопротивлении (R), емкости (C) или индуктивности (L), тангенсах углов потерь ($tg\delta$) и токах утечки (I) датчика-крышки внутри герметичной тары в газовой среде (при нормальном положении) и в жидкой среде (при перевороте тары) на фиксированных значениях частот измерений из рабочего диапазона устройства (рис. 2) [4]. При этом полученные данные образуют спектры значений, записываемых компьютером, и используются для последующих вычислений относительной диэлектрической проницаемости (ϵ) воды по формуле (3), ее динамической вязкости (η_0) по формуле (4), для чего вычисляются макро- (τ) и

микроскопические времена (τ_0) релаксации по формулам (5, 6), а кинематическая вязкость (ν), зависящая от температуры, вычисляется по формулам (7–9) [4, 5]:

$$\rho_i = (P_i - P_j)/V_{ij}, \quad (1)$$

$$\rho_t = \rho_{20^\circ\text{C}} - \Delta t \cdot (t - 20^\circ\text{C}), \quad (2)$$

$$\varepsilon = C_{\text{изм}}/C_0, \quad (3)$$

$$\eta_0 = \tau_0 \eta_\varepsilon / \tau_\varepsilon, \quad (4)$$

$$\tau = \frac{3\varepsilon\tau_0}{2\varepsilon+1}, \quad (5)$$

$$\tau_{1,2} = \frac{\varepsilon-1}{4\pi f \text{tg} \delta} \pm \sqrt{\frac{(\varepsilon-1)^2}{16 f^2 \pi^2 \text{tg}^2 \delta} - \frac{\varepsilon}{4\pi^2 f^2}}, \quad (6)$$

$$\lg \lg(\nu + 0.8) = a + b \lg T, \quad (7)$$

$$a = \lg \lg(\nu + 0.8) - b \lg T_1, \quad (8)$$

$$b = \frac{\lg[\lg(\nu_1+0.8)/\lg(\nu_2+0.8)]}{\lg \frac{T_1}{T_2}}, \quad (9)$$

где P_i — измеренный вес i -го образца в фасованной таре, кг;

P_j — вес j -ой эталонной тары, кг;

$V_{ij} = 0.5, 1.5 \dots$

N_l — эталонный объем тары;

$\Delta t = (18,31 - 13,233 \cdot \rho_{20^\circ\text{C}}) \cdot 10^{-4}$ — температурная поправка к плотности на один градус;

t — искомая температура, $^\circ\text{C}$;

ρ_T — плотность жидкости при текущей температуре и при 20°C ;

C_0 — емкость датчика в воздухе;

$C_{\text{изм}}$ — емкость датчика в жидкости;

η_0 — динамическая вязкость;

ω — циклическая частота;

η_ε и τ_ε — табличные данные воздуха, загруженные в компьютер;

a и b — эмпирические коэффициенты;

T_1 и T_2 — стандартная температура жидких и вязких сред.

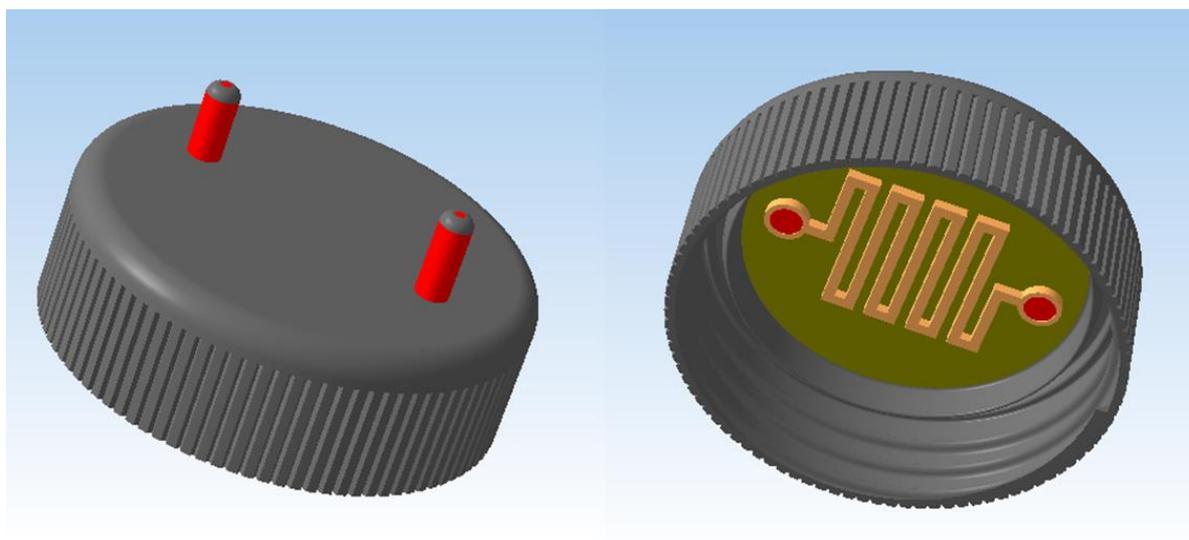


Рис. 2. 3D-модель датчика крышки в ПП КОМПАС-3D v16

Благодаря конструкции датчика-крышки появляется возможность осуществить локальный нагрев жидкости и замерить электропроводность при двух разных температурах в интервале от точки кипения до точки замерзания. И по пересечению этих зависимостей находят характеристическую частоту колебаний, которая может быть использована как основной критерий определения рода жидкости [6].

Совокупность измеренных и вычисленных параметров формирует образ жидкости, который уже сравнивается с эталонным образом. Значительные отклонения параметров от эталона свидетельствуют о подделке жидкого продукта.

Заключение. Таким образом, для достижения цели исследования на практике необходимо, во-первых, на этапе фасовки внедрить датчик-крышку, во-вторых, снабдить производителей, контролирующие органы и торговые точки автоматизированными комплексами и, в-третьих, сформировать единую базу эталонов.

Библиографический список

1. Вода питьевая (в т. ч. минеральная) / Роскачество : [сайт]. — URL: <https://rskrf.ru/ratings/napitki/bezalkogolnye/drinking-water/> (дата обращения: 22.10.2022).
2. Контрафакт на рынке сливочного масла составляет 50 % / Известия : [сайт]. — URL: <https://iz.ru/1125999/2021-02-17/eksperty-nazvali-doliu-kontrafakta-moloka-i-masla> (дата обращения: 22.10.2022).
3. Euromonitor International: в России 28,5 % потребляемого алкоголя является нелегальным / Profibeer: портал пивного рынка. Вино и крепкий алкоголь: [сайт]. — URL: <https://profibeer.ru/alcohol/euromonitor-international-v-rossii-28-5-potrebyaemogo-alkogolya-yavlyaetsya-nelegalnym/> (дата обращения: 22.10.2022).
4. Мартынов, В. В. Метод и переносной автоматизированный комплекс экспресс-анализа бутилированной воды / В. В. Мартынов, В. В. Белозеров // European journal of Natural History. — 2021. — № 1. — С. 66–71.
5. Патент 2696810 Российская Федерация, С1 G01N 11/00. Способ экспресс-анализа жидких фасованных продуктов и установка для его осуществления [Текст] / В. В. Белозеров, А. Д. Лукьянов, П. С. Обухов, Д. В. Абросимов, А. Ю. Любавский, Вл. В. Белозеров; заявитель и правообладатель Донской государственный технический университет. — № 2018147515; заявл. 29.12.18; опубл. 06.08.19. Бюл. № 22. — 20 с.
6. Патент 2383010 Российская Федерация, А G01N 27/100. Способ определения рода жидкости / С. В. Усиков, Н. В. Астратьева, Л. К. Васильева, Ю. И. Карташов, А. С. Усиков, В. В. Фоменко; заявитель и правообладатель Российский научный центр «Прикладная химия». — № 2008117920/28; заявл. 04.05.08; опубл. 10.11.09. Бюл. № 6. — 1 с.

Об авторе:

Мартынов Виктор Владимирович, аспирант кафедры «Автоматизация производственных процессов», инженер кафедры «Системы автоматизированного контроля» Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), 89054516201@mail.ru

About the Author:

Martynov, Viktor V., Postgraduate student, Automation of Production Processes Department, Engineer, Automated Control Systems Department, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), 89054516201@mail.ru