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
«18» 02 2008 г.

Р Е К О М Е Н Д А Ц И Я
Государственная система обеспечения единства измерений

ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ
Методика поверки на месте эксплуатации

МИ 2816-2008

Санкт-Петербург
2008

gost.e-ecolog.ru

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	ГНМЦ 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 о бработка 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

Т88.5

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^3, 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 ± 0,15 кг/м^3 в диапазоне плотности от 700 до 1100 кг/м^3, включающую в себя:

– комплект металлических напорных пикнометров (не менее двух штук) с пределами допускаемой погрешностью по вместимости ± 0,025 см^3;

–два термопреобразователя сопротивления, вмонтированных в теплоизолирующий футляр, в комплекте с индикатором температуры, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2°С,

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

– индикатор расхода продукта через пикнометры с верхним пределом индикации не ниже 1,5 м^3/час, с дискретностью шкалы не более 0,5 м^3/час (погрешность не нормируют);

– весы электронные с наибольшим пределом взвешивания не менее 5,5 кг, дискретность показаний 0,01г, пределы допускаемой погрешности взвешивания ± 0,03 г;

– набор гирь (1; 2; 2 кг) класса точности F_1 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: ± 0,2 °С;

– термометром стеклянным ртутным типа ТЛ-4Б по ТУ25-2021.003 [2], цена деления 0,1 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности ± 0,2 °С;

–преобразователем избыточного давления измерительным, пределы допускаемой приведенной погрешности: ± 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 Ч3-38 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 ± 1 мм рт.ст. или ± 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 $м^3$/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 ^{0}С/мин, изменение давления – 0,5 бар/мин, изменение периода – 0,02 мкс/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 корпусы 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 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 $\rho_{1(2)}$, кг/м^3, вычисляют по формуле

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

где Wз и Wп – средние арифметические значения результатов взвешивания заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

e – плотность атмосферного воздуха, г/см^3, вычисленная по формуле

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

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

t_a – температура атмосферного воздуха, °С;

$\rho_г$ – плотность материала гирь ($\rho_г$ = 8 г/см^3);

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

$$V_{tP} = V + F_t \cdot (t - t_o) + F_p \cdot P, \qquad (3)$$

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

F_t – коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении температуры продукта, указанный в свидетельстве о поверке, см^3/°С;

t – температура пикнометра при отборе пробы продукта, °С;

t_o – температура поверки пикнометра (берут из свидетельства о поверке), °С;

F_P – коэффициент изменения вместимости пикнометра при изменении давления продукта, указанный в свидетельстве о поверке, $см^3$/бар;

Р – 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 $\rho_{1(2)}$, $кг/м^3$, вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left[\frac{W_З}{W_{ГЗ}} - \frac{W_П}{W_{ГП}}\right] \cdot M \cdot \left[1 - \frac{e}{\rho_Г}\right] + e \cdot V_{tP}}{V_{tP}} \cdot 10^3, \qquad (4)$$

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

М – 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 $кг/м^3$, результаты считают достоверными.

Вычисляют среднее арифметическое значение этих двух результатов измерений плотности по формуле

$$\rho_П = \frac{1}{2} \cdot (\rho_1 + \rho_2), \qquad (5)$$

где $\rho_П$ – результат измерения 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°С, значение плотности $\rho_П$ приводят к температуре продукта в преобразователе плотности по формуле

$$\rho_{П_{прив}} = \frac{\rho_П}{1 + \beta(t_{ПП} - t_П)}, \qquad (6)$$

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

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

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

$t_П$ – средняя температура жидкости в пикнометрах, °С.

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

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

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

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

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

К20, К21– коэффициенты давления, вычисленные по формулам

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

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

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

ρ_t – плотность продукта при температуре поверки, вычисленная по формуле

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

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

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

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

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 $\rho_{t,P}$ вычисляют по формуле

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

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

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

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

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

TEMPCO – температурный коэффициент (берут из сертификата градуировки), мкс/^{0}C;

t – температура плотности продукта в преобразователе плотности, ^{0}C;

t_{cal} – температура градуировки преобразователя плотности (берут из сертификата градуировки), ^{0}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/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 [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

ρ, кг/м^3	$\beta_ж$, 1/°С	ρ, кг/м^3	$\beta_ж$, 1/°С	ρ, кг/м^3	$\beta_ж$, 1/°С
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

П Р О Т О К О Л № _____

поверки преобразователя плотности

(форма)

Тип_____ Зав.№_____ Представлен _____

Место поверки_____

Р Е З У Л Ь Т А Т Ы

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^3	кг/м^3	мкс	кг/м^3	кг/м^3

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.

gost.e-ecolog.ru