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

ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО
Заместитель директора филиала
_____ А.С. Тайбинский
«22» ____05_____ 2026 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи плотности ПРАМЕР СДМ

Методика поверки

МП 1808-6-2026

Заместитель директора филиала по науке
_____ А.И. Горчев

Начальник научно-исследовательского отдела
_____ А.Г. Сладовский

г. Казань
2026 г.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на преобразователи плотности ПРАМЕР СДМ (далее – ПП), предназначенные для измерений плотности и температуры жидкости и устанавливает методику их первичной поверки в условиях лаборатории 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.

Прослеживаемость ПП к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С ГЭТ 34-2020 обеспечивается в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 января 2026 г. № 147.

В методике поверки реализован метод передачи единицы непосредственным сличением.

Допускается проведение поверки для меньшего числа измеряемых величин в диапазоне измерений, указанном в описании типа, с передачей сведений об объеме проведенной поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

Определение абсолютной погрешности измерений температуры проводят в лабораторных условиях.

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

Таблица 1 – Метрологические характеристики преобразователей плотности

Наименование характеристики	Значение	
Модификация	обычный	специальный
Диапазон измерений плотности, кг/м^3	от 650 до 1100	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м^3	±1,0; ±1,5	± 0,3
Диапазон измерений температуры рабочей среды, °С	от 0 до + 80	от 0 до + 50
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры[1)], °С	±(0,15+0,002·t)	
[1)]t - температура рабочей среды, °С		

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 абсолютной погрешности измерений плотности в лабораторных условиях	Да	Да	10.1
Определение абсолютной погрешности измерений температуры	Да	Да	10.2
Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации	Нет	Да	10.3
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	10.4
Оформление результатов поверки	Да	Да	11, Приложение А, Б, В

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 При определении абсолютной погрешности плотности ПП должны соблюдаться условия, приведенные в Таблице 3.

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 (от 650 до 750 вкл. кг/м³) (далее – жидкость А), среднему (свыше 750 до 950 вкл. кг/м³) (далее – жидкость В) и максимальному (свыше 950 до 1100 вкл. кг/м³) (далее – жидкость С) значениям диапазона измерений плотности жидкости поверяемым ПП.

Таблица 3 - Требования к условиям проведения поверки

№ пункта методики	Поверочная жидкость	Модификация	Условия проведения поверки			
			Температура поверочной жидкости, °С	Требования к стабильности температуры, °С/5 мин	Давление поверочной жидкости избыточное, МПа	Требования к стабильности давления, МПа/5 мин
п. 10.1.3 Определение абсолютной погрешности ПП при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным	*A* или *B* или *C*		20 ± 0,1	± 0,1	0,05 ± 0,05	± 0,01
п. 10.1.4 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении температуры поверочной жидкости	*C*	специальный	45 ± 5	±0,1	0,05 ± 0,05	±0,01
		обычный	65 ± 5			
п. 10.1.5 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении давления поверочной жидкости	*A* или *B* или *C*		20 ±0,1	±0,1	4,0 ± 0,3	±0,01

Примечания

1. В соответствии с письменным заявлением на поверку давление поверочной жидкости при проведении поверки по п.10.1.5 может выбираться в диапазоне от 4,0 МПа до максимального давления рабочей среды, указанного в паспорте ПП.

2. Нормальные условия - условия, соответствующие температуре жидкости 20 °С и избыточному давлению, равному нулю.

3.2 Проведение периодической поверки на месте эксплуатации с использованием плотномеров автоматических поточных.

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

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

3.3 Проведение периодической поверки на месте эксплуатации с использованием пикнометрических установок.

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- диапазон температуры окружающего воздуха, °С
  - при отборе пробы продукта в пикнометры, °С от 5 до 50;
  - при взвешивании пикнометров, °С от 15 до 25;
- диапазон температуры продукта, °С от 0 до 80;
- избыточное давление продукта при отборе проб в пикнометры, МПа, не более 10,0.

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 °С до 25 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 95,3 до 107,3 кПа, с пределами допускаемой погрешности не более ±0,5 кПа;	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13;
п. 10.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности	Рабочий эталон единицы плотности в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603. Установка циркуляционная, обеспечивающая возможность монтажа поверяемого ПП в трубопроводы установки и циркуляцию поверочной	Рабочий эталон единицы плотности жидкости в диапазоне значений от 0,65 до 1,65 г/см³, рег.№ 3.1.ZZB.0418.2022

	жидкости через ПП при следующих условиях: - диапазон температуры рабочей среды от плюс 5 °С до плюс 80 °С; - диапазон избыточного давления рабочей среды от 0 до 10,0 МПа; - стабильность поддержания температуры не более 0,1 °С/5 мин; - стабильность поддержания давления не более 0,05 МПа/мин; - стабильность поддержания расхода 0,15 % отн. Средство измерений температуры поверочной жидкости в диапазоне от 0 °С до плюс 80 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более ±0,1 °С Средство измерений давления поверочной жидкости в диапазоне от 0 до 10,0 МПа с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более ±0,1 % Преобразователь выходного сигнала, поверяемого ПП (далее - частотомер), с диапазоном измерений периода (частоты) выходного сигнала от 800 мкс (1250 Гц) до 10000 мкс (100 Гц) с нестабильностью не хуже ±0,01 %	Термометр лабораторный электронный LTA-Э, рег. № 69551-17 Преобразователь давления эталонный ПДЭ-010И, рег. № 33587-12 Частотомер электронно-счетный Ч3-85/3, рег.№ 32359-06
п. 10.2 Определение абсолютной погрешности измерений температуры	Средство измерений температуры - рабочий эталон не менее 3 разряда в диапазоне от 0 °С до плюс 80 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±0,1 °С в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утвержденной приказом Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253 Установка циркуляционная, обеспечивающая возможность монтажа поверяемого ПП в трубопроводы установки и циркуляцию поверочной жидкости через ПП при следующих условиях: - диапазон температуры рабочей среды от плюс 0 °С до плюс 80 °С; - стабильность поддержания температуры не более 0,1 °С/10 мин.	Термометр лабораторный электронный LTA-Э, рег. № 69551-17

5.2 При проведении поверки на месте эксплуатации с использованием ПП автоматических поточных или установок пикнометрических 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 5 °С до 50 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±0,5 °С; Средства измерений относительной влажности воздуха до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ±3%; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа, с пределами допускаемой погрешности не более ±0,5 кПа;	Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13; Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7, рег. №15500-12
п. 10.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации с использованием плотномеров автоматических поточных	Рабочий эталон единицы плотности (плотномер автоматический), в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603, с пределами допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности ±0,1 кг/м³	Плотномеры МД-02, рег. №28944-05, 28944-08, 58207-14, 79829-20, Плотномеры автоматические МДЛ-1, рег. № 18512-99
п. 10.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации с использованием установок пикнометрических	Рабочий эталон единицы плотности (установка пикнометрическая), в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603, с пределами допускаемой абсолютной погрешности при измерении плотности ±0,1 кг/м³ Термометры цифровые в комплекте с термопреобразователем (термопреобразователями) сопротивления или двумя термометрами стеклянными[1] для диапазона температуры продукта в трубопроводе с ценой деления шкалы 0,1 °С, пределами допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2 °С	Установки пикнометрические H&D Fitzgerald Ltd, рег. № 37320-08 Термометры цифровые малогабариные ТЦМ 9410, рег. № 32156-06 Термопреобразователи сопротивления из платины и меди и их чувствительные элементы ТС и ЧЭ рег. №58808-14

[1] применяется если установка пикнометрическая не имеет встроенных термокарманов с датчиком (датчиками) температуры и индикатором температуры

5.3 Если установка пикнометрическая не имеет встроенных термокарманов с датчиком (датчиками) температуры и индикатором температуры, то оно комплектуется дополнительно двумя переносными термокарманами, один из которых устанавливается на входе продукта в пикнометры, второй - на выходе из пикнометров. Допускается измерение температуры по термопреобразователям сопротивления, вмонтированным в кейс (теплоизолирующий футляр установки пикнометрической).

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 аттестованные эталоны, 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.

6.5 Не допускается хранить пикнометры в заполненном состоянии после завершения измерений. Невыполнение этого требования может привести к неконтролируемому повышению давления в них выше допустимой величины, вследствие естественного нагрева продукта в пикнометрах и к последующему повреждению пикнометров.

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 описания 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 ПП 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 требований 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 ПП 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 питание.

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

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

8.4 Подготовка к поверке ПП на месте эксплуатации.

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

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

8.4.3 Контроль условий поверки. Проверяют соблюдение условий, указанных в п.3.2 или п.3.3.

8.4.4 При проведении поверки с использованием установок пикнометрических перед проведением поверки выполняют следующие работы:

- при необходимости промывают внутреннюю полость ПП;

- пикнометры разбирают, промывают, сушат на воздухе или продувая их, и собирают;

- электронные весы из комплекта установки пикнометрической подготавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации;

- взвешивают пустые пикнометры:

- методом прямого взвешивания, если используемые весы имеют функцию калибровки по массе;

- методом сравнения с известной массой, если весы не имеют функции калибровки по массе и используются в качестве компаратора.

8.4.4.1 При прямом взвешивании, непосредственно перед взвешиванием пикнометров калибруют весы в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Каждый пикнометр взвешивают не менее трех раз, вычисляют среднее значение результатов взвешиваний.

8.4.4.2 При использовании метода сравнения с известной массой, кроме пикнометров взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют средние значения результатов взвешиваний каждого пикнометра и среднее значение результатов взвешиваний набора гирь. Сходимость результатов взвешиваний - не более 0,02 г, в противном случае повторяют взвешивания;

- измеряют температуру атмосферного воздуха и барометрическое давление в помещении, где проводились взвешивания;

- пикнометры подсоединяют к трубопроводу в соответствии с инструкцией по их эксплуатации;

- устанавливают расход продукта через ПП в пределах его рабочего диапазона расхода;

- устанавливают расход продукта через пикнометры - не менее 0,2 $м^3/ч$;

- для установки пикнометрической, у которой нет встроенных термокарманов - подсоединяют термокарманы на входе продукта в пикнометры, и на выходе из пикнометров;

- в термокарманы устанавливают термометры или термопреобразователи сопротивления.

8.5 Опробование средства измерений

При опробовании проверяют согласно руководству по эксплуатации исправность электрической схемы и общее функционирование ПП. Проверяют наличие выходного частотного сигнала (сигнала периода). Для ПП, оснащенных вторичным преобразователем с графическим дисплеем, проверяют отображение текущих значений температуры и плотности. Результаты опробования считаются положительными, если выходной частотный сигнал (сигнала периода) присутствует и значения плотности и температуры отображаются на графическом дисплее.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Определение идентификационных данных ПО проводят путем считывания данных из встроенного ПО ПП, которые отображаются на экране вторичного преобразователя ПП. Для исполнения ПП без экрана идентификационные данные не определяются.

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

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 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 ± 5) °С (для модификации специальный) или (65 ± 5) °С (для модификации обычный) и давлении, близком к атмосферному;

- в одной точке диапазона измерений плотности для данного ПП при температуре поверочной жидкости (20 ± 0,1) °С и максимальном давлении для данного ПП в соответствии с таблицей 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.

- 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 циркуляционной установки в специальном шкафу);

- при выполнении условия, при котором изменение температуры жидкости во времени не превышает 0,1 °С/5 мин, производят измерения плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности в соответствии с требованиями его руководства по эксплуатации.

- считывают одновременно показания поверяемого ПП и проводят определение плотности поверочной жидкости рабочим эталоном плотности. 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 ПП, с учетом влияния температуры и давления, используя коэффициенты из последнего протокола поверки поверяемого ПП (в случае периодической поверки) или из паспорта (в случае первичной поверки), кг/м^3. Для исполнений с наличием графического дисплея результат измерения плотности поверочной жидкости может быть отображен на дисплее. Значение периода колебаний трубки преобразователя плотности снимают с точностью до трех знаков после запятой. 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 *С* при температуре (от плюс 40 до плюс 50) °С или (от плюс 60 до плюс 70) °С и избыточном давлении (0,05 ± 0,05) 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 *А* или *В* или *С* при температуре (20 ± 0,1) °С и давлении *Р* = (от 4,0 до 10,0) ± 0,3) МПа. Для этого выполняют действия в соответствии с п. 10.1.3.1.

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

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

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;

$\rho_{\text{ппi}}$ - результат измерения плотности поверочной жидкости поверяемым ПП в *i*-той точке измерений.

10.2 Определение абсолютной погрешности измерений температуры

10.2.1 Заполняют систему циркуляции поверочного стенда поверочной жидкостью, расход через поверяемый ПП должен соответствовать рекомендуемому на преобразователь. Включают циркуляционный насос, удаляют воздух из циркуляционной системы.

Последовательно термостатируют поверочную жидкость до достижения стабильного режима (изменение температуры жидкости во времени не превышает 0,1 °С/5 мин) до значений температур (10±2) °С, (20±5) °С, (45±5) °С или (65±5) °С в каждой точке. Поверочную жидкость в третьей точке термостатируют до (45±5) °С для модификации специальный или до (65±5) °С для модификации обычный.

Устанавливают эталон температуры непосредственно около выхода поверочной жидкости из поверяемого ПП. Значения температуры для всех модификаций снимают с последовательного порта ПП либо с графического дисплея, при наличии.

Абсолютную погрешность измерений температуры жидкости в каждой точке диапазона измерений Δ_t, °С вычисляют по формуле

$$\Delta t_i = t_i - t_i^э \quad (2)$$

где t_i - значение температуры, измеренное ПП, °С;

$t_i^э$ - значение температуры, измеренное эталоном температуры (термометром лабораторным), °С.

Результаты считают положительными, если значения погрешности измерений температуры жидкости не превышают значений, указанных в таблице 1.

10.3 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации.

10.3.1 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации с использованием плотномеров автоматических поточных

10.3.1.1 Определение метрологических характеристик ПП проводят при одновременном измерении плотности продукта поверяемым ПП и рабочим эталоном плотности при текущих значениях температуры и давлении продукта.

10.3.1.2 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.

10.3.1.3 Фиксируют значения температуры и давления продукта в трубопроводе, показания поверяемого ПП.

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

$$\Delta_i = \rho_i - \rho_{is} \quad (3)$$

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 ПП более чем на 0,1 °С, результат измерений рабочим эталоном плотности приводят к условиям измерений поверяемого ПП 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 ПП проводят три раза. Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении Б.

10.3.2 Определение абсолютной погрешности измерений плотности на месте эксплуатации с использованием установок пикнометрических (далее - рабочих эталонов плотности).

Абсолютную погрешность ПП определяют, как разность результатов измерений плотности продукта одновременно ПП и рабочим эталоном плотности.

10.3.2.1 Измерения начинают после стабилизации параметров продукта в ПП и рабочем эталоном 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.

Фиксируют показания поверяемого ПП, значения температуры и давления продукта в трубопроводе и одновременно снимают показания температуры в термокарманах на входе и выходе рабочего эталона плотности. Если используется одноканальный цифровой термометр с одним термопреобразователем сопротивления, то его погружают поочерёдно в термокарманы на входе продукта в рабочий эталон плотности и на его выходе.

Закрывают краны пикнометров, начиная с выходного крана второго по потоку пикнометра.

Отсоединяют пикнометры, промывают наружную поверхность и продувают сухим сжатым воздухом до полного удаления остатков промывочной жидкости.

10.3.2.2 Взвешивают заполненные пикнометры аналогично взвешиванию пустых пикнометров согласно п. 8.4.4.

10.3.2.3 Опорожняют пикнометры, разбирают их, моют корпус пикнометра и детали кранов и продувают сухим воздухом до полного удаления остатков промывочной жидкости. При наличии воды в продукте рекомендуется предварительно промыть пикнометры и детали кранов этанолом.

10.3.2.4 Собирают пикнометры и взвешивают согласно п. 8.4.4. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерения плотности - не более 0,02 г, в противном случае измерения плотности повторяют.

Примечание - Допускается разбирать, проводить взвешивание пустых пикнометров по п. 10.3.2.3 и п. 10.3.2.4 не при каждом измерении плотности, а после серии до 5 измерений. После окончания поверки ПП выполнение работ по п. 10.3.2.3 и п. 10.3.2.4 обязательно.

10.3.2.5 При прямом методе взвешивания результат измерений плотности одним из пикнометров $\rho_{1(2)}$, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{[W_З - W_П] \cdot \left[1 - \frac{\rho_а}{\rho_Г}\right] + \rho_а \cdot V_{tP}}{V_{tP}} \cdot 10^3 \quad (4)$$

где $W_З$ и $W_П$ - средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

$\rho_а$ - плотность атмосферного воздуха, г/см³, вычисленная по формуле

$$\rho_а = \frac{(034848 \cdot P_a - 0{,}009024 \cdot h \cdot e^{0{,}0612 \cdot t_a}) \cdot 10^{-3}}{273{,}15 + t_a} \quad (5)$$

где P_a - барометрическое давление, гПа.;

t_a - температура атмосферного воздуха, °С;

h - относительная влажность воздуха, %

$\rho_Г$ - плотность материала гирь (если нет данных, принимают $\rho_Г$ = 8,0 г/см³);

V_{tP} - вместимость пикнометра, приведенная к условиям отбора пробы продукта, см³, вычисленная по формуле

$$V_{tP} = V + F_t \cdot (t_П - t_0) + F_P \cdot P_П \cdot 10 \quad (6)$$

где V - вместимость пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке, см³ ;

F_t - коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении температуры продукта, указанный в свидетельстве о поверке, см³/°С;

$t_П$ - среднее арифметическое значение показаний СИ температуры в термокарманах на входе продукта в пикнометры и на выходе или по термопреобразователям сопротивления, вмонтированным в кейс, °С;

t_0 - температура поверки пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке, °С;

F_P - коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении давления продукта, указанный в свидетельстве о поверке, см³/бар;

$P_П$ - давление в пикнометре при отборе пробы продукта (по показанию преобразователя давления или манометра на трубопроводе), МПа.

10.3.2.6 При взвешиваниях пикнометров методом сравнения с известной массой (гирь) результат измерений плотности $\rho_{1(2)}$, кг/м³ вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left[\frac{W_З}{W_{ГЗ}} \cdot M_З - \frac{W_П}{W_{ГП}} \cdot M_П\right] \cdot \left[\frac{1 - \frac{0{,}0012}{8{,}0}}{1 - \frac{\rho_а}{\rho_Г}}\right] + \rho_а \cdot V_{tP}}{V_{tP}} \cdot 10^3 \quad (7)$$

где $W_{ГЗ}$ и $W_{ГП}$ - средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях гирь, замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, г;

$\rho_Г$ - плотность гирь, г/см³;

$M_З$ и $M_П$ - известная условная масса гирь (из свидетельств о поверке), замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, г.

Вычисляют результат измерений плотности продукта вторым пикнометром по формуле (4) или (7). Если разность результатов измерений плотности продукта первым и вторым пикнометрами не превышает 0,20 кг/м³, результаты считают достоверными. В противном случае повторяют измерения по п.10.3.2.

Вычисляют среднее арифметическое значение этих двух результатов измерений плотности по формуле

$$\rho_{\text{П}} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} \quad (8)$$

где $\rho_{\text{П}}$ - результат измерения плотности рабочим эталоном плотности, кг/м³;

ρ_1, ρ_2 - результаты измерений плотности первым и вторым пикнометрами соответственно, кг/м³.

Если температура продукта в эталонном СИ отличается от температуры продукта в ПП более чем на 0,1 °С, значение плотности $\rho_{\text{П}}$ приводят к температуре продукта в ПП 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».

Операции поверки проводят не менее трех раз. Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении В.

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

$$\Delta_i = \rho_i - \rho_{is} \quad (9)$$

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

ρ_{is} – результат измерений плотности рабочим эталоном плотности, кг/м³.

10.3 Результаты считаются положительными если значения абсолютной погрешности измерений плотности ПП при каждом определении по 10.1 или 10.3 не превышают значений указанных в таблице 1.

10.4 Результаты считаются положительными если значения абсолютной погрешности измерений температуры ПП при каждом определении по 10.2 не превышают значений указанных в таблице 1.

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 (при поверке ПП с использованием плотномеров автоматических поточных) или приложением В (при поверке ПП с использованием установок пикнометрических). Дополнительно на основании письменного заявления владельца преобразователя плотности или лица, представившего преобразователь плотности на поверку, оформленного в произвольной форме, допускается не вносить сведения о калибровочных коэффициентах в протокол поверки, если их значения соответствуют указанным в паспорте.

11.2 При положительных результатах поверки по заявлению владельца оформляют свидетельство о поверке ПП и протокол поверки 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 Сведения о результатах поверки ПП передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений аккредитованным на поверку лицом, проводившим поверку.

11.5 Знак поверки наносится на свидетельство о поверке.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)

Протокол поверки №_____

Наименование средства измерений:_____

Заводской номер:_____

Методика поверки:_____

Место проведения поверки:_____

Поверка выполнена с применением:_____

Условия проведения поверки:

Температура окружающей среды, °С_____

Атмосферное давление, кПа_____

Относительная влажность, %_____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

Результаты внешнего осмотра: _____

Результаты опробования: _____

Результаты подтверждения соответствия ПО:_____

Калибровочные коэффициенты:_____

Определение метрологических характеристик:

Результаты определения абсолютной погрешности измерений плотности жидкости

Поверочная жидкость	Температура продукта		Давление продукта		Плотность, измеренная рабочим эталоном плотности	Значение периода преобразователя плотности	Плотность, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
	в преобразователе плотности	в циркуляционной установке	в преобразователе плотности	в циркуляционной установке				
	°С	°С	МПа	МПа	кг/м^3	мкс	кг/м^3	кг/м^3

Результаты определения абсолютной погрешности измерений температуры

№	Результаты измерений температуры ПП, °С	Результаты измерений температуры эталонным температуры, °С	Абсолютная погрешность измерений температуры, °С

Поверитель _____

Дата поверки _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(рекомендуемое)

Протокол поверки №_____

Наименование средства измерений:_____
Тип, модель, изготовитель:_____
Заводской номер:_____
Методика поверки:_____
Место проведения поверки:_____
Поверка выполнена с применением:_____

Условия проведения поверки:
Температура окружающей среды при проведении измерений рабочим эталоном плотности, °С_____
Температура окружающей среды при отборе пробы продукта в рабочий эталон плотности, °С____
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 преобразователя плотности	Плотность, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
в преобразователе плотности	в рабочем эталоне плотности	в преобразователе плотности	в рабочем эталоне плотности					
°С	°С	МПа	МПа	кг/м^3	кг/м^3	мкс	кг/м^3	кг/м^3

Калибровочные коэффициенты:_____

Поверитель _____
Дата поверки _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В
(рекомендуемое)

Протокол поверки №_____

Тип преобразователя: _____
Заводской номер:_____
Методика поверки _____
С применением: _____
Место поверки: _____
Температура окружающего воздуха при взвешивании пикнометров _____°С
Атмосферное 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 пикнометрами	Плотность, измеренная пикнометрами, приведенная	Значение периода преобразователя плотности	Плотность, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
в преобразователе плотности	в пикнометрах	в преобразователе плотности	в пикнометрах					
°С	°С	МПа	МПа	кг/м^3	кг/м^3	мкс	кг/м^3	кг/м^3

Калибровочные коэффициенты:

Поверитель: _____
Дата поверки _____