



**Республика Молдова**  
**МИНИСТЕРСТВО ЭКОНОМИКИ**  
**ПРИКАЗ №. 232**  
**от 19.12.2016**

**об утверждении законодательной методики выполнения измерений РМЛ 14-03:2016 “Методика выполнения измерений. Измерение плотности фасованных товаров”**

Опубликован : 10.03.2017 в Monitorul Oficial Nr. 73-77    статья № : 495

Во исполнение п.(5) ст.6 Закона о метрологии № 19 от 4.03.2016 (Официальный монитор Республики Молдова, № 100-105, ст. 190 от 15 апреля 2016) ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить в качестве законодательной методики выполнения измерений:  
- РМЛ 14-03:2016 “Методика выполнения измерений. Измерение плотности фасованных товаров” (согласно приложению).
2. Опубликовать настоящий приказ в Официальном мониторе Республики Молдова и разместить на официальном сайте Министерства экономики.
3. Передать настоящий приказ Национальному институту метрологии для размещения на своем официальном сайте и для опубликования в специализированном журнале “Metrologie”.

**ЗАМ. ПРЕМЬЕР-МИНИСТРА,  
МИНИСТР ЭКОНОМИКИ**

**Октавиан КАЛМЫК**

**№ 232. Кишинэу, 19 декабря 2016 г.**

# МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ

## ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ФАСОВАННЫХ ТОВАРОВ

### I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1. Настоящая методика выполнения измерений устанавливает методы определения плотности фасованных товаров, используемые в процессе законодательного метрологического контроля фасованных товаров, в случае косвенных измерений фактического объема фасованных товаров, маркированных в единицах объема;

2. Настоящая методика разработана в соответствии с:

- Общий регламент законодательной метрологии по установлению норм номинального количества фасованных товаров, утверждённый Постановлением Правительства РМ №. 907 от 04 ноября 2014г.

3. Определение используемых терминов в настоящей законодательной методике даны в:

- Законе о метрологии № 19 от 04 марта 2016г.;
- Общем регламенте законодательной метрологии по установлению правил в отношении номинальных количеств фасованных товаров, утверждённый Постановлением Правительства РМ №. 907 от 04 ноября 2014г.;
- SM SR Ghid ISO/CEI 99:2012 Международный словарь по метрологии. Основные и общие понятия и соответствующие термины (VIM).

4. В соответствии с Международной системой единиц (SI), плотность является производной величиной, определяемая как отношение массы ( $m$ ) вещества и объема ( $V$ ) данного вещества, если измерение массы вещества было сделано в вакууме. Единица измерения для плотности является килограмм на кубический метр ( $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Плотность является величиной зависимой от температуры, будучи обратно пропорциональна к ней. Значения плотности обычно даются при опорной температуре  $20\text{ }^\circ\text{C}$ . Если измерение плотности происходит при температуре, отличающемся от  $20\text{ }^\circ\text{C}$ , необходима коррекция результата измерения в зависимости от температуры и в соответствии с формулой

$$\rho = \rho_t [1 + \gamma(t - 20)]; \quad (1)$$

где:

- $\rho$ : величина плотности продукта при  $20\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- $\rho_t$ : величина плотности продукта измеряемая при температуре  $t$ ;
- $\gamma$ : коэффициент расширения объема продукта.

Если плотность продукта измеряется в диапазоне температуры  $(20 \pm 0,5)\text{ }^\circ\text{C}$ , нет необходимости корректировать результат измерения в зависимости от температуры.

### II. ИСТОЧНИКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ

5. Систематические погрешности измерения плотности генерируются следующими факторами:

- 1) Измерение при температуре отличной от 20 °С без необходимых поправок;
- 2) Использование неподходящих СИ;
- 3) Эффект подъемной силы при измерении;
- 4) Неадекватный отбор проб.

6. Решения для устранения погрешностей:

- 1) Продукт доводится до опорной температуры путём акклиматизации, а затем измеряется плотность;
- 2) Измеряется температура продукта, измеряется плотность и применяется формула коррекции плотности в зависимости от температуры;
- 3) Не применяются коррекции к диапазону температур от 20 °С ± 0,50 °С;
- 4) Использование неподходящего СИ при проведении измерений:
  - а) Неподходящее СИ для данного типа продукции;
  - б) технически неподходящий измерительный прибор;
  - с) использование весов неавтоматического действия, точность и значение деления которых не соответствуют остальным средствам измерения, используемых при измерении;
- 5) Не притягивать во внимание эффекта подъемной силы при измерении массы. Подъемная сила зависит от плотности воздуха  $\rho_v$  и условной плотности используемых эталонных гирь  $\rho_T$ , (на практике, чтобы компенсировать эту силу используется для расчета  $\rho_v = 0,0012$  г/мл и  $\rho_T = 8,0$  г/мл). Используется формула:

$$m_o = m_u \times 0,99985 \frac{\rho_T}{\rho_T - 0,0012}, \text{ г/мл} \quad (2)$$

где:  $m_d$  – действительная масса;

$m_u$  – масса измеренная;

$\rho_T$  – плотность фасованного товара в упаковке.

- б) Погрешности, вызванные включениями воздуха в продукте. Причины включения воздуха могут быть следующими:
  - а) введение воздуха в продукт в процессе производства;
  - б) введение воздуха в образцах во время их отбора;

Решения для устранения погрешности вызванной включениями воздуха:

- а) измеряется плотность после устранения воздушных включений посредством фильтрации или смешивания;
- б) если воздушные включения являются следствием заполнения продукта, не будучи остаточными, отбор проб производится до наполнения или, если отбор был произведен после наполнения, оставляется достаточное время до начала измерения плотности, настолько чтобы воздушные включения были удалены;
- 7) Наличие осадка: бывает в продуктах, содержащих несколько компонентов с различной плотностью и способностью разделяться.
  - а) если образец выбирается из неоднородной фазы, берется образец из другой точки линии упаковки или берутся больше образцов для определения плотности;
  - б) там, где разделение происходит даже в образце, перед измерением образец смешивают.

### III. ВЫБОР СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ И ТИПА ПРОДУКТА, ПЛОТНОСТЬ КОТОРОГО ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ

7. Средства измерения плотности:

- Пикнометр;
- Сферический плунжер;
- Сосуд с вертикальной маркировкой;
- Сосуд, заполненный водой до края;
- Ареометр (гидрометр);
- Портативный электронный плотномер;
- Лабораторный электронный плотномер;
- Гидростатические весы (Mohr);
- Плунжерный метод для шпатлевок

Таблица 1 - Методы и средства измерения выбираются в зависимости от продукта.

№	Продукт	Метод
1.	Жидкости, не содержащие CO <sub>2</sub> или другие газы	-Сферический плунжер - Металлический Пикнометр - Ареометр - Электронный плотномер
2.	Продукты с/без CO <sub>2</sub> в недеформируемых прозрачных сосудах	- Вертикальная маркировка
3.	Продукты, содержащие CO <sub>2</sub> в непрозрачных сосудах	- Если сосуд полупрозрачный используется вертикальный способ маркировки. - Если вышеописанный метод невозможен, дают испариться CO <sub>2</sub> , после чего используется метод №1.
4.	Вязкие жидкости	- Металлический Пикнометр - Лабораторный электронный плотномер
5.	Шпатлевки	- Плунжерный метод для шпатлевок - Пикнометр с жидкостью, которая не вступает в реакцию с образцом.
6.	Аэрозоли	-Лабораторный электронный плотномер - Пикнометр высокого давления
7.	Продукты в различных фазах в недеформируемых непрозрачных сосудах	- сосуд, заполненный водой и использованный в качестве пикнометра
8.	Продукты в различных фазах в деформируемых сосудах	-продукт переносят в стеклянную колбу Эрленмейера, которая используется в качестве пикнометра (см № 7)

## IV. ПРОЦЕДУРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПЛОТНОСТИ

### 8. Пикнометр

#### Описание

Пикнометры (рисунок 1) являются мерами, изготовленными из стекла или металла с фиксированным объемом. Пикнометр закрывают пробкой или крышкой, в котором имеется небольшое отверстие, которое позволяет воздуху, а также излишкам продукта быть удаленными так, чтобы после его наполнения, содержащееся в пикнометре количество было неизменно. Наиболее часто используемые пикнометры с емкостью 50 мл. или 100 мл. Не рекомендуется использование пикнометров с емкостью менее 25 мл. Для того, чтобы получить наибольшие точности рекомендуется пикнометры емкостью 100 мл, или более.

*Важно:* Фактический объем содержимого пикнометра, если измерено с высокой точностью, может отличаться от номинальной емкости (маркированной) сосуда.

#### Области применения

Таблица 2 -Области применения пикнометров

Тип	Область применения
Стеклянные пикнометры	Прозрачные жидкости без CO <sub>2</sub> или другие растворы под давлением
Пикнометры, наполненные жидкостью, которые не вступают в реакцию с образцом	Пастообразные продукты: шпатлёвки, клеи, продукты, упакованные в деформирующихся тюбиках
Металлические пикнометры	Вязкие или слегка пастообразные продукты (чистящие средства, лаки и т.д.)



Рисунок 1. Пикнометры

### Необходимое оборудование:

- Калиброванный пикнометр (метод калибровки должен быть известен);
- Весы, со значением шкалы 10 мг (0,01 г) или менее в случае использования пикнометра на 100 мл и 1 мг (0,001 г) или меньше, в случае использования пикнометра на 25-мл;
- Эталонные гири класса точности М1;
- Термометр со значением деления 0.1°C или 0.2 °C;
- Термостатическая баня.

### Подготовка и измерение

#### **Метод без использования вспомогательных жидкостей, которые не вступают в реакцию с образцом**

- Пикнометр очищается водой и спиртом.
- В верхней части пикнометра наносится тонкий слой вазелина, таким образом, чтобы обеспечить герметичность крышки.
- Пикнометр и его крышка помещается на весы и записывается результат взвешивания ( $M_0$ ).
- Наполняется осторожно пикнометр, так чтобы избежать введения пузырьков воздуха. Уровень заполнения должен быть такой, чтобы после окончательной посадки крышки, через отверстие могло вылиться лишь небольшое количество продукта.

Вставляется пробка или колпачок свободно на пикнометр, и помещают в термостатную баню с температурой  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ .

- Через (20 ÷ 30) минут, вынимается пикнометр и довольно быстро высушивается, чтобы избежать изменения температуры.

- Пробка или крышка пикнометра вставлена/вкручена хорошо и излишки продукта вокруг пробки или крышки протирается бумажной всасывающей салфеткой.

- Пикнометр взвешивают ( $M_v$ ), сливают, очищают, сушат, а затем снова взвешивают, вместе с эталонными гирями, соответствующими приблизительно значению  $M_v - M_0$ , соответствующей массе продукта из пикнометра;

- Регистрируются показания весов  $I_0$ . Данная последняя операция позволяет определять коррекцию, которая в последствии будет применяться для компенсации систематических погрешностей весов.

*Примечание:* При использовании металлического пикнометра, при обработке вязких непрозрачных продуктах и пастообразных, могут быть необходимы дополнительные меры предосторожности, во избежание введения воздушных пузырьков.

#### **Метод наполнения с вспомогательными жидкостями, которые не вступают в реакцию с продуктом**

Если пикнометра заполняется продуктом из какой-либо трубки или сосуда, можно предотвратить введение воздушных пузырей, во-первых, путём заполнения пикнометра жидкостью, которая не взаимодействует с образцом имея известную плотность, которая не смешивается с продуктом (чаще всего используется вода).

Во-первых, происходит взвешивание порожнего пикнометра, а затем заполняют небольшим количеством (например, 1/3) с жидкостью, который не вступает в реакцию с образцом, а затем заново взвешивают.

Продукт, подлежащий измерению, введён таким образом, чтобы уровень был близок к крышке, после чего пикнометр взвешивается в третий раз. Заполнение пикнометра затем дополняется жидкостью, которая не взаимодействует с продуктом, а затем взвешивают в четвертый раз.

Расчеты:

**Метод А**

$$\rho = 0.99985 \cdot \frac{M_p}{V} + 0.0012, \text{ г/мл} \quad (2)$$

Где:

$\rho$ : плотность продукта при 20°C;

$M_p$ : мнимая масса продукта:  $M_p = M_v - M_0 + C$ ;

$C = M_0$  + дополнительные эталонные гири -  $I_0$

$V$ : объем пикнометра при температуре измерения.

**Метод В**

$$\rho = 0.99985 \cdot \frac{m_2 - M_1}{V - 0.99985 \cdot \frac{(m_1 - m_0) - (m_2 - m_3)}{\rho_v - 0.0012}} + 0.0012, \text{ г/мл} \quad (3)$$

Где:

$m_0$ : результат взвешивания (мнимая масса) порожнего пикнометра;

$m_1$ : пикнометр + частичное заполнение вспомогательной жидкостью;

$m_2$ : пикнометр + частичное заполнение вспомогательной жидкостью + продукт;

$m_3$ : пикнометр + полное заполнение вспомогательной жидкостью + продукт;

$\rho_v$ : плотность вспомогательной жидкости при температуре измерения.

## 9.Плунжер (Gamma Sphere)



**Рисунок 2.** Сферический плунжер

### Описание

Плунжер представляет собой шар, который, как правило, изготовлен из хромированной латуни и прикреплён к стержню, длина которого может быть отрегулирована путём вращения.

Он доступен в двух вариантах 100 мл и 10 мл.

Моделью 100 мл имеет стержень с делениями, указывающие на глубину погружения.

Модель на 10 мл не рекомендуется для использования из-за большой относительной погрешности вызванной поверхностным напряжением исследуемой жидкости. Примерное значение поверхностного напряжения данных жидкостей, должна быть известна и при использовании модели на 100 мл.

### Области применения

Прозрачные жидкости и слегка вязкие, с добавлением или без CO<sub>2</sub>, или другие средства. Благодаря лёгкой очистки, сферический плунжер, особенно рекомендуется для лаков, красок и других подобных продуктов средней вязкости.

### Необходимое оборудование

- Эталонированный сферический плунжер;
- Взвешивающее устройство, со значением деления  $\leq 10$  мг (0,01 г) и максимальной нагрузкой на 800г или большее в случае использования плунжера на 100 мл.
- Эталонные гири класса точности M1;
- Термометр со значением деления 0,1°C или 0,2 °C;
- Мерный стакан на 500 мл или на 600 мл;
- Стержень для плунжера;
- Термостатная баня.

### Подготовка и измерение



- Очищается сферический плунжер, стакан и сушат. Затем стакан заполняется продуктом на столько, насколько возможно погружение плунжера до установленной глубины (например, 300 мл). Необходимо, вовремя этой операции избегать введения воздушных включений;

- Плунжер и стакан помещается в термостатную баню при  $20\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$  на  $20 \div 30$  мин, после чего вынимаются и сушат;

- Стакан помещается на взвешивающее устройство и регистрируется результат взвешивания ( $M_0$ ), или же устанавливается как тара для взвешивающего устройства, при наличии такой функции;

- Плунжер осторожно вводится в жидкость, пока приблизится к линии, отмеченной на стержне (например, 5 мм ниже уровня жидкости);

- Нижняя часть стержня вращается, удерживая верхнюю часть таким образом, чтобы отметка была немного ниже уровня жидкости.

- Снова стержень вращается легко, так чтобы был поднят, и чтобы сформировался четкий мениск. Мениск должен быть полностью сформирован для того чтобы можно было правильно рассчитать влияние давления поверхности на измерение плотности. Указанное значение весов регистрируются ( $M_v$ ).

- В окончании, с целью устранения систематических погрешностей вызванными весами, ставится на весы стакан с жидкостью без плунжера, и добавляются эталонные гири, соответствующие примерно значению разницы  $M_v - M_0$  и регистрируется показатель  $I_0$ .

#### Расчеты:

$$\rho = 0.99985 \cdot \frac{M_p}{V} + \frac{\pi \cdot d}{g \cdot V} \cdot \sigma + 0.0012 \text{ g / ml} \quad (4)$$

Где:

$\rho$  : плотность продукта при  $20^{\circ}\text{C}$  в  $\text{mg/l}$

$M_p$ : мнимая масса массы смещённой плунжером:  $M_p = M_v - M_0 + C$ ,

где  $C$  коррекция для системной погрешности весов:

$C = M_0 + \text{дополнительные гири} - I_0$  ;

$V$ : объем плунжера(мл) при температуре измерения;

$g$ : гравитационное ускорение ( $9.81 \text{ м/с}^2$ )

$d$ : диаметр стержня плунжера (мм),  $\gamma$ = поверхностное напряжение продукта в Н/м

$\pi$ . 3.1416

Примечание:

1) Желательно чтобы было известно, как можно точнее значение напряжения поверхности, в противном случае могут появиться погрешности порядка  $0,0007 \text{ г/мл}$ , при использовании плунжера на  $100 \text{ мл}$ .

2) Формула используется для плотности воздуха со средним значением  $0,0012 \text{ г/мл}$  и  $8,0 \text{ г/мл}$  плотность эталонных масс.

#### Эталонирование плунжера:

Объем плунжера эталонирован посредством погружения в жидкость с известной плотностью. Фактический объем плунжера рассчитывается в соответствии с формулой:

$$V = \frac{0,99985 \cdot M + \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma_c}{g}}{[\rho_c - 0,0012] \cdot [1 + (t - 20) \cdot \alpha_v]} \text{ мл} \quad (5)$$

Где:

$V$ : объем плунжера при 20 °С, в мл.

$M$ : мнимая масса смещённой жидкости плунжером (результат скорректированного взвешивания для удаления системных погрешностей весов), в г;

$T$ : температура во время измерения в °С;

$d$ : диаметр стержня плунжера, в мм;

$g$ : гравитационное ускорение,  $\text{м/с}^2$ ;

$\alpha_v$ : коэффициент расширения объёма материала плунжера, в  $\text{К}^{-1}$ ;

$\sigma_c$ : коэффициент поверхностного напряжения жидкости, использованной для эталонирования, в Н/м;

$\rho_c$ : плотность жидкости калибровки при температуре  $t$ , в г/мл;

(Дистиллированная вода:  $\sigma_c = 0,072 \text{ Н/м}$ ;  $\rho_c = 0,998201 \text{ г/мл}$  при 20 °С)

Метод для испаряющихся продуктов:

Испаряющиеся жидкости могут испаряться слишком быстро для использования описанного нормального метода. В этом случае измерения могут проводиться, поставив стержень плунжера прямо на весах.

*Внимание:* в данном случае, термин числителя формулы (5), который содержит поверхностное напряжение, вычитается.

$$V = \frac{0,99985 \cdot M - \frac{\pi \cdot d \cdot \sigma_c}{g}}{[\rho_c - 0,0012] \cdot [1 + (t - 20) \cdot \alpha_v]} \text{ мл} \quad (5.1)$$

### 10. Сосуд помеченный вертикально



**Рисунок 3.** Сосуд помеченный вертикально

Описание

Данный метод использует сосуд продукта. Принцип тот же что и у пикнометра, лишь объем сосуда или бутылки не известен изначально.

#### Сосуд должен:

- 1) Быть не деформируемый;
- 2) Быть прозрачным на месте меточной линии;
- 3) На месте метки, диаметр горлышки сосуда не должен превышать 35 мм.

Маркировка линии и уровня жидкости должно быть сделаны аккуратно, чтобы избежать грубых ошибок/погрешностей.

#### Области применения:

- 1) Напитки, содержащие CO<sub>2</sub>;
- 2) Неоднородные продукты;
- 3) Испаряющиеся продукты.

#### Необходимое оборудование

- Стекланный прозрачный сосуд, не деформируемый, наполненный измеряемым товаром;
- Взвешивающее устройство, с максимальным пределом адекватного взвешивания, со значением деления 10мг для сосуда более чем на 500 мл и 100 мг для остальных;
- Термостатная баня;
- Чёрный маркёр, устойчивый к воде.

#### Подготовка и измерение

- Выбирается одна наполненная бутылка с производственной линии, с повышенным уровнем жидкости, после чего помещается в термостатную баню при 20°C ± 0,2°C, на 20 ÷ 30 минут;
- Ставится бутылка на горизонтальную поверхность, и проводится маркёром широкая вертикальная линия, которая пересекает уровень жидкости, после чего проводится (или царапается) горизонтальная линия, используя шариковую ручку через вертикальную линию напротив мениска жидкости;
- Взвешивается бутылка и регистрируется показатель (M<sub>v</sub>).
- Опустошается бутылка, очищается, наполняется дистиллированной водой немного ниже уровня отмеченного горизонтальной линией. Измеряется температура воды (t) из бутылки;
- Бутылка ставится на горизонтальную поверхность и наполняется до уровня отметки. Бутылка закрывается и взвешивается (M<sub>w</sub>);
- Бутылка опустошается заново, сушится и взвешивается вместе с колпачком (M<sub>t</sub>);
- Если есть необходимость, можно определить и взять во внимание систематическую погрешность взвешивающего устройства посредством отдельных измерений, используя эталонные гири с приблизительным значением к M<sub>v</sub>, M<sub>w</sub> și M<sub>t</sub> для которых используются коррекции, обозначенные с C<sub>v</sub>, C<sub>w</sub> și C<sub>t</sub>.

#### Расчёты:

В случае бутылки отмечено вертикально, общая применяемая формула следующая:

$$\rho = (\rho_w - 0,0012 \cdot \frac{M_p}{M_n} + 0,0012) \text{ г/мл} \quad (6)$$

Где:

$\rho$ : плотность продукта при 20 °С в г/мл;

$\rho_w$ : плотность воды при "t"°С в г/мл;

$M_p$ : мнимая масса продукта в г:

$$M_p = (M_v + C_v) - (M_t + C_t) \quad (7)$$

$M_n$ : мнимая масса воды из сосуда в г:

$$M_n = (M_w + C_w) - (M_t + C_t) \quad (8)$$

### 11. Сосуд, наполненный водой до верхнего края



**Рисунок 4.** Сосуд используемый как пикнометр

#### Описание

Этот метод использует такой же принцип измерения, как и принцип отмеченного сосуда, используя сосуд как пикнометр, лишь с разницей наличия стеклянной крышки или же из плексигласа, с предусмотренным отверстием в центре.

Сосуд должен:

- быть не деформируемый;
- иметь гладкие края;
- форма должна быть предусмотрена таким образом, чтобы, после наполнения не удерживался воздух.

Этот метод менее точен чем предыдущие, но ещё пригодный для определённых случаях применения.

*Примечание:* \*Вода не должна изменить молекулярную структуру продукта.

#### Области применения

Сосуды совершенно наполненные, содержащие воду, неоднородные продукты, супы, напитки с фруктовыми наполнителями, краски в различных фазах, и д.

*Важно:* Вода не должна изменить молекулярную структуру самого продукта.

#### Необходимое оборудование

- Не деформируемый сосуд, с плоским верхним краем, с формой не позволяющей задержание воздуха во время его наполнения;
- Взвешивающее устройство, со значением деления  $\leq 10$  мг, для сосудов менее чем на 500 мл и 100мг (0.1 г) для сосудов на 500 мл или более;
- Колпачок /крышка из стекла или плексигласа, с отверстием по центру;
- Термометр со значением деления  $0.1^{\circ}\text{C}$  или  $0.2^{\circ}\text{C}$ ;
- Термостатная баня.

### Подготовка и измерение

- Выбирается одна закрытая бутылка с производственной линии, и помещается на  $(20 \div 30)$  минут в термостатную баню при  $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ;
- Открывается сосуд, и смазываются края вазелином для получения герметичности крышки;
- Сосуд и колпачок (отдельно) ставятся на весы и взвешивается вместе ( $M_p$ ), (рисунок 5);
- Добавляется вода при  $20^{\circ}\text{C}$  в сосуд до 5 мм от края, колпачок размещается на сосуд таким образом, чтобы отверстие было в центре открытия сосуда и помещается на весы;
- Добавляется осторожно вода до определённого уровня, не вводя воздушные пузыри под крышку. В случае наличия воздушных пузырей, нажимается легко на крышку и доливается (рисунок 6.);
- Регистрируется показания нового взвешивания ( $M_s$ );
- Сосуд опустошается, сушится, смазываются края тонким слоем вазелина и после взвешивается вместе с крышкой ( $M_t$ ), (рисунок 7.);
- Наполняется сосуд дистиллированной водой до приблизительно 10 мм от края, и измеряют температуру воды ( $t$ );
- Устанавливается колпачок на сосуд, ставится на весы, завершается заполнение и регистрируется показатель весов ( $M_w$ ), (рисунок 8.);
- Определяется, если есть необходимость, коррекция для взвешивающего устройства используя эталонные гири приблизительно тех же значений массы как показатели  $M_p$ ,  $M_s$ ,  $M_t$  și  $M_w$ ; соответствующие коррекции отмечены как  $C_p$ ,  $C_s$ ,  $C_t$  și  $C_w$ .



Рисунок 5. Взвешивание



Рисунок 6. Выравнивание уровня водой и гири



Рисунок 7. Взвешивание пустого сосуда и крышки Рисунок 8. Наполнение водой и взвешивание

Расчеты:

Общая формула для плотности в данном случае следующая:

$$\rho = (\rho_w - 0.0012) \cdot \frac{M_p^* - M_t^*}{M_p^* - M_t^* + M_w^* - M_s^*} + 0.0012 \text{ г/мл} \quad (9)$$

где:

$\rho$ : плотность продукта при 20 °С вг/мл;

$\rho_w$ : плотность воды при "t" °С вг/мл;

$$M_p^* = M_p + C_p \quad (10)$$

$$M_s^* = M_s + C_s \quad (11)$$

$$M_t^* = M_t + C_t \quad (12)$$

$$M_w^* = M_w + C_w \quad (13)$$

12. *Ареометр*



**Рисунок 9.**Ареометр

Описание

Ареометр представляет собой стеклянную трубку. Нижняя часть, которая при использовании погружена в жидкость, наполнена балластным материалом, а верхняя часть, которая при использовании является частично погруженной, имеет узкую цилиндрическую форму с градуировкой. Метод работы основывается на принципе Архимеда: степень погружения зависит от баланса веса ареометра и подъемной силы, определяемой объемом вытесненной жидкости.

Существуют различные типы ареометров:

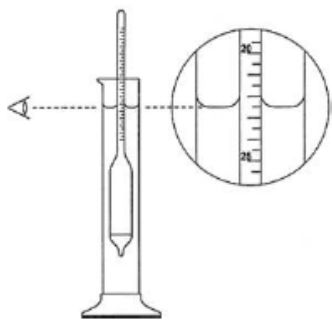
- с или без встроенного термометра;
- различного уровня точности: от 0,02 г/мл до 0,0001 г/мл;
- с различными интервалами (в зависимости от уровня точности).

Самый часто используемый тип для измерения плотности фасованных товаров в области контроля таковых, с последующей маркировкой является ареометр без встроенного термометра с точностью 0.0005 г/мл.

Из-за малого диапазона каждого ареометра (0,05 г/мл), необходимы девять ареометров для покрытия диапазона от 0,750 г/мл до 1,200 г/мл.

Надлежащее использование или регулировка зависит от типа продукта, подлежащего измерению: в случае, когда жидкость прозрачна, прочтение данных может быть принято в нижней черте мениска; если это невозможно, то данные берутся в верхней части мениска (рисунок 10). Также, необходимо учитывать поверхностное напряжение используемой жидкости для калибровки ареометра.

Взвешивающее устройство не является необходимым.



**Рисунок 10.**Чтение данных в соответствии с мениском для прозрачных жидкостей

Области применения



Негазированные жидкости, жидкости с низкой вязкостью и в однородной/гомогенной фазе.

#### Необходимое оборудование

- Сертифицированный ареометр с точностью до 0,0005 г/мл для данных продуктов;
- Термометр со значением деления 0.1<sup>0</sup>С и 0.2<sup>0</sup>С;
- Цилиндрический стеклянный сосуд(стеклянный цилиндр) с достаточной высотой и не очень узким;
- Термостатная баня

#### Подготовка и измерение

- Стеклянный цилиндр и ареометр должны быть сначала осторожно и тщательно очищены.
- Стеклянный цилиндр заполняется жидкостью для измерения, избегая введение пузырьков воздуха. Цилиндр и ареометр вставляется в термостатную баню, для получения равномерной 20<sup>0</sup>С температуры.
- Берётся осторожно ареометр и вставляется так, чтобы он плавал вертикально и свободно в продукте. Чтение показаний проводится с использованием верхней или нижней линии мениска, в зависимости от типа жидкости и калибровки/эталонирования.

#### Расчёты:

Плотность продукта есть:

$$\rho = \text{показания} + \text{корректирующий фактор г/мл}; \quad (14)$$

Корректирующий фактор указывается индивидуально в сертификате эталонирования каждого ареометра.

### 13. *Портативный электронный плотномер*

#### Описание

Портативные электронные плотномеры, поступающие в торговлю, имеют резолуцию на 0,001г/мл для плотности и 0,1<sup>0</sup>С для температуры и могут быть использованы для измерения плотности фасованных товаров. Их принцип основан на измерении резонансной частоты U-образной стеклянной трубки, которая имеет постоянный объем при данной температуре. Эта частота зависит от массы трубки и, таким образом, указывает плотность содержимого продукта. Дисплей отображает плотность непосредственно в г/мл. Этот тип прибора может не включать в себя контроль температуры, но позволяет чтобы температура принималась во внимание при расчётах.

Встроенный термометр может быть с точностью 0,5<sup>0</sup>С и резолуцией для афиширования плотности на 0,001 г/мл.

Использование инструмента в следующих диапазонах:

- плотность продукта должна быть в диапазоне (0,7 ÷ 1,2) g/m (г/мл) l;





- температура должна быть в пределах  $(10 \div + 30)$  °С.

Инструмент может быть использован двумя способами:

- Со встроенной резиновой всасывающей грушей;
- С внешними пластиковыми шприцами.

Первый метод не рекомендуется, поскольку он может легко ввести воздушные пузыри, которые приводят к погрешностям при определении плотности.

Небольшое количество необходимой пробы, имеет низкую теплоёмкость и его температура, поэтому, может быть быстро доведённой до необходимой температуры, которая указана на приборе. Если не известен коэффициент расширения продукта, предпочтительно проводить работы при температуре 20° С.

*Важно:* Так как стекло является хрупким, то необходимо избегать давления в U-образной трубки и использование тяжёлых и вязких продуктов.

### Области применения

В соответствии с техническими требованиями изготовителя. В общем: не вязкие жидкости, не содержащие воздух или углекислый газ, и для которых плотность находится в диапазоне  $(0,7 \div 1,2)$  g/ml(г/мл).

### Необходимое оборудование

- Эталонированный портативный электронный плотномер и откалиброванный перед измерением;
- Дистиллированная вода для калибровки;
- Шприцы из пластмассы, с ёмкостью на 2 мл;
- Резиновая груша или насос;
- Термометр со значением деления на 0,1<sup>0</sup>С или 0,2<sup>0</sup>С;
- Установка в соответствии с инструкциями изготовителя.

### Подготовка

- Перед проведением измерений выполняется калибровка электронного плотномера или калибруется, по крайней мере, один раз в начале каждого дня использования;
- Шприц используется для введения дистиллированной воды, предусмотренной требованиями производителя, после того, как пузырьки воздуха были удалены;
- Ожидается предусмотренное производителем время, а затем читается соответствующая плотность и температура. Если плотность отличается от данных указанных в приложении А, более чем на 0,г/мл, плотномер требует калибровки с помощью устройства, предусмотренным для этой цели.
- Тогда измерительная ячейка опустошается, промывают спиртом и сушат. Показатели без продукта должны быть 0000 или 0.0001г / мл или 0.0002г / мл, в противном случае калибровка повторяется.

### Измерение

- Заполняется три или два шприца с образцами продукта. Выводится воздух из шприца, подняв иглу;
- Температура окружающей среды измеряется отдельным термометром. Температура окружающей среды предпочтительно должна быть в диапазоне  $(19,5 \div 20,5)$  °С. Плотность может измеряться и вне этого диапазона;
- Можно выделить/отметить три ситуации:

А. Температура окружающей среды находится в пределах  $(19,5 \div 20,5) \text{ }^\circ\text{C}$ ;

Б. менее чем  $19,5^\circ\text{C}$ ;

С. более чем  $20,5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

*Случай А:* Продукт может быть введён непосредственно в электронный плотномер с помощью шприца. Ожидается пока показатель температуры, показываемой прибором, не будет больше колеблется. Затем считывается плотность  $0,001 \text{ г / мл}$ . Повторяются действия с использованием второго шприца. В случае сомнений, используется третий шприц для подтверждения результата.

*Случай В:* Та же процедура, что и в случае А, но шприц держат под потоком воды с температурой  $25^\circ\text{C}$ , вводят содержимое, после чего температуре дают упасть до  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ , соответственно показаниям термометра устройства.

*Случай С:* Та же процедура, что и в случае В, но в первую очередь (для начала) охлаждается образец в потоке воды, имеющей температуру  $15^\circ\text{C}$ .

- Виданных трёх случаях, измерение плотности осуществляется путём прямого считывания данных и метод применяется при  $20^\circ\text{C}$ .
- После каждого измерения, измерительная ячейка плотномера очищается водой и спиртом, после чего сушат с помощью резиновой груши или насоса.

### 13. *Лабораторный электронный плотномер*

#### Описание

Эти типы плотномеров имеют большую точность, чем портативные плотномеры, также использующие метод резонансной частоты трубки, заполненной продуктом, подлежащим измерению. Они могут включать в себя регулировку температуры или используют термостатную баню. Некоторые типы могут выдерживать более высокое давление до 10 бар, что позволяет измерять плотность аэрозольных продуктов.

#### Области применения

Эти инструменты позволяют измерять все продукты, либо в виде суспензии или жидкости, но которые не содержат пузырьки воздуха или  $\text{CO}_2$ .

Для правильного использования инструментов, необходимо следовать инструкциям производителя.

### 14. *Гидростатические весы (Mohr);*



**Рисунок 11.**Весы Mohr's

## Описание

Данный тип весов предназначен для использования только в лабораторных условиях.

Принцип работы этих весов основан на принципе Архимеда. Весы взвешивают плунжер, висящий на тонкой металлической проволоке. Плунжер обычно представляет собой цилиндр с диапазоном объема между (1,0 ÷ 10,0) мл. Разница между результатом взвешивания в воздухе и взвешивания в жидкости позволяет определение плотности жидкости.

В случае весов Mohr, плунжер вначале взвешивают в воздухе, таким образом, чтобы количество добавленных гирь для восстановления равновесия в жидкости, поставляли непосредственно значения плотности жидкости в г/мл.

Торговые весы Mohr с прямым чтением показателей, не имеют высокую точность (наиболее точный 0,001 г/мл), однако принцип, при использовании аналитических весов, из-за проблем спровоцированными поверхностным напряжением, позволяет измерения с точностью 0.0001г/мл для жидкостей термостатический контролируемых.

## **15. Метод плунжера для шпатлёвок**

### Описание

Принцип: тестируемый продукт погружают в жидкость с известной плотностью. Разница между взвешенной массой в воздухе и в жидкости позволяет рассчитать плотность.

### Необходимое оборудование

- Лабораторный стакан с ёмкостью на 600 мл;
- Дистиллированную воду с температурой 20°C;
- Тонкие ленты из меди или латуни;
- Нейлон или металлическая проволока (например, рыболовная леска 0,18 мм);
- Весы для гидростатического взвешивания со значением деления 1мг (0,001 г) или менее;
- Стержень для весов, с обеспечением взвешивания под его тарелкой;
- Подставка для лабораторного стакана, регулируемая по высоте.

### Подготовка и измерение

- Металлическая лента присоединяется к проводу, затем взвешивают. Снимаются показания весов массы ленты в воздухе ( $M_1$ );
- Мерный стакан, наполовину заполненный водой с температурой 20°C и устанавливается под весами, так чтобы металлическая лента была полностью погружена в воду. Снимаются показания весов с лентой, погруженной в воде ( $M_2$ );
- Вынимается металлическая полоска из стакана, сушат и осторожно покрывают шпатлёвкой по всей длине. Снимается стакан и взвешивается продукт и лента в воздухе ( $M_3$ ).
- ставится сосуд под весы и взвешивается продукт и лента, полностью погруженная в воду ( $M_4$ ).
- При необходимости корректируются значения  $M_1$ - $M_4$  для систематических погрешностей весов.

### Расчеты:

$$\rho = \frac{M_3 - M_1}{(M_3 - M_1) - (M_4 - M_2)} \cdot (\rho_w - 0.0012) + 0.0012 \text{ g / ml} \quad (15)$$

Где:

$\rho$ : плотность продукта при температуре измерения;

$\rho_w$ : плотность воды при температуре измерения (из Приложения А).

*Примечание:* Если тестируемый продукт водорастворимый, то необходимо использовать другую эталонную жидкость (метанол или метилэтилкетон для силиконовых шпатлёвок).

## **V. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ**

17. Результаты измерения плотности заносятся в протоколизмерений. Образцы протоколов измерений представлены в Приложениях PML 14-01: 2016 Контроль через измерения и статистический анализ партий фасованных товаров и упаковках.

### **Приложение А**

#### **Плотность воды в зависимости от температуры**

(значения представлены в  $\text{kg/m}^3$ . Для получения значений в  $\text{g/ml}$ , значение разделяется на 1000.)

$t$ (°C)	0.0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
0	999.8396	999.8463	999.8528	999.8591	999.8653	999.8713	999.8771	999.8827	999.8882	999.8934
1	999.8985	999.9035	999.9082	999.9128	999.9172	999.9214	999.9254	999.9293	999.9330	999.9365
2	999.9399	999.9431	999.9461	999.9489	999.9516	999.9541	999.9565	999.9587	999.9607	999.9625
3	999.9642	999.9657	999.9670	999.9682	999.9692	999.9701	999.9708	999.9713	999.9717	999.9717
4	999.9720	999.9718	999.9716	999.9711	999.9705	999.9698	999.9689	999.9678	999.9666	999.9652
5	999.9637	999.9620	999.9602	999.9582	999.9560	999.9537	999.9513	999.9487	999.9459	999.9430
6	999.9399	999.9367	999.9334	999.9299	999.9262	999.9224	999.9184	999.9143	999.9101	999.9057
7	999.9011	999.8964	999.8916	999.8866	999.8815	999.8762	999.8708	999.8652	999.8595	999.8537
8	999.8477	999.8416	999.8353	999.8289	999.8223	999.8157	999.8088	999.8019	999.7947	999.7875
9	999.7801	999.7726	999.7649	999.7571	999.7492	999.7411	999.7329	999.7246	999.7161	999.7075
10	999.6987	999.6898	999.6808	999.6717	999.6624	999.6530	999.6434	999.6337	999.6239	999.6140
11	999.6039	999.5937	999.5834	999.5729	999.5623	999.5516	999.5408	999.5298	999.5187	999.5074
12	999.4961	999.4846	999.4730	999.4612	999.4494	999.4374	999.4253	999.4130	999.4007	999.3882
13	999.3756	999.3628	999.3500	999.3370	999.3239	999.3106	999.2973	999.2838	999.2702	999.2565
14	999.2427	999.2287	999.2146	999.2004	999.1861	999.1717	999.1571	999.1424	999.1276	999.1127
15	999.0977	999.0826	999.0673	999.0519	999.0364	999.0208	999.0051	998.9892	998.9733	998.9572
16	998.9410	998.9247	998.9083	998.8917	998.8751	998.8583	998.8414	998.8244	998.8073	998.7901
17	998.7728	998.7553	998.7378	998.7201	998.7023	998.6845	998.6665	998.6483	998.6301	998.6118
18	998.5934	998.5748	998.5562	998.5374	998.5185	998.4995	998.4804	998.4612	998.4419	998.4225
19	998.4030	998.3833	998.3636	998.3438	998.3238	998.3037	998.2836	998.2633	998.2429	998.2224
20	998.2019	998.1812	998.1604	998.1395	998.1185	998.0973	998.0761	998.0548	998.0334	998.0119
21	997.9902	997.9685	997.9467	997.9247	997.9027	997.8805	997.8583	997.8360	997.8135	997.7910
22	997.7683	997.7456	997.7227	997.6998	997.6767	997.6536	997.6303	997.6070	997.5838	997.5600
23	997.5363	997.5126	997.4887	997.4648	997.4408	997.4166	997.3924	997.3680	997.3436	997.3191
24	997.2944	997.2697	997.2449	997.2200	997.1950	997.1699	997.1446	997.1193	997.0939	997.0685
25	997.0429	997.0172	996.9914	996.9655	996.9396	996.9135	996.8873	996.8611	996.8347	996.8083
26	996.7818	996.7551	996.7284	996.7016	996.6747	996.6477	996.6206	996.5935	996.5661	996.5388
27	996.5113	996.4837	996.4561	996.4284	996.4003	996.3726	996.3446	996.3165	996.2883	996.2600
28	996.2316	996.2032	996.1746	996.1460	996.1172	996.0884	996.0595	996.0305	996.0014	995.9722
29	995.9430	995.9136	995.8842	995.8546	995.8250	995.7953	995.7655	995.7356	995.7056	995.6756
30	995.6465	995.6152	995.5848	995.5544	995.5239	995.4934	995.4627	995.4319	995.4011	995.3701
31	995.3391	995.3080	995.2768	995.2456	995.2142	995.1828	995.1512	995.1196	995.0879	995.0561
32	995.0243	994.9923	994.9603	994.9282	994.8960	994.8637	994.8313	994.7988	994.7663	994.7337
33	994.7010	994.6682	994.6353	994.6024	994.5693	994.5362	994.5030	994.4697	994.4364	994.4029
34	994.3694	994.3358	994.3021	994.2683	994.2345	994.2005	994.1665	994.1324	994.0982	994.0640
35	994.0296	993.9952	993.9607	993.9261	993.8915	993.8567	993.8219	993.7870	993.7521	993.7170
36	993.6819	993.6467	993.6114	993.5760	993.5406	993.5050	993.4694	993.4338	993.3980	993.3622
37	993.3263	993.2903	993.2542	993.2181	993.1818	993.1455	993.1092	993.0727	993.0362	992.9996
38	992.9629	992.9261	992.8893	992.8524	992.8154	992.7784	992.7412	992.7040	992.6668	992.6294
39	992.5920	992.5545	992.5169	992.4792	992.4415	992.4037	992.3658	992.3279	992.2899	992.2518
40	992.3126									