

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
РАСХОДОМЕТРИИ – ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ «ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им. Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА»

ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора филиала
А.С. Тайбинский
«15» 03 2024 г.




Государственная система обеспечения единства измерений
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ЭЛМЕТРО-ФЛОМАК-ПМ1

Методика поверки

МП 1628-6-2024

Начальник научно-исследовательского
отдела


Сладовский А.Г.
Тел. отдела: (843) 272-03-63

г. Казань
2024 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на преобразователи плотности ЭЛМЕТРО-Фломак-ПМ1 (далее – преобразователи плотности, ПП), предназначенные для измерений плотности жидкости (нефти, нефтепродуктов и других жидкостей) и устанавливает методику их первичной и периодической поверки в условиях лаборатории и на месте эксплуатации.

Прослеживаемость ПП к Государственному первичному эталону единицы плотности ГЭТ 18-2014 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плотности, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 1 ноября 2019 г. №2603.

В методике поверки реализован метод передачи единицы непосредственным сличением.

Допускается проведение поверки в рабочем (соответствующим условиям эксплуатации поверяемого ПП) диапазоне измерений плотности на основании письменного заявления владельца ПП или лица, представившего ПП на поверку, оформленного в произвольной форме с обязательной передачей сведений об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Поверка ПП может быть проведена на месте эксплуатации по методике поверки МИ 2816-2012 «Государственная система обеспечения единства измерений. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации».

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики преобразователей плотности

Наименование характеристики	Значение
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности рабочей среды, кг/м ³	±0,30

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении первичной или периодической поверки выполняют операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции при проведении первичной или периодической поверки

Наименование операции	Необходимость выполнения		Номер пункта методики поверки
	при первичной поверке	при периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8
Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) средства измерений	Да	Да	9
Определение метрологических характеристик и подтверждение со-	Да	Да	10

ответствия средства измерений метрологическим требованиям			
Оформление результатов поверки	Да	Да	11, Приложение А

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Проведение первичной и периодической поверки в лабораторных условиях.

3.1.1 При проведении первичной и периодической поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от 15 до 25
- атмосферное давление, кПа от 95,3 до 107,3
- относительная влажность воздуха, %, не более 80

3.1.2 Поверочные жидкости: нефть, продукты нефтепереработки, жидкости углеводородного состава, вода в диапазоне плотностей соответствующем диапазону измерений плотности поверяемого ПП.

При измерениях плотности используют жидкости, значения плотности которых близки к минимальному (далее – жидкость А), среднему (далее – жидкость В) и максимальному (далее – жидкость С) значениям диапазона измерений плотности жидкости поверяемым ПП.

Примечания - при поверке в рабочем (соответствующим условиям эксплуатации поверяемого ПП) диапазоне измерений плотности используют жидкости, значения плотности которых близки к минимальному, и максимальному значениям диапазона измерений указанной в заявке на поверку.

Требования к условиям проведения поверки приведены в Таблице 3.

Таблица 3 - Требования к условиям проведения поверки

№ пункта методики	Поверочная жидкость	Условия проведения поверки			
		Температура поверочной жидкости, °С	Требования к стабильности температуры, °С/10 мин	Давление поверочной жидкости избыточное, МПа	Требования к стабильности давления, МПа/10 мин
п. 10.1.3 Определение абсолютной погрешности ПП при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным	А	$20 \pm 0,1$			
	В	$20 \pm 0,1$			
	С	$20 \pm 0,1$	$\pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$\pm 0,1$
п. 10.1.4 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении температуры поверочной жидкости	В	45 ± 5	$\pm 0,1$	$0,2 \pm 0,1$	$\pm 0,1$

п. 10.1.5 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении давления поверочной жидкости	A или B или C	20 ±0,1	±0,1	3,7 ± 0,3 или 6,0 ± 0,3	±0,1
--	---------------------------	---------	------	-------------------------------	------

Примечания

1. Поверочная жидкость при проведении поверки по п.10.1.5 указывается в заявлении владельца ПП или лица, представившего ПП на поверку.

2. Давление поверочной жидкости при проведении поверки по п.10.1.5 выбирается исходя из максимального давления рабочей среды, указанного в паспорте ПП, или в соответствии с письменным заявлением на поверку.

3.2 Проведение первичной и периодической поверки на месте эксплуатации.

3.2.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- диапазон температуры окружающего воздуха при проведении измерений рабочим эталоном плотности, °C от 5 до 40;
- диапазон температуры окружающего воздуха при отборе пробы продукта в рабочий эталон плотности, °C от минус 25 до 50
- диапазон температуры продукта, °C от 0 до 50;
- избыточное давление продукта, МПа, не более 10,0.

3.2.2 При проведении поверки по МИ 2816-2012 должны быть соблюдены условия поверки, указанные в МИ 2816-2012.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К работе должны допускаться лица, имеющие необходимую квалификацию, изучившие руководство по эксплуатации ПП, обученные правилам техники безопасности, предусмотренными «Правилами технической эксплуатации электроустановок» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок», а также инструкциями по эксплуатации применяемых средств поверки.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки в лабораторных условиях применяют средства поверки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Метрологические и технические требования к средствам поверки в лабораторных условиях

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.3.5 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °C до 25 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±0,5 °C; Средства измерений относительной	Прибор комбинированный Testo 622, пер. № 53505-13;

	<p>влажности воздуха до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 3\%$;</p> <p>Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 106 кПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ кПа;</p>	
п. 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности	<p>Рабочий эталон плотности с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $0,15 \text{ кг/м}^3$ в диапазоне измерений от 650 до 1100 кг/м^3</p> <p>Установка циркуляционная, обеспечивающая возможность монтажа поверяемого ПП в трубопроводы установки и циркуляцию поверочной жидкости через ПП при следующих условиях:</p> <ul style="list-style-type: none"> - диапазон температуры рабочей среды от плюс 5°C до плюс 50°C; - диапазон избыточного давления рабочей среды от 0 до $6,3 \text{ МПа}$; - расход поверочной жидкости не более $0,3 \text{ м}^3/\text{ч}$; - стабильность поддержания температуры не более $0,01^\circ\text{C}$; - стабильность поддержания давления не более $0,02\%$ отн.; - стабильность поддержания расхода $0,15\%$ отн. <p>Средство измерений температуры поверочной жидкости в диапазоне от плюс 5°C до плюс 50°C с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm 0,1^\circ\text{C}$</p> <p>Средство измерений давления поверочной жидкости в диапазоне от 0 до $6,3 \text{ МПа}$ с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более $\pm 0,1\%$</p> <p>Преобразователь выходного сигнала, поверяемого ПП (частотомер), с диапазоном измерений периода (частоты) выходного сигнала от 800 мкс (1250 Гц) до 10000 мкс (100 Гц) с нестабильностью не хуже $\pm 0,01\%$¹</p>	<p>Рабочий эталон единицы плотности жидкости в диапазоне значений от $0,65$ до $1,65 \text{ г/см}^3$, рег.№ 3.1.ZZB.0418.2022</p> <p>Термометр лабораторный электронный ЛТА-Э, рег.№ 69551-17</p> <p>Преобразователь давления эталонный ПДЭ-010И, рег. № 33587-12</p> <p>Частотомер электронно-счетный ЧЗ-85/3, рег.№ 32359-06</p>
1) применяют при отсутствии блока вторичного в комплекте ПП		

5.2 При проведении поверки на месте эксплуатации по МИ 2816-2012 применяют средства поверки, указанные в МИ 2816-2012.

5.3 При проведении поверки на месте эксплуатации с применением рабочего эталона плотности применяют средства поверки, приведенные в таблице 5.

Таблица 5 – Метрологические и технические требования к средствам поверки на месте эксплуатации

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 8.4.3 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °С до 35 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 3\%$; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 96 до 106 кПа, с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,5$ кПа;	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13; Барометры-анероиды метеорологические БАММ-1, рег. № 5738-76; Гигрометры психрометрические ВИТ, рег. № 42453-09
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности	Плотномер (рабочий эталон плотности) с диапазоном измерений от 600 до 1000 кг/м ³ и пределами допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности $\pm 0,1$ кг/м ³ , пределами допускаемой абсолютной погрешности канала измерения температуры $\pm 0,05$ °С в диапазоне измерений температуры от 0 °С до 50 °С и пределами допускаемой приведенной погрешности канала измерений давления $\pm 0,5$ % от верхнего предела измерений при измерениях давления (избыточного) до 10 МПа	Плотномеры МД-02, рег. № 28944-05, 28944-08, 58207-14, 79829-20, Плотномеры автоматические МДЛ-1, рег. № 18512-99

5.4 Применяемые при поверке эталоны должны быть утверждены в установленном порядке и иметь действующие свидетельства об аттестации или положительные результаты поверки, сведения о которых внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

5.5 Применяемые при поверке средства измерений должны быть поверены и иметь положительные результаты поверки, сведения о которых внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

5.6 Допускается применять другие средства измерений утвержденного типа и вспомогательное оборудование, обеспечивающие определение и контроль метрологических характеристик ПП с требуемой точностью.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться следующие требования:

- ко всем используемым средствам должен быть обеспечен свободный доступ;
- ПП, персональный компьютер и применяемые средства измерений и

вспомогательное оборудование должны быть заземлены в соответствии с их руководствами по эксплуатации.

6.2 При проведении поверки соблюдают требования правил техники безопасности, указанные в технической документации на поверяемое средство измерений, применяемые средства поверки и вспомогательные технические средства.

6.3 Помещение для проведения поверки должно быть оборудовано устройствами приточно-вытяжной вентиляции и первичными средствами пожаротушения.

6.4 Опорожнение, промывку и продувку ПП и средств поверки следует производить в вытяжном шкафу или в специально отведенном и оборудованном месте.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При проведении поверки должно быть установлено:

- соответствие ПП требованиям технической документации в части маркировки, упаковки, транспортирования и хранения;
- соответствие внешнего вида ПП описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- соблюдение требований по защите ПП от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа (проверка наличия предусмотренных пломб);
- отсутствие повреждений и дефектов, ухудшающих внешний вид ПП и препятствующих проведению поверки;
- отсутствие следов коррозии и механических повреждений полости чувствительного элемента поверяемого ПП (при поверке в лабораторных условиях);
- правильность монтажа плотномера и рабочего эталона плотности, отсутствие протечек через фланцевые и резьбовые соединения (при поверке на месте эксплуатации);
- целостность кабелей.

7.2 Результат внешнего осмотра считают положительным, если маркировка ПП соответствует эксплуатационным документам, внешний вид ПП соответствует описанию и изображению, приведенному в описании типа, соблюдаются требования по защите ПП от несанкционированного вмешательства согласно описанию типа, на ПП отсутствуют внешние механические повреждения и дефекты, препятствующие ее применению, отсутствуют следы коррозии и механических повреждений полости чувствительного элемента поверяемого ПП (при поверке в лабораторных условиях), правильно смонтирован плотномер и рабочий эталон плотности, отсутствуют протечки через фланцевые и резьбовые соединения (при поверке на месте эксплуатации), целостность кабелей не нарушена. В иных случаях результат внешнего осмотра считают отрицательным.

При отрицательном результате выполнение дальнейших операций поверки прекращают.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Проверяют наличие действующих свидетельств об аттестации используемых эталонов, действующих положительных результатов поверки используемых средств измерений в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

8.2 Проверяют комплектность эксплуатационной документации на ПП и выполняют подготовительные работы в соответствии с эксплуатационной документацией на ПП.

8.3 Подготовка к поверке ПП в лабораторных условиях.

8.3.1 Подготовку средств поверки к работе проводят в соответствии с эксплуатационной документацией. Внутренние полости чувствительного элемента, поверяемого ПП тщательно промывают и высушивают.

8.3.2 Готовят поверочные жидкости А, В, С.

8.3.3 Монтируют ПП на циркуляционную установку, подключают к блоку питания и частотомеру или блоку вторичному поверяемого ПП.

8.3.4 Выдерживают поверяемые средства измерений и средства поверки в течение 4-х часов в условиях, указанных в 3.1.1.

8.3.5 Контроль условий поверки. Проверяют соблюдение условий, указанных в 3.1.1.

8.4 Подготовка к поверке ПП на месте эксплуатации.

8.4.1 При необходимости перед проведением поверки внутренняя полость плотномера должна быть промыта.

8.4.2 Проводят подключение рабочего эталона плотности к технологической линии последовательно с поверяемым плотномером.

8.4.3 Контроль условий поверки. Проверяют соблюдение условий, указанных в 3.2.1 или 3.2.2.

8.5 Опробование средства измерений

При опробовании проверяют согласно руководству по эксплуатации исправность электрической схемы и общее функционирование ПП. При отсутствии блока вторичного в комплекте ПП проверяют общее функционирование ПП с частотомером или контроллером. Проверяют соответствие введенные в блок вторичный или контроллер градуировочные коэффициенты. Результаты опробования считаются положительными, если корректно отображаются значения.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Определение идентификационных данных ПО проводят путем считывания данных из встроенного ПО ПП, которые отображаются на дисплее блока вторичного при включении питания.

9.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения включает определение идентификационного наименования, номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения.

9.3 Результат подтверждения соответствия программного обеспечения ПП считается положительным, если полученные идентификационные данные ПО соответствуют идентификационным данным, указанным в описании типа ПП.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности в лабораторных условиях.

10.1.1 Метрологические характеристики ПП определяют при измерениях плотности поверочной жидкости ПП и рабочим эталоном плотности при одинаковых условиях.

10.1.2 Измерения плотности выполняют в соответствии с режимами поверки, указанными в таблице 3 с раздела 3 настоящего документа:

- в трех точках, соответствующих минимальному, среднему и максимальному значениям рабочего диапазона измерений плотности жидкости ПП в условиях эксплуатации при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным;

- в одной точке диапазона измерений плотности для данного ПП при температуре поверочной жидкости $(45 \pm 5) ^\circ\text{C}$ и давлении, близком к атмосферному;

- в одной точке диапазона измерений плотности для данного ПП при температуре поверочной жидкости $(20 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$ и максимальном давлении для данного ПП в соответствии с таблицей 3.

Допускается отклонения значений плотностей поверочных жидкостей от расчетных не более $\pm 50 \text{ кг/м}^3$.

10.1.3 Определение абсолютной погрешности ПП при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным.

10.1.3.1 Измерение плотности поверочной жидкости проводят в следующей последовательности:

- заполняют систему циркуляции поверочной установки с установленным поверяемым ПП поверочной жидкостью в соответствии с разделом 3;

- включают циркуляционный насос, удаляют воздух из циркуляционной системы.

Примечание - Расход поверочной жидкости через поверяемый ПП должен соответствовать рекомендованному значению расхода, в соответствии с руководством по эксплуатации.

- устанавливают температуру поверочной жидкости в соответствии с режимом поверки, жидкость должна циркулировать в системе до стабилизации температуры жидкости, оборудования установки и рабочего эталона плотности (термостатирование может быть осуществлено всей поверочной установкой в специальном шкафу);

- при выполнении условия, при котором изменение температуры жидкости во времени не превышает $0,1 ^\circ\text{C}/10 \text{ мин.}$, производят измерения плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности в соответствии с требованиями его руководства по эксплуатации;

- за 1-2 минуты до начала выполнения процедуры измерения плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности начинают отсчет показаний плотности (или периода частоты сигнала) поверяемого ПП и продолжают отсчёт показаний до окончания процедуры измерений. Количество зафиксированных показаний плотности должно быть не менее 5, результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении А;

- во время измерений плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности фиксируют показания датчиков температуры и давления в циркуляционной установке. Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении А.

10.1.3.2 Выключают насос, сливают промывочную жидкость из циркуляционной системы установки. При необходимости промывают систему промывочной жидкостью и продувают ее воздухом.

10.1.3.3 Повторяют операции по п. 10.1.3.1 для всех поверочных жидкостей в соответствии с таблицей 3.

10.1.4 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении температуры поверочной жидкости.

10.1.4.1 Абсолютную погрешность ПП при изменении температуры жидкости определяют с использованием поверочной жидкости *B* при температуре (от плюс 40 до плюс 50) °С и давлении $(0,2 \pm 0,1)$ МПа. Для этого выполняют действия в соответствии с п. 10.1.3.1.

10.1.5 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении давления поверочной жидкости.

10.1.5.1 Абсолютную погрешность ПП при изменении давления жидкости определяют с использованием поверочной жидкости *B* при температуре $(20 \pm 0,1)$ °С и давлении $P = (3,7 \pm 0,3)$ или $(6,0 \pm 0,3)$ МПа. Для этого выполняют действия в соответствии с п. 10.1.3.1.

Примечание – давление выбирается в соответствии с письменной заявкой на поверку. В протоколе поверки указывается давление, при котором проводилась поверка.

10.1.6 Абсолютную погрешность ПП для каждой из поверяемых точек вычисляют по формуле:

$$\Delta_i = \rho_{ппi} - \rho_{oi} \quad (1)$$

где Δ_i - абсолютная погрешность ПП в *i*-той точке измерений, кг/м³;

ρ_{oi} - результат измерения плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности в *i*-той точке измерений, кг/м³;

$\rho_{ппi}$ - результат измерения плотности поверочной жидкости поверяемым ПП в *i*-той точке измерений, рассчитывают по выходному частотному сигналу в соответствии с алгоритмом, приведенным в документации на поверяемую ПП, с учетом влияния температуры и давления, используя коэффициенты из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или из заводского протокола поверки или из паспорта (в случае первичной поверки), кг/м³.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации.

10.2.1 Определение метрологических характеристик ПП проводят при одновременном измерении плотности продукта поверяемым ПП и рабочим эталоном плотности при значениях температуры и давления продукта в рабочем диапазоне их изменений.

10.2.2 Измерения начинают после стабилизации параметров продукта в ПП и рабочем эталоне плотности, когда изменение температуры продукта во времени не превышает 0,1 °С/мин, изменение давления – 0,05 МПа/мин, изменение периода – 0,02 мкс/мин.

10.2.3 Фиксируют значения температуры и давления продукта в трубопроводе, показания поверяемого ПП (для ПП без вторичного блока – значения периода колебаний выходного сигнала, выходной сигнал ПП измеряют частотомером).

10.2.4 Абсолютную погрешность ПП для каждой из трех поверяемых точек, Δ_i , кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\Delta_i = \rho_i - \rho_{is}$$

где ρ_i – результат измерений плотности ПП, кг/м³;

ρ_{is} – результат измерений плотности рабочим эталоном плотности, кг/м³. Если температура продукта в рабочем эталоне плотности отличается от температуры продукта в плотномере более чем на 0,1 °С, результат измерений рабочим эталоном

плотности приводят к условиям измерений поверяемого плотномера по Р 50.2.076-2010 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программы и таблицы приведения» или ГОСТ Р 8.1008-2022 «ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Метод расчета. Порядок и таблицы приведения».

Определение метрологических характеристик плотномера проводят три раза.

10.2.5 Определение метрологических характеристик ПП при проверке по МИ 2816-2012 проводят в соответствии с требованиями, указанными в МИ 2816-2012.

10.3 Поверку проводят по одному из двух наборов калибровочных коэффициентов (таблица 5). Информация о применяемом наборе коэффициентов определяется по паспорту ПП.

Таблица 6 – Наборы калибровочных коэффициентов ПП

№	Набор №1	Набор №2
1	K0	K0
2	K1	K0A
3	K2	K0B
4	K18	K2
5	K19	K2A
6	K20A	K2B
7	K20B	KP
8	K21A	
9	K21B	

10.4 Значение плотности, измеренное ПП с использованием коэффициентов Набора №1, рассчитывается последовательно по уравнению плотности

10.4.1 При расчете по выходному частотному сигналу значение плотности, измеренное ПП без поправки на температуру и давление, рассчитывается по формуле

$$\rho = K0 + K1 \cdot T + K2 \cdot T^2, \quad (2)$$

где: ρ – плотность поверочной жидкости, без учета поправки на давление и температуру, кг/м³;

T – период колебаний выходного сигнала, мкс;

$K0, K1, K2$ – калибровочные коэффициенты ПП из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или заводского протокола поверки (в случае первичной поверки).

10.4.2 Рассчитывают значения плотности поверочной жидкости с учетом влияния температуры

$$\rho_t = \rho \cdot [1 + K18 \cdot (t_{пп} - 20)] + K19 \cdot (t_{пп} - 20), \quad (3)$$

где ρ_t – плотность поверочной жидкости с поправкой на температуру, кг/м³;

ρ – плотность, вычисленная по формуле (2), кг/м³;

$t_{пп}$ – температура поверочной жидкости, °C;

$K18, K19$ – калибровочные коэффициенты из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или заводского протокола поверки (в случае первичной поверки).

10.4.3 Рассчитывают значения плотности поверочной жидкости с учетом влияния давления

$$\rho_{pt} = \rho_t \cdot [1 + K20 \cdot P_{пп}] + K21 \cdot P_{пп} \quad (4)$$

где ρ_{pt} - плотность с поправкой на температуру и давление, кг/м³;

ρ_t - плотность поверочной жидкости с поправкой на температуру, кг/м³;

$P_{пп}$ - давление поверочной жидкости, МПа;

$K20, K21$ - коэффициенты корректировки по давлению, вычисляемые по формулам (5) и (6)

$$K20 = K20A + K20B \cdot P_{пп} \quad (5)$$

$$K21 = K21A + K21B \cdot P_{пп} \quad (6)$$

где $K20A, K20B, K21A, K21B$ - калибровочные коэффициенты из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или заводского протокола поверки (в случае первичной поверки).

10.5 Значение плотности, измеренное ПП с использованием коэффициентов Набора №2, рассчитывается последовательно по уравнению плотности.

10.5.1 Рассчитываются промежуточные коэффициенты A и B по формулам

$$A = K0 \cdot [1 + (K0A + K0B \cdot (t_{пп} - 20)) \cdot (t_{пп} - 20)] \quad (7)$$

$$B = K2 \cdot [1 + (K2A + K2B \cdot (t_{пп} - 20)) \cdot (t_{пп} - 20)] \quad (8)$$

где:

A, B - промежуточные коэффициенты расчета;

$t_{пп}$ - температура поверочной жидкости, °C;

$K0, K0A, K0B, K2, K2A, K2B$ - калибровочные коэффициенты ПП из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или заводского протокола поверки (в случае первичной поверки).

10.5.2 Рассчитывают значения плотности поверочной жидкости с учетом влияния температуры и давления

$$\rho_{pt} = A + B \cdot (1 + KP \cdot P_{пп}) \cdot T^2 \quad (9)$$

где:

KP - калибровочный коэффициент из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или заводского протокола поверки (в случае первичной поверки);

T - период колебаний выходного сигнала, мкс;

$P_{пп}$ - давление поверочной жидкости, МПа.

10.6 Результаты поверки считаются положительными если значения абсолютной погрешности ПП при каждом определении по 10.1-10.5 не превышают $\pm 0,30$ кг/м³.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки составляют протоколы с указанием значений результатов измерений. Допускается форму протоколов представлять в измененном виде. При проведении поверки в лабораторных условиях рекомендуется оформлять протокол поверки в соответствии с Приложением А, при поверке на месте эксплуатации – Приложением Б или приложением В (при поверке ПП по МИ 2816-2012).

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца оформляют свидетельство о поверке ПП в соответствии с действующим порядком проведения поверки средств измерений на территории РФ.

11.3 При отрицательных результатах поверки по заявлению владельца выдают извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения

поверки средств измерений на территории РФ.

11.4 При поверке ПП в рабочем (соответствующим условиям эксплуатации поверяемого ПП) диапазоне измерений, сведения об объеме проведенной поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

11.5 Сведения о результатах поверки ПП передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений аккредитованным на поверку лицом, проводившим поверку.

11.6 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____

Наименование средства измерений: _____
 Заводской номер: _____
 Владелец: _____
 Методика поверки: _____
 Место проведения поверки: _____
 Поверка выполнена с применением: _____

Условия проведения поверки:

Температура окружающей среды при проведении измерений рабочим эталоном плотности, °C _____
 Атмосферное давление, кПа _____
 Относительная влажность, % _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

Результаты внешнего осмотра: _____

Результаты опробования: _____

Результаты подтверждения соответствия ПО: _____

Градуировочные коэффициенты: _____

Определение метрологических характеристик:

Поверочная жидкость	Температура продукта		Давление продукта		Плотность, измеренная рабочим эталонном плотности	Значение пе- риода колеба- ний преобра- зователя плот- ности	Плотность, изме- ренная преобра- зователем плот- ности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
	в transforma- торе плотности	в циркуляцион- ной установке	в transforma- торе плотности	в циркуляцион- ной установке				
	°C	°C	МПа	МПа				

Поверитель _____

Дата поверки _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____

Наименование средства измерений: _____

Тип, модель, изготовитель: _____

Заводской номер: _____

Владелец: _____

Методика поверки: _____

Место проведения поверки: _____

Поверка выполнена с применением: _____

Условия проведения поверки:

Температура окружающей среды при проведении измерений рабочим эталоном плотности, °C _____

Температура окружающей среды при отборе пробы продукта в рабочий эталон плотности, °C _____

Атмосферное давление, кПа _____

Относительная влажность, % _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

Результаты внешнего осмотра: _____

Результаты опробования: _____

Результаты подтверждения соответствия ПО: _____

Определение метрологических характеристик:

Температура продукта		Давление продукта		Плотность, измеренная рабочим эталоном плотности	Плотность, измеренная рабочим эталоном плотности, приведенная	Значение периода колебаний преобразователя плотности	Плотность, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
в преобразователе плотности	в рабочем эталоне плотности	в преобразователе плотности	в рабочем эталоне плотности					
°C	°C	МПа	МПа	кг/м ³	кг/м ³	мкс	кг/м ³	кг/м ³

Градуировочные коэффициенты: _____

Поверитель _____

Дата поверки _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(рекомендуемое)

Протокол поверки № _____

Тип преобразователя: _____
 Заводской номер: _____
 Методика поверки _____
 С применением эталонов: _____
 Место поверки: _____
 Температура окружающего воздуха при взвешивании пикнометров _____ °C
 Барометрическое давление _____ кПа
 Относительная влажность воздуха _____ %

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

Результаты внешнего осмотра: _____
 Результаты опробования: _____
 Результаты подтверждения соответствия ПО: _____

Определение метрологических характеристик:

Температура продукта		Давление продукта		Плотность, измеренная пикнометра- ми	Плотность, измеренная пикнометра- ми, приве- денная	Значение перио- да колебаний преобразователя плотности	Плотность, из- меренная преоб- разователем плотности	Абсолютная погрешность преобразова- теля плотно- сти
в преобразова- теле плотности	в пикномет- рах	в преобразова- теле плотности	в пикнометрах					
°C	°C	МПа	МПа	кг/м ³	кг/м ³	мкс	кг/м ³	кг/м ³

Градуировочные коэффициенты:

Поверитель: _____
 Дата поверки _____