

Государственный научный метрологический центр  
ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии  
им. Д.И. Менделеева  
(ГНМЦ ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева)  
Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора  
по научной работе ГНМЦ  
ФГУП ВНИИМ им. Д.И. Менделеева

В.С. Александров



2008 г.

**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

Государственная система обеспечения единства измерений

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ**

Методика поверки на месте эксплуатации

МИ 2816-2008

## 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	ООО «ИМС Индастриз»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Дворяшин А.А., кандидат физико-математических наук; Сафонов А.В.; Ягунин Г.А.
2 УТВЕРЖДЕНА	ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 18 февраля 2008 г.
3 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы 04 июня 2008 г.
4 ВВЕДЕНА ВЗАМЕН	МИ 2816-2003

Настоящая рекомендация не может быть полностью или частично воспроизведена, тиражирована и (или) распространена без разрешения ООО «ИМС Индастриз»

## 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
	Библиография .....	10

## РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	МИ 2816 - 2008

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/м<sup>3</sup>, и устанавливает методику их первичной и 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/м<sup>3</sup> в диапазоне плотности от 700 до 1100 кг/м<sup>3</sup>, включающую в себя:

- комплект металлических напорных пикнометров (не менее двух штук) с пределами допускаемой погрешностью по вместимости  $\pm 0,025$  см<sup>3</sup>;
- два термопреобразователя сопротивления, смонтированных в теплоизолирующий футляр, в комплекте с индикатором температуры, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,2$ °С,

*Примечание* – Допускается вместо термопреобразователей использовать два термометра с ценой деления 0,1 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,2$  °С, на входе и на выходе пикнометрической установки;

- индикатор расхода продукта через пикнометры с верхним пределом индикации не ниже 1,5 м<sup>3</sup>/час, с дискретностью шкалы не более 0,5 м<sup>3</sup>/час (погрешность не нормируют);
- весы электронные с наибольшим пределом взвешивания не менее 5,5 кг, дискретность показаний 0,01г, пределы допускаемой погрешности взвешивания  $\pm 0,03$  г;
- набор гирь (1; 2; 2 кг) класса точности F<sub>1</sub> по ГОСТ 7328 [1],

*Примечание* – При использовании электронных весов с внутренней калибровкой наличие гирь не обязательно;

- теплоизолирующий футляр для двух пикнометров;

– рукава (шланги) маслостойкие, на давление не ниже 10 МПа, с муфтами.

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 ТЛ-4Б по ТУ25-2021.003 [2], цена деления 0,1 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 0,2$  °С;

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

– манометром точных измерений МТИ– 0,6 по ТУ25.05.1481 [3].

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.

*Примечание* – Допускается вместо УОИ использовать частотомер электронно-счетный ЧЗ-38 по ГОСТ 7590 (МЭК 51-4) [4], диапазон измерений от 10 Гц до 10 МГц; источник постоянного тока и напряжения Б5-38 с нестабильностью 0,01 %.

2.4 Барометр метеорологический с пределами допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 1$  мм рт.ст. или  $\pm 0,1$  кПа.

2.5 Пылесос (фен) электрический бытовой.

2.6 Промывочные жидкости: спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300 [5], нефрас по ГОСТ 8505 [6] или бензин-растворитель для резиновой промышленности по ТУ 38-401-67-108 [7].

2.7 Салфетки хлопчатобумажные, ветошь.

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 [8].

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 [9] и оснащают общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжными шкафами.

### 4 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

– температура окружающего воздуха, °С от 5 до 45;

– температура продукта, °С от 0 до 100;

- давление продукта, бар, не более 80;
- 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: методом прямого взвешивания на весах с функцией калибровки по массе или при использовании весов в качестве компаратора (метод сравнения с известной массой). 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 взвешивания. При использовании метода сравнения с известной массой кроме пикнометров взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют среднее значение результатов взвешивания. Сходимость результатов взвешивания - не более 0,02 г, 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 м<sup>3</sup>/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 согласно разделу 5.

6.3.3 Опорожняют пикнометры, разбирают их, моют корпус 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 корпуса пикнометров и детали кранов спиртом.

Собирают пикнометры и взвешивают согласно разделу 5. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерения 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 При прямом методе взвешивания результат измерений плотности одним из пикнометров  $\rho_{1(2)}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{[W_3 - W_{\text{п}}] \cdot \left[ 1 - \frac{e}{\rho_{\text{г}}} \right] + e \cdot V_{\text{ип}}}{V_{\text{ип}}} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где  $W_3$  и  $W_{\text{п}}$  – средние арифметические значения результатов взвешивания заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

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

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

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

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

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

$V_{\text{ип}}$  – вместимость пикнометра, приведенная к условиям отбора пробы продукта,  $\text{см}^3$ , вычисленная по формуле

$$V_{\text{ип}} = V + F_t \cdot (t - t_0) + F_p \cdot P, \quad (3)$$

где  $V$  – вместимость пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке,  $\text{см}^3$ ;

$F_t$  – коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении температуры продукта, 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, указанный в свидетельстве о поверке, см<sup>3</sup>/бар;

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

При использовании метода сравнения с известной массой результат измерений плотности  $\rho_{1(2)}$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left[ \frac{W_3}{W_{ГЗ}} - \frac{W_{П}}{W_{ГП}} \right] \cdot M \cdot \left[ 1 - \frac{e}{\rho_{Г}} \right] + e \cdot V_{П}}{V_{П}} \cdot 10^3, \quad (4)$$

где  $W_{ГЗ}$  и  $W_{ГП}$  – средние арифметические значения результатов взвешивания известной массы (набора гирь) при взвешивании заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

$M$  – известная масса (масса набора гирь из свидетельств о поверке), г.

Вычисляют результат измерений плотности продукта вторым пикнометром по формуле (1) или (4). Если разность результатов измерений плотности продукта первым и вторым пикнометрами не превышает 0,20 кг/м<sup>3</sup>, результаты считают достоверными.

Вычисляют среднее арифметическое значение этих двух результатов измерений плотности по формуле

$$\rho_{П} = \frac{1}{2} \cdot (\rho_1 + \rho_2), \quad (5)$$

где  $\rho_{П}$  – результат измерения плотности комплектом пикнометров, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_1, \rho_2$  – результат измерений плотности первым и вторым пикнометрами соответственно, кг/м<sup>3</sup>.

Если температура продукта в пикнометрах отличается от температуры продукта в преобразователе плотности более чем на 0,1°C, значение плотности  $\rho_{П}$  приводят к температуре продукта в преобразователе плотности по формуле

$$\rho_{П_{прив}} = \frac{\rho_{П}}{1 + \beta(t_{ПП} - t_{П})}, \quad (6)$$

где  $\rho_{П_{прив}}$  – результат измерения плотности комплектом пикнометров, приведенный к температуре продукта в преобразователе плотности, кг/м<sup>3</sup>;

$\beta$  – коэффициент объемного расширения продукта: по МИ 2153 [10] при измерениях плотности нефти, для нефтепродуктов приведен в приложении А, 1/°C;

$t_{ПП}$  – температура жидкости в преобразователе плотности, °C;

$t_{П}$  – средняя температура жидкости в пикнометрах, °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).

6.3.5 Абсолютную погрешность преобразователя плотности при каждом измерении вычисляют по формуле

$$\Delta\rho = \rho_{t,P} - \rho_{П_{прив}}, \quad (7)$$

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

$$\rho_{t,P} = \rho_t \cdot (1 + K20 \cdot P_{Пл}) + K21 \cdot P_{Пл}, \quad (8)$$

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

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

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

$$K21 = K21A + K21B \cdot P_{пл}, \quad (10)$$

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

$\rho_t$  – плотность продукта при температуре поверки, вычисленная по формуле

$$\rho_t = \rho \cdot [1 + K18 \cdot (t_{пл} - 20)] + K19 \cdot (t_{пл} - 20), \quad (11)$$

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

$\rho$  – плотность жидкости без учета коэффициентов температуры и давления, вычисленная по формуле

$$\rho = K0 + K1 \cdot T + K2 \cdot T^2, \quad (12)$$

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  $\rho_{t,p}$  вычисляется по формуле

$$\rho_{t,p} = 2D_0 \frac{(T - T_{0corrected})}{T_{0corrected}} \left[ 1 + \frac{K}{2} \frac{(T - T_{0corrected})}{T_{0corrected}} \right], \quad (13)$$

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

$$T_{0corrected} = T_0 + TEMPCO(t - t_{cal}) + PRESCO(P - P_{cal}), \quad (14)$$

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 (7) для каждого измерения плотности при поверке, не должна превышать 0,30 кг/м<sup>3</sup> 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 [11].

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 [11].

Приложение А

Значения коэффициента объемного расширения нефтепродуктов  
в зависимости от их плотности

$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta_{ж}$ , 1/°C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta_{ж}$ , 1/°C	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\beta_{ж}$ , 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		Давление жидкости		Плотность жидкости, измеренная пикнометром	Плотность жидкости, измеренная пикнометром, приведенная	Среднее значение периода колебаний	Плотность жидкости, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность
в преобразователе плотности	в пикнометрах	в преобразователе плотности	в пикнометрах					
°С	°С	бар	бар	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	мс	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>

Должность, подпись, И.О. Фамилия лица,  
 проводившего поверку \_\_\_\_\_

Дата проведения поверки «\_\_» \_\_\_\_\_ 200\_\_ г

## Библиография

- [1] ГОСТ 7328-2001 Гири. Общие технические условия.
- [2] ТУ 25-2021.003-98 Термометры ртутные стеклянные лабораторные. Технические условия
- [3] ТУ 25.05.1481-77 Манометры, мановакуумметры и вакуумметры для точных измерений типов МТИ и ВТИ. Технические условия.
- [4] ГОСТ 7590-93 (МЭК 51-4-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 4. Особые требования к частотомерам.
- [5] ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.
- [6] ГОСТ 8505-80 Нефрас-С 50/170. Технические условия.
- [7] ТУ 38.401-67-108-92 (взамен ГОСТ 443-76 Бензин-растворитель для резиновой промышленности. Технические условия)
- [8] РД 39-0147103-354-89. Руководящий документ. Типовое положение о лаборатории, производящей анализы нефти при приемо-сдаточных операциях.
- [9] ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.
- [10] МИ 2153-2004 ГСИ. Плотность нефти. Требования к методике выполнения измерений ареометром при учетных операциях.
- [11] ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.