



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

М.И.

«06 » марта 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ПЛОТНОМЕРЫ MT MEASUREMENT DM/PDM

Методика поверки

РТ-МП-1413-448-2024

г. Москва
2025 г.

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на плотномеры MT Measurement DM/PDM (далее по тексту - плотномеры) 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 ГЭТ 18-2014.

1.3 В настоящей методике поверки используются методы:

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

2 Перечень операций поверки средства измерений

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
	первой поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.1.1
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Да	Да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	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

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия влияющих факторов:

- температура окружающего воздуха, °C от +15 до +25
 - температура окружающего воздуха (при проведении поверки плотномеров модификации PDM4 при использовании стандартных образцов), °C от +18 до +22
 - относительная влажность воздуха, % от 30 до 80
 - атмосферное давление, кПа от 84 до 106

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица:

- имеющие опыт работы в области измерений физико-химического состава и свойств веществ;

- прошедшие инструктаж по технике безопасности;
- ознакомленные с эксплуатационной документацией на средства поверки на поверяемый плотномер.

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.8.1.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °C до плюс 25 °C, с абсолютной погрешностью ±0,5 °C; 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 плотномеров модификации DM50	Эталон единицы плотности, соответствующий требованиям к эталонам не ниже вторичных эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603 Эталон единицы массы, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов 1-го разряда по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 04.07.2022 № 1622	Государственный вторичный эталон единицы плотности жидкости в диапазоне значений от 650 до 2000 кг/м ³ 2.1.ZTT.0012.2021 Гири от 1 мг до 20 кг классов точности Е1, Е2, F1, F2, M1, набор гирь (1 г-100 г) Е2, рег. № 52768-13
п. 10.2 Определение метрологических характеристик плотномеров модификаций DM45, DM40, DM35	Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 683,0 до 697,2 кг/м ³ Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 998,0 до 999,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-1), ГСО 8579-2004 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 плотномеров модификаций DM45, DM40, DM35	Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 1590,0 до 1624,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-8), ГСО 8102-2002
п. 10.3 Определение метрологических характеристик плотномеров модификации PDM4	Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 683,0 до 697,2 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-1), ГСО 8579-2004
	Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 998,0 до 999,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-5), ГСО 8583-2004
	Стандартный образец плотности жидкости, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603 в диапазоне значений от 1590,0 до 1624,0 кг/м ³	СО плотности жидкости (РЭП-8), ГСО 8102-2002
	Эталон единицы плотности, соответствующий требованиям к эталонам не ниже рабочих эталонов по ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603	Анализатор плотности жидкостей DMA 5000M, рег.№39787-08

Примечание - Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.

Таблица 3 - Вспомогательные средства поверки

Операции поверки, требующие применение вспомогательных средств поверки	Требования к вспомогательным средствам поверки, необходимые для проведения поверки
п. 10.3 Определение метрологических характеристик плотномеров модификации РДМ4	Термостат жидкостный, диапазон поддержания температуры в диапазоне $(20 \pm 5) ^\circ\text{C}$, точность поддержания температуры $\pm 0,1 ^\circ\text{C}$
<i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие вспомогательные средства поверки, удовлетворяющие требованиям, указанным в таблице.</i>	

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

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 эксплуатационной документации на средства поверки.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре должно быть установлено:

- соответствие внешнего вида плотномера и его маркировки описанию типа средства измерений и эксплуатационной документации;
- отсутствие повреждений, препятствующих применению плотномера.

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

8.1.2 Перед проведением поверки поверяемый плотномер, применяемые эталоны и стандартные образцы (жидкости-компараторы) должны быть выдержаны в помещении, в котором проводят поверку, в течение 2 часов.

8.1.3 Определение плотности жидкостей-компараторов (при поверке плотномеров модификации DM50).

8.1.3.1 Определение плотности жидкостей-компараторов, указанных в таблице А1 Приложения А, проводить с помощью установки гидростатического взвешивания (далее – установка) из состава вторичного эталона единицы плотности жидкостей.

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

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

8.1.3.4 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 проволочная скрутка находились ниже

уровня жидкости. Для учета значения массы приспособления для взвешивания провести «сброс тары весов» в соответствии с эксплуатационной документацией на весы.

На нижний крючок подвеса закрепить меру плотности и выдержать не менее 15 минут при установившемся температурном режиме в термостате ($20,00 \pm 0,01$) °C. Провести определение массы меры плотности в соответствии с эксплуатационной документацией на весы.

Зафиксировать измеренное значение массы меры плотности (M_j), г, в j -ой жидкости и температуру j -ой жидкости (t_j), °C .

8.1.3.5 Рассчитать измеренную плотность, (ρ_j^D), г/см³, j -ой жидкости по формуле

$$\rho_j^D = \frac{M_n - \frac{M_j \cdot M_g}{Wg} (1 - \frac{\epsilon_B}{8})}{V_n}, \quad (1)$$

где 8 – условная плотность материала гирь, г/см³;

M_n – масса меры плотности (из протокола аттестации эталона), г;

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

M_g – суммарная условная масса набора замещающих гирь (из протокола поверки), г;

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

V_n – объем меры плотности (из протокола аттестации эталона), см³;

ϵ_B – плотность воздуха, рассчитанная по формуле Б1 Приложения Б, г/см³.

Зафиксировать рассчитанное значение плотности j -ой жидкости.

8.1.3.6 Приготовленные в соответствии с п. 8.1.3 жидкости-компараторы 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 плотномеров модификаций DM50, DM45, DM40, DM35 при проведении опробования выполняется проверка общего функционирования и настройка (градуировка) по воздуху и дистиллированной воде. Для плотномеров модификации PDM4 при проведении опробования выполняется проверка общего функционирования и настройка (градуировка) по дистиллированной воде.

8.2.2 Провести настройку (градуировку) плотномеров модификаций DM50, DM45, DM40, DM35 по воздуху и дистиллированной воде при температуре 20 °C в соответствии с п.7 Руководства по эксплуатации «Плотномеры MT Measurement DM/PDM».

Провести настройку (градуировку) плотномера модификации PDM4 по дистиллированной воде при температуре 20 °C в соответствии с п.7 Руководства по эксплуатации «Плотномеры MT Measurement DM/PDM».

8.2.3 Результаты проверки считают положительными, если:

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

Плотномеры, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Для проверки идентификации программного обеспечения (ПО) плотномеров модификаций DM50, DM45, DM40, DM35 выполнить следующие операции:

- зайти в раздел «Информация» главного меню. Версия программного обеспечения отображается в строке «Версия программного обеспечения».

9.2 Для проверки идентификации программного обеспечения (ПО) плотномера модификации PDM4 необходимо выполнить следующие операции:

- зайти в раздел «Информация о приборе/Device information» главного меню, затем в раздел «Информация о системе/System information». Версия программного обеспечения отображается в строке «Software».

9.3 Сравнить полученные данные с номерами версий ПО, установленными при проведении испытаний в целях утверждения типа и указанными в описании типа плотномеров.

Плотномеры, не отвечающие перечисленным выше требованиям, дальнейшей поверке не подлежат.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение метрологических характеристик плотномеров модификации DM50

10.1.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности проводят с использованием жидкостей-компараторов, приведенных в таблице А1 Приложения А, подготовленных в соответствии с п. 8.1.3 настоящей методики. Измерения проводят от меньшего значения плотности к большему значению плотности.

10.1.2 Провести очистку и просушку внутренней поверхности измерительной камеры поверяемого плотномера с помощью фильтра-осушителя сразу после включения прибора (порядок действий см. в разделе 6 (3) «Промывка U-образной трубы» и 6 (4) «Предотвращение образования конденсата на U-образной трубке» Руководства по эксплуатации).

10.1.3 Установить температуру измерений 20,00 °C, выбрать режим измерений «Точно».

10.1.4 Ввести в измерительную ячейку жидкость-компаратор, избегая образования пузырьков воздуха. Контролировать отсутствие пузырьков воздуха через камеру на дисплее. Нажать кнопку «Новое измерение».

10.1.5 По окончании измерения зафиксировать значение плотности, отображаемое на дисплее плотномера (ρ_j изм.), г/см³.

10.1.6 После каждого измерения провести очистку и осушку измерительной ячейки.

10.2 Определение метрологических характеристик плотномеров модификаций DM45, DM40, DM35

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

10.2.2 Провести очистку и просушку внутренней поверхности измерительной камеры с помощью фильтра-осушителя сразу после включения прибора (порядок действий см. в разделе 6 (3) «Промывка U-образной трубы» и 6 (4) «Предотвращение образования конденсата на U-образной трубке» Руководства по эксплуатации).

10.2.3 Установить температуру измерений 20,00 °C, выбрать режим измерений «Точно».

10.2.4 Ввести в измерительную ячейку СО, избегая образования пузырьков воздуха. Контролировать отсутствие пузырьков воздуха через камеру на дисплее. Нажать кнопку «Новое измерение».

10.2.5 По окончании измерения зафиксировать значение плотности, отображаемое на дисплее плотномера (ρ_j изм.), г/см³.

10.2.6 После каждого измерения провести очистку и осушку измерительной ячейки.

10.3 Определение метрологических характеристик плотномеров модификации PDM4

10.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности проводят с использованием СО, приведенных в таблице 2, или методом сличения с плотномером - рабочим эталоном с использованием жидкостей-компараторов, указанных в таблице А2 приложения А. Измерения проводят от меньшего значения плотности к большему значению плотности.

10.3.2 Перед проведением измерений убедиться в чистоте измерительной ячейки. При необходимости промыть ячейку ацетоном и просушить частыми нажатиями поршня.

10.3.3 Определение абсолютной погрешности измерений плотности с использованием стандартных образцов плотности

10.3.3.1 При определении абсолютной погрешности измерений с использованием СО выдержать стандартный образец в термостате при температуре 20,00 °C не менее 2-х часов. Температура воздуха в помещении должна быть в диапазоне от 18 °C до 22 °C.

10.3.3.2 Нажать поршень, погрузить трубку плотномера в стакан со стандартным образцом, отпустить поршень и отобрать образец. Плотномер должен автоматически начать измерения. После завершения измерений на дисплее должны отобразиться измеренные значения плотности и температуры измеряемой жидкости. Не вынимая трубы нажать поршень, освободив измерительную ячейку, и отпустить поршень, отбирая пробу повторно. Провести измерения плотности не менее 3-х раз, каждый раз записывая показания плотности (ρ_{ij} изм.), г/см³, и температуры, °C. Из измеренных значений плотности выбрать значение плотности, определенное при температуре (20,00±0,10) °C (ρ_j изм.), г/см³.

10.3.4 Определение абсолютной погрешности измерений плотности с использованием плотномера – рабочего эталона

10.3.4.1 Нажать поршень, погрузить трубку плотномера в стакан с жидкостью-компаратом, отпустить поршень и отобрать образец. Плотномер должен автоматически начать измерения. После завершения измерений на дисплее должны отобразиться измеренные значения плотности (ρ_j изм.), г/см³, и температуры (t_j), °C.

10.3.4.2 На плотномере – рабочем эталоне установить температуру измерений, соответствующую температуре жидкости-компаратора, измеренной на поверяемом плотномере (t_j), °C. Провести измерения плотности жидкости-компаратора плотномером – рабочим эталоном в соответствии с эксплуатационной документацией на него. Записать измеренное на плотномере – рабочем эталоне значение плотности (ρ_j^d), г/см³.

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

11.1 По результатам измерений плотности плотномером модификации DM50, полученным для каждой из жидкостей-компараторов, указанных в Таблице А1 Приложения А, рассчитать абсолютную погрешности Δ_j , г/см³, по формуле

$$\Delta_j = \rho_j - \rho_j^d, \quad (2)$$

где ρ_j^d – действительное значение плотности j -й жидкости-компаратора, определенной по формуле (1), г/см³.

11.2 По результатам измерений плотномерами модификаций DM45, DM40, DM35 и для плотномера модификации PDM4 (при определении абсолютной погрешности с использованием стандартных образцов), полученным для каждого из стандартных образцов, указанных в таблице 2, рассчитать абсолютную погрешность Δ_j , г/см³, по формуле

$$\Delta_j = \rho_j - \rho_{atj}, \quad (3)$$

где ρ_{atj} – действительное значение плотности (аттестованное значение j -го стандартного образца), г/см³.

11.3 По результатам измерений плотномером модификации PDM4 (при определении абсолютной погрешности с использованием плотномера – рабочего эталона), полученным для каждой жидкости-компаратора, указанных в таблице А2 приложения А, рассчитать абсолютную погрешность Δ_j , г/см³, по формуле

$$\Delta_j = \rho_j - \rho_j^d, \quad (4)$$

где ρ_j^d – действительное значение плотности j -ой жидкости-компаратора, полученное на плотномере – рабочем эталоне, г/см³.

11.4 Результат поверки считать положительным, если полученные значения абсолютной погрешности измерений плотности соответствуют указанным в таблице В1 Приложения В.

11.5 В случае несоответствия плотномера критериям, изложенным в п.п.11.1-11.3, результат поверки плотномера считать отрицательным.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом произвольной формы.

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

12.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности к применению средства измерений выдаётся 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



Мартышова А.Я.

Приложение А
(обязательное)

Характеристики ГСО плотности и жидкостей, используемых
при поверке плотномеров MT Measurement DM/PDM

Таблица А1 – Характеристики жидкостей-компараторов (образцов) используемых при поверке
плотномеров модификации DM50

Жидкость (образец)	Диапазон значений плотности при температуре $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$, кг/м ³
Декан	от 720,0 до 750,0
Вода дистиллированная	от 998,0 до 998,5
Водный раствор глюкозы	от 1000,0 до 1100,0

Таблица А2 - Характеристики жидкостей-компараторов (образцов) используемых при поверке
плотномеров модификации PDM4 при определении абсолютной погрешности измерений
плотности использованием плотномера – рабочего эталона

Жидкость (образец)	Диапазон значений плотности при температуре $(20,00 \pm 0,01) ^\circ\text{C}$, кг/м ³
Гептан	от 683,0 до 679,2
Вода дистиллированная	от 998,0 до 998,5
Перхлорэтилен или углерод четыреххлористый	от 1590 до 1630

Приложение Б (обязательное)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВОЗДУХА

Плотность воздуха e_B вычисляют по формуле:

$$e_B = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot H \cdot e^{0,0612 T_{air}}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + T_{air}}, \text{ г/см}^3 \quad (\text{Б1})$$

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.

Приложение В
(обязательное)

Метрологические характеристики

Таблица В1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение				
	DM50	DM45	DM40	DM35	PDM4
Диапазон измерений плотности, г/см ³	от 0,65 до 1,80				
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, г/см ³	±0,00008	±0,0001	±0,0003	±0,0005	±0,001

Приложение Г (справочное)

Таблица Г1 – 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