


Государственный научный метрологический центр ФГУП "Всероссийский
научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И.
Менделеева"
(ГНМЦ ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева")
Госстандарта России

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель руководителя ГНМЦ
ФГУП "ВНИИМ им. Д.И. Менделеева"

 Александров

« — » г.


РЕКОМЕНДАЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ

Методика поверки на месте эксплуатации

МИ 2816-2003

Санкт-Петербург
2003

ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ГМНЦ ФГУП «Всероссийский научно- исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»
ИСПОЛНИТЕЛИ	Снегов В.С., кандидат технических наук; Домостроев А.В.
РАЗРАБОТАНА	ОАО «Инфракрасные и Микроволновые Системы»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Дворяшин А.А., кандидат физико-математических наук; Ягунин Г.А.
2 УТВЕРЖДЕНА	ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 12 марта 2003 г.
3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы» 08 сентября 2003 г.
4 ВЗАМЕН МИ 2326-95	

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»

СОДЕРЖАНИЕ

1	Операции поверки.....	1
2	Средства поверки.....	1
3	Требования безопасности.....	2
4	Условия поверки.....	2
5	Подготовка к поверке.....	3
6	Проведение поверки и обработка результатов измерений.....	3
7	Оформление результатов поверки.....	7
	Приложение А Значения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов в зависимости от их плотности.....	8
	Приложение Б Форма протокола поверки преобразователя плотности.....	9
	Приложение В Библиография.....	10

РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ
МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

МИ 2816 - 2003

Настоящая рекомендация распространяется на вибрационные поточные преобразователи плотности (далее – преобразователи плотности), предназначенные для измерений плотности нефти и нефтепродуктов (далее – продукт) в диапазоне от 700 до 1100 кг/м³, и устанавливает методику их периодической поверки на месте эксплуатации.

Межповерочный интервал – не более одного года.

1 Операции поверки

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (п.6.1);
- опробование (п.6.2);
- определение абсолютной погрешности преобразователя плотности (п.6.3).

2 Средства поверки

При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

2.1 Установку пикнометрическую переносную с пределами допускаемой погрешности измерений плотности $\pm 0,15$ кг/м³ в диапазоне плотности от 700 до 1100 кг/м³, включающую в себя:

- комплект металлических напорных пикнометров (не менее двух) с погрешностью по вместимости не более 0,025 см³;
- теплоизолирующий футляр для двух пикнометров;
- два термопреобразователя сопротивления, смонтированных в теплоизолирующий футляр, в комплекте с индикатором температуры с дискретностью отсчета 0,1 °С;
- индикатор расхода продукта через пикнометры в диапазоне от 0,1 до 1,5 м³/ч (погрешность не нормируют);
- весы электронные с наибольшим пределом взвешивания не менее 5,0 кг, дискретность отсчета 0,01 г, пределы допускаемой погрешности взвешивания при нормальных условиях: 0,03 г;
- комплект гирь КГО-3-5 по ГОСТ 7328.

2.2 Блок измерений показателей качества продукта (далее - БИК), на месте установки поверяемого преобразователя плотности, оборудованный следующими средствами измерений:

- термопреобразователем сопротивления с преобразователем измерительным, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,2$ °С;

– термометром стеклянным ртутным типа ГЛ-4Б, цена деления $0,1^{\circ}\text{C}$, пределы допускаемой абсолютной погрешности: $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$;

– преобразователем избыточного давления измерительным, пределы допускаемой приведенной погрешности: $\pm 0,5\%$;

– манометром точных измерений МТИ– 0,6.

2.3 Устройство обработки информации системы измерений количества и показателей качества продукта (далее - УОИ), на которое по каналам связи передаются выходные сигналы поверяемого преобразователя плотности, преобразователей избыточного давления и температуры.

2.4 Частотомер электронно-счетный ЧЗ-38 по ГОСТ 7590 (МЭК 51-4) с диапазоном измерений от 10 Гц до 10 МГц.

2.5 Источник постоянного тока и напряжения Б5-38 с нестабильностью 0,01 %.

2.6 Для промывки и просушки пикнометров используют следующие приборы и материалы:

– промывочные жидкости: спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300, нефрас по ГОСТ 8505 или бензин-растворитель для резиновой промышленности;

– пылесос (фен) электрический бытовой;

– салфетки хлопчатобумажные, ветошь.

2.7 Допускается применение других средств поверки с аналогичными или лучшими характеристиками.

3 Требования безопасности

При проведении поверки соблюдают следующие требования безопасности:

3.1 При проведении поверки соблюдают «Правила техники безопасности при эксплуатации установок потребителей», утвержденные Главгосэнергонадзором.

3.2 При проведении поверки соблюдают требования безопасности в БИК и в операторной в соответствии с инструкцией по эксплуатации соответствующей СИКН, утвержденной его владельцем, а также требования безопасности при работе в химико-аналитической лаборатории по анализу нефти и нефтепродуктов в соответствии с РД 39-0147103-354.

3.3 При работе с пикнометрами соблюдают меры безопасности в соответствии с требованиями технической документации, а также меры безопасности, определяемые "Правилами технической эксплуатации сосудов, работающих под давлением".

3.4 Помещения, в которых проводят работы с легковоспламеняющимися жидкостями, оборудуют установками пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.4.009 и оснащают общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжными шкафами.

4 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

– температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$ от 5 до 35;

– температура продукта, $^{\circ}\text{C}$ от 0 до 60;

– давление продукта, бар, не более

60;

– температура в помещении, где проводят промывку, продувку
воздухом, взвешивание и опорожнение пикнометров, °С

от 15 до 35.

5 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки выполняют следующие работы:

- промывают внутреннюю полость преобразователя плотности растворителем (бензином, нефрасом), используя шомпол с ершиком из мягкого материала или ткань;
- подготавливают пикнометры к проведению измерений, для этого их разбирают, промывают, собирают и продувают воздухом;
- подготавливают электронные весы в соответствии с инструкцией по эксплуатации;
- взвешивают пустые пикнометры. Непосредственно перед взвешиванием пикнометров калибруют весы в соответствии с инструкцией по эксплуатации. Взвешивают каждый из пикнометров не менее трех раз, вычисляют среднее значение результатов взвешивания. Сходимость результатов взвешивания пикнометров: не более 0,02г, в противном случае взвешивание повторяют. Измеряют температуру атмосферного воздуха и барометрическое давление в комнате, где проводилось взвешивание;
- пикнометрическую установку с установленными пикнометрами подсоединяют к трубопроводу в БИК. Устанавливают расход продукта в БИК в пределах рабочего диапазона расхода, расход через пикнометрическую установку должен быть не менее 0,2 м³/ч.

6 Проведение поверки и обработка результатов измерений

6.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра устанавливают:

- соответствие комплектности и маркировки преобразователя плотности требованиям технической документации;
- отсутствие на преобразователе плотности механических повреждений и дефектов покрытий, ухудшающих его внешний вид и мешающих работе;
- соответствие надписей и обозначений на преобразователе требованиям технической документации;
- правильность монтажа преобразователя плотности и пикнометрической установки в БИК и отсутствие протечек через фланцевые и резьбовые соединения.

6.2 Опробование

Проверяют общее функционирование преобразователя плотности с УОИ в соответствии с инструкцией по эксплуатации, соответствие введенных в УОИ градуировочных коэффициентов сертификату преобразователя плотности и правильность вычисляемых значений плотности.

6.3 Определение абсолютной погрешности преобразователя плотности

Абсолютную погрешность преобразователя плотности определяют при измерениях плотности продукта одновременно преобразователем плотности и комплектом пикнометров при температуре и давлении из рабочего диапазона в БИК в месте установки поверяемого преобразователя плотности.

6.3.1 Плотность продукта вычисляют по результатам измерений периода колебаний выходного сигнала преобразователя плотности.

Измерения начинают после стабилизации параметров продукта в преобразователе плотности и пикнометрах, когда изменение температуры продукта во времени не превышает $0,1 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{мин}$, изменение давления – $0,5 \text{ бар}/\text{мин}$, изменение периода – $0,02 \text{ мкс}/\text{мин}$.

Период выходного сигнала преобразователя плотности, температуру и давление продукта измеряют в следующей последовательности: снимают показания термометра и манометра в БИК, показания преобразователей температуры и давления в БИК, преобразователя температуры в пикнометрической установке. Затем закрывают выходной кран второго по потоку пикнометра, снимают показания манометра в БИК, после этого закрывают остальные краны пикнометров. За 1-2 минуты до закрытия кранов начинают фиксировать период колебаний выходного сигнала преобразователя плотности и продолжают до момента закрытия выходного крана. Значение периода колебаний выходного сигнала преобразователя плотности снимают с УОИ СИКН. Допускается измерять частоту (период колебаний) выходного сигнала преобразователя плотности с помощью частотомера.

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

6.3.2 Взвешивают заполненные пикнометры аналогично взвешиванию пустых пикнометров по разделу 5.

6.3.3 Опорожняют пикнометры, разбирают их, моют тело пикнометра и детали кранов в растворителе и продувают сухим воздухом до полного удаления остатков растворителя. При наличии воды в продукте для быстрого удаления остатков воды из пикнометров рекомендуется предварительно промыть тела пикнометров и детали кранов спиртом.

Собирают пикнометры и взвешивают согласно разделу 5. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерений плотности: не более $0,02 \text{ г}$., в противном случае измерения плотности повторяют.

Примечание – Допускается проводить взвешивание пустых пикнометров по п. 6.3.3 не при каждом измерении плотности, а после серии из 3-5 измерений.

6.3.4 Вычисляют результат измерений плотности $\rho_{1(2)}$ одним из пикнометров по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{[W_3 - W_n] \times \left[1 - \frac{e}{\rho_r} \right] + e \times V_{IP}}{V_{IP}} \times 10^3, \quad (1)$$

где $\rho_{1(2)}$ – результат измерений плотности жидкости одним из пикнометров, $\text{кг}/\text{м}^3$;

W_3 , – среднее арифметическое значение результатов взвешивания заполненного пикнометра, г;

W_n – среднее арифметическое значение результатов взвешивания пустого пикнометра, г;

e – плотность атмосферного воздуха, $\text{г}/\text{см}^3$, вычисленная по формуле

$$e = [1198,4 + 1,6 \times (P_a - 760) - 4 \times (t_a - 20)] \times 10^{-6}, \quad (2)$$

где P_a – барометрическое давление, мм.рт.ст.;

t_a – температура атмосферного воздуха, $^\circ\text{C}$;

ρ_r – плотность материала гирь ($\rho_r = 8 \text{ г}/\text{см}^3$);

V_{IP} – вместимость пикнометра, приведенная к условиям отбора пробы продукта, см^3 .
вычисленная по формуле

$$V_{IP} = V + F_t \times (t - t_0) + F_p \times P, \quad (3)$$

где V – вместимость пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке, см^3 ;

F_t – коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении температуры жидкости, указанный в свидетельстве о поверке, $\text{см}^3/^\circ\text{C}$;

t – температура пикнометра при отборе пробы продукта, $^\circ\text{C}$;

t_0 – температура поверки пикнометра (берут из свидетельства о поверке), $^\circ\text{C}$;

F_p – коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении давления продукта, $\text{см}^3/\text{бар}$;

P – давление в пикнометре при отборе пробы продукта (по показанию преобразователя давления или манометра в БИК), бар.

Вычисляют результат измерений плотности продукта вторым пикнометром по формуле (1). Если разность результатов измерений плотности продукта первым и вторым пикнометрами не превышает $0,20 \text{ кг/м}^3$, результаты считают достоверными.

Вычисляют среднее арифметическое значение этих двух результатов измерений плотности по формуле

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

где ρ_{Π} – результат измерений плотности комплектом пикнометров, кг/м^3 ;

ρ_1, ρ_2 – результат измерений плотности первым и вторым пикнометрами соответственно, кг/м^3 .

Если температура продукта в пикнометрах отличается от температуры продукта в преобразователе плотности более чем на $0,1^\circ\text{C}$, значение плотности ρ_{Π} приводят к температуре продукта в преобразователе плотности по формуле

$$\rho_{\Pi_{\text{прив}}} = \frac{\rho_{\Pi}}{1 + \beta(t_{\Pi\Pi} - t_{\Pi})}, \quad (5)$$

где $\rho_{\Pi_{\text{прив}}}$ – результат измерений плотности комплектом пикнометров, приведенный к температуре продукта в преобразователе плотности, кг/м^3 ;

β – коэффициент объемного расширения продукта (при измерениях плотности нефти – по МИ 2153, для нефтепродуктов коэффициент объемного расширения приведен в приложении А), $1/^\circ\text{C}$;

$t_{\Pi\Pi}$ – температура жидкости в преобразователе плотности, $^\circ\text{C}$;

t_{Π} – средняя температура жидкости в пикнометрах, $^\circ\text{C}$.

Операции поверки по п 6.3.1 и 6.3.2 проводят не менее трех раз и результаты заносят в протокол поверки (приложение Б).

6.3.3 Абсолютную погрешность преобразователя плотности при каждом измерении вычисляют по формуле

$$\Delta\rho = \rho_{t,p} - \rho_{\Pi_{\text{прив}}}, \quad (6)$$

где $\rho_{t,p}$ – плотность продукта, измеренная преобразователем плотности при температуре и давлении поверки, кг/м^3 ; значение $\rho_{t,p}$ при поверке вычисляют по формуле

$$\rho_{t,p} = \rho_t \times (1 + K20 \times P_{\Pi\Pi}) + K21 \times P_{\Pi\Pi}, \quad (7)$$

где $P_{\Pi\Pi}$ – давление в преобразователе плотности, бар;

$K20, K21$ – коэффициенты давления, вычисленные по формулам

$$K20 = K20A + K20B \times P_{\Pi\Pi}, \quad (8)$$

$$K21 = K21A + K21B \times P_{пл}, \quad (9)$$

где K20A, K20B, K21A, K21B – коэффициенты, указанные в сертификате градуировки преобразователя плотности;

ρ_t – плотность продукта при температуре поверки, вычисленная по формуле

$$\rho_t = \rho \times [1 + K18 \times (t_{пл} - 20)] + K19 \times (t_{пл} - 20), \quad (10)$$

где K18 и K19 – температурные коэффициенты, указанные в сертификате преобразователя плотности;

ρ – плотность жидкости без учета коэффициентов температуры и давления, вычисленная по формуле

$$\rho = K0 + K1 \times T + K2 \times T^2, \quad (11)$$

где K0, K1, K2 – коэффициенты, указанные в сертификате градуировки преобразователя плотности;

T – период колебаний выходного сигнала преобразователя плотности, мкс.

При поверке преобразователей плотности SARASOTA FD950, FD960 с сертификатом градуировки, в котором не используют коэффициенты K0, K1, ..., K21, плотность $\rho_{t,p}$ вычисляют по формуле

$$\rho_{t,p} = 2D_0 \frac{(T - T_{0corrected})}{T_{0corrected}} \left[1 + \frac{K}{2} \frac{(T - T_{0corrected})}{T_{0corrected}} \right], \quad (12)$$

где D_0 , K, – коэффициенты преобразователя плотности (берут из сертификата градуировки);

$T_{0corrected}$ – коэффициент преобразователя плотности с учетом температуры и давления жидкости при поверке, рассчитанный по формуле

$$T_{0corrected} = T_0 + TEMPCO(t - t_{cal}) + PRESCO(P - P_{cal}), \quad (13)$$

где T_0 – коэффициент преобразователя плотности (берут из сертификата градуировки), мкс;

TEMPCO – температурный коэффициент (берут из сертификата градуировки), мкс/ $^{\circ}$ C;

t – температура плотности продукта в преобразователе плотности, $^{\circ}$ C;

t_{cal} – температура градуировки преобразователя плотности (берут из сертификата градуировки), $^{\circ}$ C;

PRESCO – коэффициент давления (берут из сертификата градуировки), мкс/бар;

P – абсолютное давление в преобразователе плотности, бар;

P_{cal} – абсолютное давление градуировки преобразователя плотности ((берут из сертификата градуировки), бар.

При поверке преобразователей плотности с другими градуировочными коэффициентами значение $\rho_{t,p}$ вычисляют по алгоритму, приведённому в документации на поверяемую модель преобразователя плотности с учётом поправок на влияние температуры и давления, используя значения периода сигнала, температуры, давления и коэффициенты из сертификата градуировки или предыдущего свидетельства о поверке на поверяемый преобразователь плотности.

Абсолютная погрешность преобразователя плотности, рассчитанная по формуле (6) для каждого измерения плотности при поверке, не должна превышать 0,30 кг/м³ для всех типов преобразователей плотности.

7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении Б.

7.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство в соответствии с ПР 50.2.006.

7.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь плотности к применению не допускают, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006.

Приложение А

Значения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов
в зависимости от их плотности

ρ , кг/м ³	$\beta_{ж}$, 1/°C	ρ , кг/м ³	$\beta_{ж}$, 1/°C	ρ , кг/м ³	$\beta_{ж}$, 1/°C
700 - 719	0,001255	800 - 819	0,000937	900 - 919	0,000688
720 - 739	0,001183	820 - 839	0,000882	920 - 939	0,000645
740 - 759	0,001118	840 - 859	0,000831	940 - 959	0,000604
760 - 779	0,001054	860 - 879	0,000782	960 - 979	0,000564
780 - 799	0,000995	880 - 899	0,000734	980 - 1000	0,000526

Приложение Б
ПРОТОКОЛ № _____
 поверки преобразователя плотности
 (форма)

Тип _____ Зав. № _____ Представлен _____

Место поверки _____

РЕЗУЛЬТАТЫ
 поверки преобразователя плотности

Температура жидкости в преобразователе плотности	Давление жидкости		Плотность жидкости, из- меренная пик- нометром	Плотность жидкости, из- меренная пик- нометром, приведенная кг/м ³	Среднее зна- чение периодов колебаний мкс	Плотность жид- кости, измерен- ная преобразова- телем плотности кг/м ³	Абсолютная погрешность кг/м ³
	в пикно- метрах	в пикно- метрах					
°С	°С	бар	бар	кг/м ³	мкс	кг/м ³	кг/м ³

Должность, подпись, И.О. Фамилия лица,
 проводившего поверку _____

Дата проведения поверки « ____ » _____ 200 ____ г.

Приложение В

Библиография

1. ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
2. ГОСТ 7328-2001 Гири. Общие технические условия.
3. ГОСТ 7590-93 (МЭК 51-4-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 4. Особые требования к частотомерам.
4. ГОСТ 8505-80 Нефрас-С 50/170. Технические условия.
5. ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.
6. ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.
7. МИ 2153-2001 ГСИ. Плотность нефти. Требования к методике выполнения измерений ареометром при учетных операциях.
8. РД 39-0147103-354-89. Руководящий документ. Типовое положение о лаборатории, производящей анализы нефти при приемо-сдаточных операциях.