

ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТРАНСНЕФТЬ»
(ПАО «ТРАНСНЕФТЬ»)
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТРАНСНЕФТЬ – АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ»
(АО «ТРАНСНЕФТЬ – АВТОМАТИЗАЦИЯ И МЕТРОЛОГИЯ»)

«СОГЛАСОВАНО»



Главный инженер
АО «Транснефть – Автоматизация и
Метрология»

И.Ф. Гибаев
И.Ф. Гибаев

« 20 » 05 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи плотности жидкости «ТН-Плотномер-25-6,3»

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-0077-ТАМ-2025

г. Москва
2025

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на преобразователи плотности жидкости «ТН-Плотномер-25-6,3» (далее – ПП), и устанавливает методику их первичной и периодической поверки в лабораторных условиях или на месте эксплуатации. Поверку ПП на месте эксплуатации осуществляют в соответствии с МИ 2816-2012 «Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации».

Поверка ПП в соответствии с настоящей методикой поверки обеспечивает передачу единицы плотности от рабочего эталона плотности в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений плотности (далее – ГПС), утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, что обеспечивает прослеживаемость к ГЭТ 18-2014 Государственному первичному эталону единицы плотности.

Поверка ПП осуществляется методом непосредственного сличения.

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

Таблица 1 – Метрологические требования

Диапазон измерений плотности, кг/м ³	Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м ³
от 650 до 1000	±0,3

2 Перечень операций поверки средства измерений

При проведении поверки выполняют операции, приведенные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции, выполняемые при поверке

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	7
Определение (контроль) метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	8
Оформление результатов поверки	да	да	9

Если при проведении какой-либо операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшую поверку не проводят.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 Поверку ПП проводят в следующих условиях:

- | | |
|---------------------------------------|-------------------|
| - температура окружающего воздуха, °С | от 18 до 25; |
| - относительная влажность, % | от 30 до 80; |
| - атмосферное давление, кПа | от 84,0 до 106,7. |

Помещение для взвешивания пикнометров должно удовлетворять требованиям эксплуатационной документации на весы из комплекта установки поверочной пикнометрической.

3.2 При поверке ПП должны соблюдаться требования, приведенные в эксплуатационной документации на ПП.

3.3 Требования к поверочным жидкостям приведены в таблице 3

Таблица 3 – Требования к поверочным жидкостям

Операции поверки	Поверочная жидкость	Режим поверки			
		Температура поверочной жидкости, °C	Требования к стабильности, °C/5 мин	Давление поверочной жидкости абсолютное, МПа	Требования к стабильности давления, МПа/10 мин
п. 8.2 Определение абсолютной погрешности ПП при температуре и давлении поверочной жидкости, близких к нормальным	A	20 ± 2			
	B	20 ± 2	$\pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$	$\pm 0,01$
	C	20 ± 2			
п. 8.3 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении температуры поверочной жидкости	B	От +38 до +40	$\pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$	$\pm 0,01$
	B	От +5 до +7	$\pm 0,2$	$0,2 \pm 0,1$	$\pm 0,01$
п. 8.4 Определение абсолютной погрешности ПП при изменении давления поверочной жидкости	B	20 ± 2	$\pm 0,2$	$6,0 \pm 0,3$	$\pm 0,01$

3.4 При соблюдении условий 3.1, 3.2 считают, что факторы, которые могут оказать влияние на точность результатов измерений при поверке, отсутствуют.

4 Метрологические и технические требования к средствам поверки

4.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 4.

Таблица 4 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения работ	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.2; 8.3; 8.4	Средство измерений (СИ) температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 0 °C до плюс 38 °C с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более $\pm 0,4$ °C; СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 80 % с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более ± 3 %;	Прибор комбинированный Testo-622 (регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – регистрационный №) 53505-13).

Продолжение таблицы 4

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения работ	Перечень рекомендуемых средств поверки
8.2; 8.3; 8.4	Рабочий эталон в соответствии с ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 № 2603, с диапазоном измерений плотности от 650 до 1250 кг/м ³ , пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 0,1$ кг/м ³ , диапазоном воспроизведений и измерений расхода жидкости, от 0,1 до 4,0 м ³ /ч, пределами допускаемой относительной погрешности измерений расхода жидкости $\pm 5,0$ %, диапазоном воспроизведения и измерений температуры рабочей среды от +5 °С до +90 °С, пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры рабочей среды $\pm 0,05$ °С, диапазон воспроизведений и измерений давления от 0 до 6,3 МПа, пределы допускаемой приведенной погрешности измерений давления $\pm 0,1$ %	Установка поверочная пикнометрическая УПСИПН-4 (далее – установка), регистрационный № 88093-23
Вспомогательные средства		
Поверочные жидкости - в качестве поверочных жидкостей допускается применять продукты нефтепереработки, жидкости углеводородного состава в диапазоне плотностей, соответствующем диапазону измерений плотности ПП		
Источник подачи сухого воздуха - воздуходувка Hitachi RB 40SA		
Нефрас по ГОСТ 8505-2023 «Нефрас-С 50/170. Технические условия»		
Ветошь по ГОСТ 4643-75 «Отходы потребления текстильные хлопчатобумажные сортированные. Технические условия»		
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, СИ утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

При проведении работ соблюдают требования, определяемые документами:

- в области охраны труда – Трудовой кодекс Российской Федерации;
- в области промышленной безопасности – «Правила безопасной эксплуатации технологических трубопроводов» (приказ Ростехнадзора № 444 от 21.12.2021), а также другими действующими отраслевыми нормативными документами;
- в области пожарной безопасности – Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», а также другими действующими отраслевыми нормативными документами;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок – Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей;

- в области охраны окружающей среды – Федеральный закон Российской Федерации от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и другими действующими законодательными актами на территории Российской Федерации;

- правилами безопасности при эксплуатации используемых средств измерений, приведенными в их эксплуатационной документации.

6 Внешний осмотр СИ

При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие ПП следующим требованиям:

- внешний вид ПП должен соответствовать описанию и изображению, приведенному в описании типа ПП;

- состав ПП должен соответствовать эксплуатационной документации;

- на ПП не должно быть механических повреждений и дефектов, препятствующих применению ПП;

- надписи и обозначения на ПП должны быть четкими и соответствовать их эксплуатационной документации.

Результат считают положительным, если ПП соответствует вышеперечисленным требованиям.

7 Подготовка к поверке и опробование СИ

7.1 Подготовка к поверке

Проверяют в ФИФОЕИ наличие сведений о положительных результатах поверки средств поверки, а также наличие на средствах поверки действующих знаков поверки, если это предусмотрено их описанием типа.

Проверяют информацию о периодической аттестации для средств поверки, аттестованных в качестве эталонов, в ФИФОЕИ.

Проводят подготовку средств поверки (таблица 4) и ПП в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Проводят контроль условий поверки с применением СИ в соответствии с таблицей 4 (измеряют температуру, влажность атмосферного воздуха и барометрическое давление в помещении, для взвешивания пикнометров, барометрическое давление измеряют при помощи термогигрометра ИВА-6Н-Д (далее - термогигрометр), входящего в состав установки).

Проверяют внутреннюю полость чувствительного элемента, поверяемого ПП в случае необходимости, промывают, нефрасом, используя шомпол с ершиком из мягкого материала или ткань.

Устанавливают ПП в измерительную камеру установки, выполняют необходимые подключения к установке (в соответствии с эксплуатационной документацией на установку и ПП, выполняют электрические подключения ПП к источнику питания постоянного тока 24 В установки, и линию выходного частотного сигнала ПП к частотомеру, входящему в состав установки).

Разбирают, промывают пикнометры нефрасом, сушат на воздухе или продувая их пылесосом (воздуходувкой), и собирают.

Подготавливают электронные весы входящие в состав установки в соответствии с их эксплуатационной документацией.

Взвешивают пустые пикнометры методом сравнения с известной массой набора эталонных гирь (класса точности F1, входящие в состав установки). Пикнометр взвешивают не

менее трех раз. После взвешивания каждого пикнометра взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют средние значения результатов взвешиваний каждого пикнометра и среднее значение результатов взвешиваний набора замещающих гирь. Номинальная масса набора гирь не должна отличаться от результата взвешивания пикнометра более, чем на 500 г. Сходимость результатов взвешиваний пикнометров и набора гирь – не более 0,02 г, в противном случае повторяют взвешивания.

В помещении, где проводились взвешивания измеряют температуру, влажность атмосферного воздуха и барометрическое давление (давление измеряют термогигрометром, входящего в состав установки).

Подсоединяют пикнометры к трубопроводу установки в соответствии с эксплуатационной документацией.

Подготавливают поверочные жидкости «А», «В», «С». Которые соответствуют минимальному, среднему и максимальному значениям рабочего диапазона измерений плотности ПП. Номинальные значения плотностей поверочной жидкости должны соответствовать 1/3, 1/2 и 2/3 диапазона измерений плотности ПП.

Примечания

1 Пример поверочных жидкостей, соответствующих минимальному, среднему и максимальному значениям рабочего диапазона измерений плотности ПП:

- жидкость «А» (нефтепродукт (керосин) со значением плотности в диапазоне 710 - 780 кг/м³);
- жидкость «В» (трансформаторное масло со значением плотности в диапазоне 800 - 850 кг/м³);
- жидкость «С» (полиметилсилоксановая жидкость со значением плотности в диапазоне 920 - 980 кг/м³).

2 Для минимального значения диапазона плотности в интервале от 650 до 710 кг/м³ в качестве поверочной жидкости допускается применять жидкости с плотностью (710 - 780) кг/м³.

7.2 Опробование

При опробовании проверяют исправность и общее функционирование ПП в соответствии с эксплуатационной документацией.

Результат опробования считают положительным, если получены положительные результаты по 7.2.

8 Определение (контроль) метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

8.1 Определение метрологических характеристик ПП выполняют непосредственным сличением результата расчета плотности поверочной жидкости по значению периода частотного выходного сигнала ПП и показаний плотности установки, полученных при одинаковых условиях измерений.

Измерения плотности выполняют в трех точках, соответствующих минимальному, среднему и максимальному значениям рабочего диапазона измерений плотности ПП. Требования к режимам поверки указаны в таблице 3 раздела 3 настоящей методики.

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

8.2.1 Абсолютную погрешность ПП определяют отдельно для каждой поверочной жидкости «А», «В», «С» при температуре $t = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и абсолютном давлении $P = (0,2 \pm 0,1) \text{ МПа}$ в соответствии с режимами поверки, указанными в таблице 3 раздела 3 настоящей методики.

8.2.1.1 Измерения плотности поверочной жидкости «А» проводят в следующей последовательности:

- подключают емкость(и) с поверочной жидкостью "А", к установке с установленным поверяемым ПП, в соответствии эксплуатационной документацией на установку выполняют открытие (закрытие) соответствующих кранов трубопроводов установки;
- включают циркуляционный насос установки и начинают циркуляцию жидкости через установленный ПП и установку в составе установки, удаляют воздух из циркуляционной системы;
- устанавливают расход поверочной жидкости через установку и поверяемый ПП который должен соответствовать рекомендованному значению расхода в соответствии с эксплуатационной документацией ПП, но не менее $0,2 \text{ м}^3/\text{ч}$;
- устанавливают температуру поверочной жидкости, равной $(20,0 \pm 2,0) ^\circ\text{C}$, и избыточное давление жидкости не более $0,3 \text{ МПа}$, поверочной жидкости должна циркулировать в системе не менее двух часов для стабилизации температуры поверочной жидкости, оборудования установки и ПП. Температуру поверочной жидкости контролируют по показаниям СИ температуры из состава установки. Давление жидкости контролируют по показаниям СИ давления из состава установки;
- при выполнении условия, при котором изменение температуры поверочной жидкости во времени не превышает $\pm 0,2 ^\circ\text{C}/5 \text{ мин.}$, а изменение давления жидкости во времени не превышает $\pm 0,01 \text{ МПа}/10 \text{ мин.}$ производят измерения плотности поверочной жидкости установкой в соответствии с требованиями ее эксплуатационной документации;
- за 1-2 минут до начала выполнения процедуры измерения плотности поверочной жидкости установкой начинают отсчет показаний плотности (значений периода выходного сигнала) поверяемого ПП и продолжают отсчет показаний до окончания процедуры измерений. Фиксируют значения периода выходного сигнала, поверяемого ПП. Во время измерений плотности поверочной жидкости установкой записывают показания температуры и давления поверочной жидкости по данным СИ температуры и давления из состава установки и выполняют перекрытие кранов пикнометров в составе установки. Результаты измерений заносят в протокол, форма которого приведена в приложении А;
- закрывают краны пикнометров, начиная с выходного крана второго по потоку пикнометра. Отсоединяют пикнометры, промывают наружную поверхность нефрасом или бензином и продувают либо сетевым сухим сжатым воздухом, либо пылесосом (феном) до полного удаления остатков промывочной жидкости. Взвешивают заполненные поверочной жидкостью пикнометры, аналогично взвешиванию пустых пикнометров согласно п. 7.1. Опорожняют пикнометры, разбирают их, моют корпус пикнометра и детали кранов нефрасом или бензином и продувают сухим воздухом до полного удаления остатков промывочной жидкости. Собирают пикнометры и снова взвешивают. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерения плотности – не более $0,02 \text{ г}$, в противном случае измерения плотности повторяют. Допускается разбирать и проводить взвешивание пустых пикнометров не при каждом измерении плотности, а после серии из 3-5 измерений.

8.2.1.2 Определение плотности поверочной жидкости измеренной установкой.

Результат измерений плотности одним из пикнометров $\rho_{1(2)}$, $\text{кг}/\text{м}^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left(\frac{W_3}{W_{ГЗ}} \cdot M_3 - \frac{W_{П}}{W_{ГП}} \cdot M_{П}\right) \cdot \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho_{Г}}\right) + \rho_a \cdot V_{тП}}{V_{тП}} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где W_3, W_{Π} - средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

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

M_3 и M_{Π} - известная условная масса гирь (из свидетельств о поверке), замещающих массу заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

ρ_a - плотность атмосферного воздуха, г/см³, вычисленная по формуле

$$\rho_a = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot h \cdot e^{0,0612t_a}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + t_a}, \quad (2)$$

где P_a - барометрическое давление, гПа;

t_a - температура атмосферного воздуха, °С;

h - относительная влажность воздуха, %

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

V_{IP} - вместимость пикнометра, приведенная к условиям измерения, см³, вычисленная по формуле

$$V_{tP} = V + F_t \cdot (t_{\Pi} - t_0) + F_p \cdot P_{\Pi} \cdot 10, \quad (3)$$

где V - вместимость пикнометра, определенная при поверке пикнометра, см³;

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

t_{Π} - среднее арифметическое значение температуры поверочной жидкости по показаниям СИ температуры в термокарманах на входе в пикнометры и на выходе.

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

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

P_{Π} - давление в пикнометре при измерении плотности ПП (по показанию СИ давления, установленного на трубопроводе установки), МПа.

Вычисляют результат измерений плотности поверочной жидкости вторым пикнометром по формуле (1). Если разность результатов измерений плотности поверочной жидкости между первым и вторым пикнометрами не превышает 0,20 кг/м³, результаты считают достоверными. В противном случае измерения повторяют.

Вычисляют среднее арифметическое значение этих двух результатов измерений плотности по формуле

$$\rho_{\Pi} = \frac{1}{2} \cdot (\rho_1 + \rho_2), \quad (4)$$

где ρ_{Π} - результат измерения плотности установкой, кг/м³;

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

Если в момент выполнения измерений плотности температура поверочной жидкости в установке отличается от температуры поверочной жидкости в ПП более чем на $\pm 0,1$ °С, значение плотности в поверочной установке ρ_{Π} приводят к температуре жидкости в ПП по формуле

$$\rho_{\Pi \text{ прив}} = \rho_{15} \cdot CTL_{\Pi\Pi} \cdot CPL_{\Pi\Pi}, \quad (5)$$

где $\rho_{\text{П прив}}$ - результат измерения плотности установкой, приведенный к температуре поверочной жидкости в ПП, кг/м³;

ρ_{15} - значение плотности поверочной жидкости при $t = 15$ °С и $P = 0$ МПа, кг/м³;

$CTL_{\text{ПП}}$ - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем поверочной жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;

$CPL_{\text{ПП}}$ - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем поверочной жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $P_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;

$t_{\text{ПП}}$ - температура поверочной жидкости в ПП, °С;

$P_{\text{ПП}}$ - давление поверочной жидкости в ПП, МПа.

Определения коэффициентов CTL , CPL и плотности ρ_{15} проводят по приложению Б настоящей методики поверки.

8.2.1.3 Значение плотности поверочной жидкости ПП по значению периода выходного сигнала ПП при нормальных условиях, без учета коррекции по температуре и давлению, ρ кг/м³ вычисляют по формуле

$$\rho = K0 + K1 \cdot T + K2 \cdot T^2, \quad (6)$$

где $K0, K1, K2$ - градуировочные коэффициенты ПП из сертификата его градуировки;

T - период колебаний выходного сигнала ПП при измерении плотности поверочной жидкости по показаниям частотомера, мкс.

8.2.1.4 Значения плотности поверочной жидкости ПП по значению периода выходного сигнала ПП при условиях измерения отличных от нормальных, с учетом коррекции по температуре и давлению, $\rho_{t,p}$, кг/м³ вычисляют по следующим формулам

$$\rho_{t,p} = \rho_t \cdot (1 + K20 \cdot P_{\text{ПП}} \cdot 10) + K21 \cdot P_{\text{ПП}} \cdot 10, \quad (7)$$

$$\rho_t = \rho \cdot (1 + K18 \cdot (t_{\text{ПП}} - 20)) + K19 \cdot (t_{\text{ПП}} - 20), \quad (8)$$

$$K20 = K20A + K20B \cdot P_{\text{ПП}} \cdot 10, \quad (9)$$

$$K21 = K21A + K21B \cdot P_{\text{ПП}} \cdot 10. \quad (10)$$

где ρ_t - плотность поверочной жидкости, вычисленная с коррекцией по температуре в ПП, кг/м³;

$K20, K21$ - градуировочные коэффициенты коррекции по давлению;

$K18$ и $K19$ - градуировочные коэффициенты коррекции по температуре ПП из сертификата его градуировки;

$K20A, K20B, K21A, K21B$ - градуировочные коэффициенты коррекции ПП по давлению из сертификата градуировки.

8.2.1.5 В протокол поверки заносят результаты измерений плотности установки и показания плотности поверяемого ПП. Форма протокола представлена в приложении А.

8.2.1.6 Операции по пп. 8.2.1.1-8.2.1.5 повторяют для поверочных жидкостей «В» и «С».

8.3 Определение абсолютной погрешности измерений плотности поверочной жидкости ПП при изменении температуры поверочной жидкости.

8.3.1 Абсолютную погрешность измерений плотности поверочной жидкости ПП при изменении температуры поверочной жидкости определяют с применением поверочной жидкости «В» при температуре (от плюс 38 до плюс 40) °С и давлении $(0,2 \pm 0,1)$ МПа, а также при температуре (от плюс 5 до плюс 7) °С и давлении $(0,2 \pm 0,1)$ МПа. Выполняют действия в соответствии с методикой, изложенной в п. 8.2.

8.4 Определение абсолютной погрешности измерений плотности поверочной жидкости ПП при изменении давления поверочной жидкости.

8.4.1 Абсолютную погрешность измерений плотности поверочной жидкости ПП при изменении давления поверочной жидкости определяют с применением поверочной жидкости «В» при температуре (20 ± 2) °С и давлении $(6,0 \pm 0,3)$ МПа. Выполняют действия в соответствии с методикой, изложенной в п. 8.2.

8.5 Обработка результатов измерений

8.5.1 Вычисление абсолютной погрешности измерений плотности поверочной жидкости ПП $\Delta\rho_{\text{абс.}}$, кг/м³, проводят при каждом измерении плотности жидкости по формуле

$$\Delta\rho_{\text{абс.}} = \rho - \rho_{\text{П}}. \quad (11)$$

Примечания

1 При изменении температуры и давления, или температуры, или давления значение плотности ПП в формуле 11 вместо ρ указывается соответственно $\rho_{t,P}$ или ρ_t или ρ_P .

2 При приведении плотности по температуре и/или давлению значение плотности установки в формуле 11 вместо $\rho_{\text{П}}$ указывается $\rho_{\text{П прив.}}$.

8.5.2 Абсолютная погрешность ПП при измерении плотности жидкости при каждом измерении в каждой поверяемой точки диапазона измерений не должна превышать $\pm 0,30$ кг/м³.

8.6 Подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

При получении положительных результатов по п. 8.1-8.5 методики поверки, ПП считают соответствующим метрологическим требованиям, установленным при утверждении типа, а результат поверки положительным.

9 Оформление результатов поверки

9.1 Результаты поверки ПП оформляют протоколом поверки согласно приложению А.

Аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку ПП, передает сведения о результатах поверки в ФИФОЕИ.

9.2 При положительных результатах поверки, по письменному заявлению владельца или лица, представившего ПП на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет свидетельство о поверке ПП в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ.

На оборотной стороне свидетельства о поверке ПП указывают:

- пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности;
- диапазон измерений плотности.

К свидетельству о поверке ПП прикладывают:

- протокол поверки ПП.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке ПП, в случае его оформления.

9.3 При отрицательных результатах поверки ПП к эксплуатации не допускают. По письменному заявлению владельца или лица, представившего ПП на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, оформляет извещение о непригодности в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ.

Примечание – При отрицательных результатах поверки ПП может подвергнуться процедуре градуировки ПП. При этом, после градуировки, все режимы поверки настоящей методики повторяются вновь. В случае повторного невыполнения требований хотя бы одного из режимов указанных в настоящей методики, поверка прекращается, ПП к применению не допускают и выдают извещение о непригодности в соответствии с действующим законодательством.

**Приложение А
(рекомендуемое)**

Форма протокола поверки

**ПРОТОКОЛ ПОВЕРКИ № _____
преобразователя плотности жидкости «ТН-Плотномер-25-6,3»**

Стр. _ из _

Тип: _____

Заводской № _____

Год выпуска: _____

Владелец: _____

Методика поверки: _____

Эталон, зав. № _____

Градуировочные коэффициенты поверяемого преобразователя плотности:

$K0=$ _____ $K18=$ _____ $K20A=$ _____

$K1=$ _____ $K19=$ _____ $K20B=$ _____

$K2=$ _____ $K21A=$ _____

$K21B=$ _____

Условия окружающей среды:

Температура окр. воздуха при взвешивании пикнометров, °C _____

Атмосферное давление, мм рт. ст _____

Влажность воздуха, % _____.

Таблица А.1 – Определение метрологических характеристик

Поверочная жидкость	Показания установки				Показания, поверяемого ПП		Плотность, измеренная установкой	Абсолютная погрешность ПП
	Показания датчиков, пикнометров		Показания датчиков, ПП		Выходной сигнал	Показания плотности		
	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$				
А							кг/м ³	кг/м ³
В								
С								
В								
В								
В								

Абсолютная погрешность ПП (не) превышает допустимую абсолютную погрешность $\pm 0,30 \text{ кг/м}^3$

Вывод: годен (не)годен

Поверку провел: _____
(Ф.И.О.)

_____ (подпись)

Дата поверки _____

Приложение Б (справочное)

Определение коэффициентов CTL , CPL и плотности ρ_{15}

Б.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL , учитывающего влияние температуры на объем жидкости (при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа) определяют по формулам

$$CTL = \exp[-\alpha_{15} \cdot \Delta t \cdot (1 + 0,8 \cdot \alpha_{15} \cdot \Delta t)], \quad (\text{Б.1})$$

$$\alpha_{15} = \frac{K0 + K1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + K2, \quad (\text{Б.2})$$

$$\Delta t = t - 15, \quad (\text{Б.3})$$

где ρ_{15} - значение плотности продукта при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа, кг/м³;
 t - значение температуры продукта, $^\circ\text{C}$;
 α_{15} - значение коэффициента объемного расширения продукта при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа, 1/ $^\circ\text{C}$;
 $K0, K1, K2$ - коэффициенты выбираются из таблицы А. 1.

Таблица Б.1 – Значения коэффициентов $K0, K1$ и $K2$ в зависимости от типа продукта

		Диапазон плотности при 15°C , кг/м ³	$K0$	$K1$	$K2$
Нефть		$611,2 \leq \rho_{15} < 1163,8$	613,9723	0,0000	0,0000
Группы нефте- продуктов	Бензины	$611,2 \leq \rho_{15} < 770,9$	346,4228	0,43884	0,0000
	Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами	$770,9 \leq \rho_{15} < 788,0$	2690,7440	0,00000	-0,0033762
	Топлива для реактивных двигателей, керосины для реактивных двигателей, авиационное реактивное топливо ДЖЕТ А, керосины	$788,0 \leq \rho_{15} < 838,7$	594,5418	0,0000	0,0000
	Дизельные топлива, печные топлива, мазуты	$838,7 \leq \rho_{15} < 1163,9$	186,9696	0,4862	0,0000
Смазочные масла нефтяного происхождения, полученные из дистиллятных масляных фракций с температурой кипения выше 370°C		$801,3 \leq \rho_{15} < 1163,9$	0,0000	0,6278	0,0000

Примечания

1 Нефтепродукты разделены на группы, имеющие внутри подгруппы, в указанном в таблице диапазоне плотности, аналогичные характеристики зависимости между коэффициентом объемного расширения α_{15} и плотностью нефтепродукта ρ_{15} . Наименование групп носит условный характер.

2 Если значение плотности нефтепродукта ρ_{15} попадает в диапазон плотности, соответствующей другой группе нефтепродуктов, то при расчете плотности конкретного нефтепродукта, в связи с условным наименованием групп, следует применять значения коэффициентов $K0, K1$ и $K2$ той подгруппы нефтепродуктов, которой соответствует его плотность ρ_{15} . Так, например бензин с плотностью ρ_{15} более $770,9$ кг/м³ следует относить к подгруппе «топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами» и расчет плотности проводить по коэффициентам, соответствующим данной подгруппе.

3 При наличии уточненных и утвержденных в установленном порядке коэффициентов $K0, K1$ и $K2$ для нефти и нефтепродуктов рекомендуется для расчета плотности применять уточненные коэффициенты.

Б.2 Определение коэффициента CPL

Значение коэффициента CPL , учитывающего влияние давления на объем жидкости (при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа) определяют по формулам

$$CPL = \frac{1}{1 - b \cdot P \cdot 10}, \quad (\text{Б.4})$$

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1.62080 + 0.00021592 \cdot t + \frac{0.87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4.2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (\text{Б.5})$$

где P – значение избыточного давления жидкости, МПа;

10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

Б.3 Определение коэффициента β

Значение коэффициента объемного расширения жидкости, β , $1/^\circ\text{C}$:

$$\beta = \alpha_{15} + 1.6 \cdot \alpha_{15}^2 \cdot (t - 15). \quad (\text{Б.6})$$

Б.4 Определение плотности ρ_{15}

Значение плотности жидкости при $t = 15^\circ\text{C}$ и $P = 0$ МПа, ρ_{15} , кг/м^3 определяют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{CTL_{\text{ПП}} \cdot CPL_{\text{ПП}}}, \quad (\text{Б.7})$$

где $\rho_{\text{ПП}}$ – значение плотности жидкости, измеренное ПП, кг/м^3 ;

$CTL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} ;

$CPL_{\text{ПП}}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем жидкости, определенный для $t_{\text{ПП}}$, $P_{\text{ПП}}$ и ρ_{15} .

Для определения ρ_{15} необходимо определить значения $CTL_{\text{ПП}}$ и $CPL_{\text{ПП}}$, а для определения $CTL_{\text{ПП}}$ и $CPL_{\text{ПП}}$, в свою очередь, необходимо определить значение плотности при стандартных условиях ρ_{15} . Поэтому значение ρ_{15} определяют методом последовательного приближения.

1) Определяют значения $CTL_{\text{ПП}(1)}$ и $CPL_{\text{ПП}(1)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{\text{ПП}}$.

2) Определяют значения $\rho_{15(1)}$, кг/м^3 :

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{CTL_{\text{ПП}(1)} \cdot CPL_{\text{ПП}(1)}}; \quad (\text{Б.8})$$

3) Определяют значения $CTL_{\text{ПП}(2)}$ и $CPL_{\text{ПП}(2)}$, принимая значение ρ_{15} равным значению $\rho_{15(1)}$.

4) Определяют значение $\rho_{15(2)}$, кг/м^3 :

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\text{ПП}}}{CTL_{\text{ПП}(2)} \cdot CPL_{\text{ПП}(2)}}; \quad (\text{Б.9})$$

5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения $CTL_{\text{ПП}(i)}$, $CPL_{\text{ПП}(i)}$ и $\rho_{15(i)}$ для i -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,001. \quad (\text{Б.10})$$

где $\rho_{15(i)}$, $\rho_{15(i-1)}$ – значения ρ_{15} , определенные, соответственно, за последний и предпоследний цикл вычислений, кг/м^3 .

Процесс вычислений продолжают до выполнения данного условия. За значение ρ_{15} принимают последнее значение $\rho_{15(i)}$.