



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора



А.Д. Меньшиков

« 05 » мая 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ DA

Методика поверки

РТ-МП-579-448-2025

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на измерители плотности ДА (далее – измерители плотности) и устанавливает методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы плотности в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, подтверждающая прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ18-2014.

1.3 В настоящей методике поверки используются методы:

- прямых измерений с использованием стандартных образцов;
- сличений при помощи компаратора.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении первичной и периодической поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1.2
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик средства измерений	Да	Да	10
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	11

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +25
- относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление*, кПа от 84 до 106

* при подготовке к поверке при определении плотности жидкостей

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, имеющие необходимую квалификацию, прошедшие инструктаж по технике безопасности и ознакомленные с эксплуатационными документами на поверяемые измерители плотности и применяемые средства поверки.

4.2 Требования к количеству специалистов в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки отсутствуют.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства поверки, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п.8.1.2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С, с абсолютной погрешностью $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности окружающей среды в диапазоне измерений от 30 % до 80 %, с абсолютной погрешностью ± 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений абсолютного давления от 84 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	Приборы комбинированные Testo 608-H1, Testo 608-H2, Testo 610, Testo 622, Testo 623, модификации Testo-622, рег. № 53505-13
п. 10.1 Определение метрологических характеристик измерителей плотности модификаций DA-860, DA-850	Эталон единицы плотности, соответствующий требованиям к эталонам не ниже вторичных эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603 в диапазоне от 650 до 2000 кг/м ³	Государственный вторичный эталон единицы плотности жидкости в диапазоне значений от 650 до 2000 кг/м ³ 2.1.ZTT.0012.2021
	Эталон единицы массы, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов 1-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622 в диапазоне от 1 до 100 г	Гири от 1 мг до 20 кг классов точности E1, E2, F1, F2, M1, набор гирь (1 г-100 г) E2, рег. № 52768-13
п. 10.2 Определение метрологических характеристик измерителей плотности модификации DA-840	Стандартные образцы плотности жидкости, соответствующие требованиям к рабочим эталонам по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, аттестованные в диапазоне значений от 683,0 до 697,2 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-1), ГСО 8579-2004
	Стандартные образцы плотности жидкости, соответствующие требованиям к рабочим эталонам по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, аттестованные в диапазоне значений от 998,0 до 999,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-5), ГСО 8583-2004

Продолжение таблицы 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.2 Определение метрологических характеристик измерителей плотности модификаций DA-840	Стандартные образцы плотности жидкости, соответствующие требованиям к рабочим эталонам по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, аттестованные в диапазоне значений от 1590,0 до 1624,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-8), ГСО 8102-2002
Вспомогательные средства		
Вода дистиллированная по ГОСТ Р 58144-2018		
Н-декан эталонный по ТУ КОМП 2-512-12		
Глюкоза ч.д.а. по ГОСТ 6038-79		
<i>Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</i>		

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;
- указания по технике безопасности, приведенные в эксплуатационных документах на поверяемые измерители плотности и применяемые средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида измерителя плотности и его маркировки описанию типа средства измерений и руководству по эксплуатации;
- отсутствие повреждений, препятствующих применению измерителя плотности.

7.2 Измерители плотности, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

8.1.1 Определение плотности жидкостей (при поверке измерителей плотности модификаций DA-860, DA-850).

8.1.1.1 Определение плотности жидкостей, указанных в таблице А.2 Приложения А, проводить с помощью установки гидростатического взвешивания (далее – установка) из состава вторичного эталона единицы плотности жидкостей.

8.1.1.2 В соответствии с руководством по эксплуатации на установку задать на термостате из состава вторичного эталона температуру $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$.

8.1.1.3 Жидкость залить в ванну (термостатируемую вставку) установки. Погрузить в нее меру плотности из состава установки и выдержать ее при заданной температуре не менее 30 мин.

8.1.1.4 Определение массы меры плотности в жидкости

Для определения массы меры плотности в жидкости к нижнему подвесу весов из состава вторичного эталона единицы плотности закрепить цепочку и подвес для меры плотности. Подвес закрепить таким образом, чтобы крючок и проволоочная скрутка находились ниже уровня жидкости. Для учета значения массы приспособления для взвешивания провести «сброс тары весов» в соответствии с эксплуатационным документом на весы.

На нижний крючок подвеса закрепить меру плотности и выдержать не менее 15 минут при установившемся температурном режиме в термостате $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$.

Зафиксировать измеренное значение массы меры плотности (M_j), г, в j-ой жидкости и температуру j-ой жидкости (t_j), $^\circ\text{C}$.

8.1.1.5 Снять меру плотности и подвес с весов. Провести «сброс тары весов». Провести измерение массы замещающих гирь (Wg), г (подбирают гири с суммарной массой, близкой к массе меры плотности в жидкости).

8.1.1.6 Рассчитать измеренную плотность (ρ_j^D), г/см^3 , j-ой жидкости по формуле

$$\rho_j^D = \frac{M_{\Pi} - \frac{M_j \cdot M_g}{Wg} (1 - \frac{e_v}{8})}{V_{\Pi}}, \quad (1)$$

где M_{Π} - масса меры плотности (из протокола об аттестации вторичного эталона), г;

M_j - показания весов при взвешивании меры плотности в жидкости, г;

M_g - суммарная условная масса набора замещающих гирь (из протокола поверки на набор гирь), г;

Wg - показания весов при взвешивании набора замещающих гирь, г;

V_{Π} - объем меры плотности (из протокола об аттестации вторичного эталона), см^3 ;

e_v - плотность воздуха, рассчитанная по формуле (Б.1) в Приложении Б, г/см^3 ;

8 - условная плотность материала гирь, г/см^3 .

8.1.2 Провести контроль условий поверки: измерить температуру окружающего воздуха и относительную влажность средствами измерений, указанными в таблице 2. Результаты зафиксировать в протоколе поверки.

Результаты измерений температуры окружающего воздуха и относительной влажности воздуха должны находиться в пределах, указанных в п. 3.1. В противном случае поверку не проводят до приведения условий поверки в соответствии с п. 3.1.

8.1.3 Перед проведением поверки поверяемый измеритель плотности (во включенном состоянии), применяемые эталоны и стандартные образцы (далее - СО) и жидкости, применяемые в качестве компаратора (далее - жидкости), должны быть выдержаны в помещении, в котором проводят поверку, не менее 1 ч.

8.1.4 Подготовленные в соответствии с п. 8.1.1 жидкости могут храниться при комнатной температуре в течение:

- декан и вода не более 10 дней,
- раствор глюкозы не более 5 дней.

8.2 Опробование

8.2.1 Для измерителей плотности при проведении опробования выполняется проверка общего функционирования и настройка (градуировка) по воздуху и дистиллированной воде.

8.2.2 Провести настройку (градуировку) измерителей плотности по воздуху и дистиллированной воде при температуре $20 ^\circ\text{C}$ в соответствии с разделом 4 «Калибровка и проверка» Руководства по эксплуатации «Измерители плотности DA» и таблицей Г.1 Приложения Г.

8.2.3 Результаты проверки считают положительными, если:

- органы управления измерителя плотности функционируют;
- самотестирование проходит без ошибок;
- настройка (градуировка) измерителя плотности по воздуху и дистиллированной воде выполнена без сообщений об ошибках.

Измерители плотности, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

9 Проверка программного обеспечения

9.1 Для проверки идентификации программного обеспечения (далее - ПО) измерителя плотности выполнить следующие операции:

- включить кнопку питания измерителя плотности. На экране устройства управления (планшетного компьютера или ноутбука) при загрузке отображается версия ПО.

9.2 Сравнить полученные данные с номером версии ПО, установленным при проведении испытаний в целях утверждения типа и указанным в описании типа измерителей плотности.

Идентификационные данные ПО должны соответствовать указанным в описании типа.

Измерители плотности, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение метрологических характеристик измерителей плотности модификаций DA-860, DA-850

10.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности проводят с использованием жидкостей, приведенных в таблице А.2 Приложения А, подготовленных в соответствии с п. 8.1.1 настоящей методики. Измерения проводят от меньшего значения плотности к большему значению плотности.

10.1.2 Перед каждым измерением измерительную ячейку тщательно промыть растворителем (выбрать в зависимости от применяемого образца в соответствии с разделом 3 «Подготовка к измерению» Руководства по эксплуатации) и просушить при помощи встроенного компрессора не менее 5 минут.

10.1.3 Ввести в измерительную ячейку жидкость, избегая образования пузырьков воздуха. Нажать кнопку запуска измерения "Start Measurement".

10.1.4 По окончании измерения зафиксировать значение плотности, отображаемое на дисплее устройства управления (планшетного компьютера или ноутбука) (ρ_{ij}), г/см³.

10.1.5 Для каждой жидкости выполнить последовательно три (для модификации DA-850) или пять (для модификации DA-860) измерений.

10.2 Определение метрологических характеристик измерителей плотности модификации DA-840.

10.2.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности проводят с использованием стандартных образцов плотности (далее – СО), приведенных в таблице 2 и таблице А.1 Приложения А. Измерения проводят от меньшего значения плотности к большему значению плотности.

10.2.2 Перед каждым измерением измерительную ячейку тщательно промыть растворителем (выбрать в зависимости от применяемого образца в соответствии с разделом 3 «Подготовка к измерению» Руководства по эксплуатации) и просушить при помощи встроенного компрессора не менее 5 минут.

10.2.3 Ввести в измерительную ячейку стандартный образец, избегая образования пузырьков воздуха. Нажать кнопку запуска измерения "Start Measurement".

10.2.4 По окончании измерения зафиксировать значение плотности, отображаемое на дисплее устройства управления (планшетного компьютера или ноутбука) (ρ_{ij}), г/см³.

10.2.5 Для каждого СО выполнить последовательно три измерения.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 По результатам измерений плотности измерителями плотности модификаций DA-840, DA-850, полученных для каждого из стандартных образцов или жидкостей, указанных в таблице А.1 Приложения А или Таблице А.2 Приложения А, рассчитать среднее арифметическое значение $\bar{\rho}_j$, г/см³, по формуле

$$\bar{\rho}_j = \frac{\sum \rho_{ij}}{3}, \quad (2)$$

11.2 Рассчитать абсолютную погрешность Δ_j , г/см³, по формуле

$$\Delta_j = \bar{\rho}_j - \rho_j^{\text{д}}, \quad (3)$$

где $\rho_j^{\text{д}}$ – действительное значение плотности, рассчитанное по формуле (1), или аттестованное значение j -го стандартного образца, г/см³.

11.3 По результатам измерений плотности измерителем плотности модификации DA-860, полученных для каждой из жидкостей, указанных в Таблице А.2 Приложения А, рассчитать среднее арифметическое значение по формуле

$$\bar{\rho}_j = \frac{\sum \rho_{ij}}{5} \quad (4)$$

11.4 Рассчитать абсолютную погрешность Δ_j , г/см³, по формуле

$$\Delta_j = \bar{\rho}_j - \rho_j^{\text{д}} \quad (5)$$

где $\rho_j^{\text{д}}$ – действительное значение плотности, рассчитанное по формуле (1), г/см³.

11.5 Результат операции поверки считать положительным, если полученные значения абсолютной погрешности измерений плотности соответствуют указанным в таблице В.1 Приложения В.

11.6 В случае несоответствия измерителя плотности критериям, изложенным в п.11.5, результат поверки измерителя плотности считать отрицательным.

11.7 Оценку соответствия измерителя плотности модификации DA-860 метрологическим требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам, выполнять по требованию Заказчика.

11.7.1 Используя результаты определения значения погрешности измерений измерителя плотности модификации DA-860 для каждой j -ой жидкости, указанной в таблице А.2 Приложения А, рассчитать границы доверительной погрешности при доверительной вероятности 0,95.

11.7.2 Рассчитать среднее квадратическое отклонение (СКО) среднего арифметического ($S_{\bar{\rho}}$), г/см³, по формуле

$$S_{\bar{\rho}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n (\rho_{ij} - \bar{\rho}_j)^2}{n \cdot (n-1)}} \quad (6)$$

11.7.3 Рассчитать доверительные границы неисключенной систематической погрешности ($\theta_{\Sigma}(p)$), г/см³ по формуле

$$\theta_{\Sigma}(p) = k \cdot \sqrt{\theta_2^2 + \theta_1^2}, \quad (7)$$

где k – коэффициент влияния, при $P=0,95$ $k=1,1$;

$\theta_2 = \Delta_j$, г/см³, где Δ_j – оценка абсолютной погрешности результата измерения по формуле (5), г/см³;

$\theta_1 = \delta_3$, г/см³, где δ_3 – суммарная погрешность применяемого вторичного эталона при $P=0,95$, г/см³ (из протокола аттестации вторичного эталона).

11.7.4 Рассчитать среднее квадратическое отклонение неисключенной составляющей погрешности (S_{θ}), г/см³, по формуле

$$S_{\theta} = \frac{\theta_{\Sigma}(p)}{1,1 \cdot \sqrt{3}} \quad (8)$$

11.7.5 Рассчитать суммарное среднее квадратическое отклонение оценки измеряемой величины (S_{Σ}), г/см³, по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\bar{\rho}}^2 + S_{\theta}^2} \quad (9)$$

11.7.6 Рассчитать доверительные границы случайной погрешности, ϵ , г/см³, по формуле

$$\varepsilon = t \cdot S_{\bar{p}}, \quad (10)$$

где t - коэффициент Стьюдента, равный 2,776 при количестве измерений $n = 5$

11.7.7 Рассчитать коэффициент K , зависящий от соотношения случайной составляющей погрешности и неисключенной составляющей погрешности, по формуле

$$K = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}(p)}{S_{\bar{p}} + S_{\theta}}, \quad (11)$$

11.7.8 Рассчитать границы доверительной погрешности измерителя плотности, δ , г/см³, по формуле

$$\delta = K \cdot S_{\Sigma} \quad (12)$$

11.7.9 Измеритель плотности модификации DA-860 считается соответствующим требованиям, предъявляемым к рабочим эталонам в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 01 ноября 2019 года № 2603, если соблюдается следующее условие:

$$\delta \leq 0,00003 \text{ г/см}^3, P=0,95.$$

12 Оформление результатов поверки


12.1 Результаты поверки средства измерений оформляются протоколом произвольной формы.

12.2 Результаты поверки измерителей плотности DA-860, применяемых в качестве рабочего эталона, оформляются протоколом, приведенным в приложении Д.


12.3 Сведения о результатах поверки средств измерений передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

12.4 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдается по заявлению владельцев средства измерений или лиц, представивших его в поверку. Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений должны быть оформлены в соответствии с требованиями действующих правовых нормативных документов. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

Начальник лаборатории № 448

 А.Г. Дубинчик

Инженер по метрологии II категории
лаборатории № 448

 А.Я. Мартышова

Приложение А
(обязательное)

Характеристики СО плотности и жидкостей, используемых
при поверке измерителей плотности

Таблица А.1 – Характеристики СО плотности, используемых для поверки измерителей плотности DA модификации DA-840

Тип СО	Диапазон аттестованных значений плотности при температуре $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$, г/см ³	Абсолютная погрешность аттестованного значения, г/см ³	Номер ГСО по Федеральному информационному фонду
РЭП-1	от 0,6830 до 0,6972	$\pm 0,00005$	8579-2004
РЭП-5	от 0,9980 до 0,9990	$\pm 0,00005$	8583-2004
РЭП-8	от 1,5900 до 1,6240	$\pm 0,00005$	8102-2002

Таблица А.2 – Характеристики жидкостей (образцов), используемых для поверки измерителей плотности модификаций DA-850, DA-860

Жидкость(образец)	Диапазон значений плотности при температуре $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$, г/см ³
Декан	от 0,7200 до 0,7500
Вода дистиллированная	от 0,9980 до 0,9985
Водный раствор глюкозы	от 1,0000 до 1,1000

Приложение Б
(обязательное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА

Плотность воздуха e_v вычисляют по формуле:

$$e_v = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot H \cdot e^{0,0612 T_{air}}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + T_{air}}, \text{ г/см}^3 \quad (\text{Б.1})$$

где P_a – значение атмосферного давления, гПа

H – относительная влажность воздуха, %

T_{air} – температура воздуха, °C

Допускается проводить расчеты с применением программного обеспечения для поверки ареометров, входящего в состав установки гидростатического взвешивания из состава вторичного эталона единицы плотности жидкости.

Приложение В (обязательное)

Метрологические характеристики

Таблица В.1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение		
	DA-840	DA-850	DA-860
Диапазон измерений плотности, г/см ³	от 0,65 до 1,80		
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, г/см ³			
- в диапазоне измерений плотности от 0,65 до 1,00 г/см ³ включ.	±0,0001	±0,00005	±0,00003
- в диапазоне измерений плотности св. 1,00 до 1,80 г/см ³	±0,0001	±0,0001	±0,00003
Доверительные границы абсолютной погрешности* при доверительной вероятности 0,95, г/см ³	-	-	±0,00003
* В случае использования измерителя плотности в качестве рабочего эталона в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений плотности			

Приложение Г (справочное)

Таблица Г.1 – Плотность воздуха в зависимости от температуры воздуха и атмосферного давления, г/см³

Температура [°C]	Плотность при давлении [гПа]							
	900	920	940	960	980	1000	1013,25	1050
15	0,001085	0,001109	0,001133	0,001157	0,001181	0,001206	0,001222	0,001266
20	0,001065	0,001088	0,001112	0,001136	0,001160	0,001183	0,001199	0,001243
25	0,001045	0,001068	0,001092	0,001115	0,001138	0,001162	0,001177	0,001220
30	0,001025	0,001048	0,001071	0,001094	0,001117	0,001140	0,001155	0,001198
35	0,001006	0,001028	0,001051	0,001073	0,001096	0,001119	0,001134	0,001175

Приложение Д (обязательное)

Рекомендуемая форма протокола поверки измерителей плотности ДА-860,
применяемых в качестве рабочего эталона

Вид поверки

Наименование, тип, модификация средства
измерений, регистрационный номер в ФИФ
ОЕИ

Год выпуска

Серийный номер

Наименование документа, на основании
которого выполнена поверка

Условия поверки:

- температура окружающего воздуха, °С
- относительная влажность воздуха, %

Результаты определения плотности жидкостей:

	Жидкость 1	Жидкость 2	Жидкость 3
- температура жидкости, °С			
- масса меры плотности (из протокола об аттестации вторичного эталона), г			
- объем меры плотности (из протокола об аттестации вторичного эталона), см ³			
- показания весов при взвешивании меры плотности в жидкости, г			
- суммарная условная масса набора замещающих гирь (из протокола поверки на набор гирь), г			
- показания весов при взвешивании набора замещающих гирь, г			
- плотность жидкости, г/см ³			

Определение метрологических характеристик

Плотность жидкости, г/см ³	Показания измерителя плотности, г/см ³	Среднее арифметическое значение плотности, г/см ³	Абсолютная погрешность, г/см ³	Доверительные границы абсолютной погрешности, δ, г/см ³

Вывод: