

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
ИСПОЛНИТЕЛИ	Снегов В.С., кандидат технических наук
2 РАЗРАБОТАНА	ООО «ИМС Индастриз»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Дворяшин А.А., кандидат физико-математических наук, Сафонов А.В.; Каррамов И.Р.; Ягунин Г.А.; Сагдеев Р.С.
3 УТВЕРЖДЕНА	ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
4 ЗАРЕГИСТРИРОВАНА	ФГУП Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы
5 ВВЕДЕНА ВЗАМЕН	МИ 2816-2008

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

## СОДЕРЖАНИЕ

1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины, определения и сокращения	2
4 Операции поверки	2
5 Средства поверки	2
6 Требования безопасности	4
7 Условия поверки	4
8 Подготовка к поверке	5
9 Проведение поверки и обработка результатов измерений	5
10 Оформление результатов поверки	10
Приложение А Определение коэффициентов C <sub>TL</sub> , C <sub>PL</sub> и плотности $\rho_{15}$	11
Приложение Б Форма протокола поверки	14

## РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	МИ 2816 - 2011

**1 Область применения**

Настоящая рекомендация распространяется на вибрационные поточные преобразователи плотности, предназначенные для измерений плотности нефти и нефтепродуктов в диапазоне от 650 до 1100 кг/м<sup>3</sup>, и устанавливает методику их первичной и периодической поверок на месте эксплуатации.

Интервал между поверками – не более одного года.

**2 Нормативные ссылки**

[1] ГОСТ 8.024 – 2002 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений плотности.

[2] ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.

[3] ГОСТ 7328-2001 Гири. Общие технические условия.

[4] ТУ 25-2021.003-98 Термометры ртутные стеклянные лабораторные. Технические условия.

[5] ТУ 25.05.1481-77 Манометры, мановакуумметры и вакуумметры для точных измерений типов МТИ и ВТИ. Технические условия.

[6] ГОСТ 7590-93 (МЭК 51-4-84) Приборы аналоговые показывающие электроизмерительные прямого действия и вспомогательные части к ним. Часть 4. Особые требования к частотомерам.

[7] ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические усло-

вия.

[8] ГОСТ 8505-80 Нефрас-С 50/170. Технические условия.

[9] ТУ 38.401-67-108-92 (взамен ГОСТ 443-76 Бензин-растворитель для резиновой промышленности. Технические условия)

[10] РД 39-0147103-354-89. Руководящий документ. Типовое положение о лаборатории, производящей анализы нефти при приемо-сдаточных операциях.

[11] ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

[12] ПР 50.2.006-94 ГСИ. Порядок проведения поверки средств измерений.

### **3 Термины, определения и сокращения**

ИВК – измерительно-вычислительный комплекс, в том числе вычислители расхода, измерительные контроллеры;

ПП – преобразователь плотности;

Продукт – нефть и нефтепродукты;

СИ – средство измерений;

Эталонное СИ - Установка пикнометрическая переносная, допущенная к применению в качестве рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с ГОСТ 8.024 [1]

### **4 Операции поверки**

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- внешний осмотр (6.1);
- опробование (6.2);
- определение метрологических характеристик (6.3).

### **5 Средства поверки и вспомогательное оборудование**

При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

5.1 Эталонное СИ с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности – не более  $\pm 0,1$  кг/м<sup>3</sup> в диапазоне температур от 0 °С до 50 °С; не более  $\pm 0,15$  кг/м<sup>3</sup> в диапазоне температур от 50 °С до 100 °С

Комплектность эталонного СИ – в соответствии с описанием типа:

- комплект металлических напорных пикнометров (не менее двух штук) с пределами до-

пускаемой погрешности по вместимости не более  $\pm 0,025 \text{ см}^3$ ;

- два термопреобразователя сопротивления, вмонтированных в теплоизолирующий футляр, в комплекте с индикатором температуры, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ;

- два термокармана переносных, один из которых установлен на входе продукта в установку, второй - на выходе из установки, если эталонная СИ не имеет встроенных термокарманов с датчиками температуры;

*Примечание* – допускается вместо термопреобразователей использовать - термометр цифровой ТЦМ 9410Ех, переносной в комплекте с термопреобразователем сопротивления или два термометра стеклянных для диапазона температуры продукта в трубопроводе с ценой деления шкалы  $0,1^\circ\text{C}$  на входе и на выходе эталонного СИ. Пределы допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ;

- индикатор расхода продукта через эталонное СИ с ценой деления шкалы не более  $0,1 \text{ м}^3/\text{час}$  (погрешность не нормируют);

- весы электронные специального класса точности по ГОСТ Р 53228 [2];

- набор калибровочных гирь класса точности не ниже  $F_1$  по ГОСТ 7328 [3],

*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.

5.2 На трубопроводе в месте установки поверяемого ПП должны быть следующие средства измерений:

- термопреобразователь сопротивления с преобразователем измерительным, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ;

- термометр стеклянный ртутный типа ТЛ-4Б по ТУ25-2021.003 [4], цена деления шкалы  $0,1^\circ\text{C}$ , пределы допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2^\circ\text{C}$ ;

- преобразователь избыточного давления измерительный, пределы допускаемой приведенной погрешности не более  $\pm 0,5\%$ ;

- манометр точных измерений МТИ – 0,6 по ТУ25.05.1481 [5].

5.3 ИВК, на который по каналам связи передаются выходные сигналы поверяемого ПП, преобразователей избыточного давления и температуры.

*Примечание* – допускается вместо ИВК использовать частотомер электронно-счетный ЧЗ-38 по ГОСТ 7590 (МЭК 51-4) [6], диапазон измерений от 10 Гц до 10 МГц; источник постоянного тока и напряжения Б5-38 с нестабильностью не хуже  $\pm 0,01$  %.

5.4 Барометр метеорологический с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 1,5$  мм рт.ст. или  $\pm 0,2$  кПа

5.5 Пылесос (фен) электрический бытовой.

5.6 Промывочные жидкости: спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300 [7], нефрас по ГОСТ 8505 [8] или бензин-растворитель для резиновой промышленности по ТУ 38-401-67-108 [9].

5.7 Салфетки хлопчатобумажные, ветошь.

Допускается применение других средств поверки с аналогичными или лучшими характеристиками.

## **6 Требования безопасности**

При проведении поверки соблюдают следующие требования безопасности:

6.1 Требования безопасности - в соответствии с инструкцией по эксплуатации объекта, на котором установлен поверяемый ПП, и требования безопасности при работе в химико-аналитической лаборатории [10], в которой проводят работы по поверке ПП.

6.2 При работе с эталонной СИ соблюдают меры безопасности в соответствии с требованиями технической документации.

6.3 Помещения, в которых проводят работы с легковоспламеняющимися жидкостями, оборудуют установками пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.4.009 [11] и оснащают приточно-вытяжной вентиляцией и вытяжными шкафами.

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

## **7 Условия поверки**

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

– диапазон температуры окружающего воздуха, °С:

- при отборе пробы продукта в эталонное СИ, °С

от 5 до 50;

- при взвешивании эталонного СИ, °С	от 15 до 25;
-диапазон температуры продукта, °С	от 0 до 100;
- избыточное давление продукта при отборе проб в пикнометры, МПа	не более 10,0;
- расход продукта через пикнометры при отборе проб, м <sup>3</sup> /ч	не менее 0,2

## 8 Подготовка к поверке

Перед проведением поверки выполняют следующие работы:

- промывают внутреннюю полость ПП растворителем (бензином, нефрасом), используя шомпол с ершиком из мягкого материала или ткань;
- подготавливают пикнометры к проведению измерений, для этого их разбирают, промывают, сушат и собирают;
- 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 взвешиваний. При использовании метода сравнения с известной массой кроме пикнометров взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют среднее значение результатов взвешиваний. Сходимость результатов взвешиваний - не более 0,02 г, в противном случае взвешивание повторяют;
- измеряют температуру атмосферного воздуха и барометрическое давление в комнате, где проводилось взвешивание;
- эталонное СИ с установленными пикнометрами подсоединяют к трубопроводу. Устанавливают расход продукта в пределах рабочего диапазона расхода через ПП, расход через пикнометрическую установку должен быть не менее 0,2 м<sup>3</sup>/ч;
- для эталонного СИ, у которого нет встроенного термокармана с датчиком температуры подсоединяют термокарманы на входе и выходе установки.

## 9 Проведение поверки и обработка результатов измерений

### 9.1 Внешний осмотр

При проведении внешнего осмотра устанавливают:

- соответствие комплектности и маркировки ПП требованиям технической документации;
- отсутствие на ПП механических повреждений и дефектов покрытий, ухудшающих его внешний вид и мешающих работе;
- соответствие надписей и обозначений на ПП требованиям технической документации;
- правильность монтажа ПП и эталонного СИ, отсутствие протечек через фланцевые и резьбовые соединения.

## 9.2 Опробование

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

## 9.3 Определение абсолютной погрешности ПП

Абсолютную погрешность ПП определяют при измерениях плотности продукта одновременно ПП и эталонным СИ при температуре и давлении из рабочего диапазона на месте установки поверяемого ПП.

9.3.1 Плотность продукта вычисляют по результатам измерений периода колебаний выходного сигнала ПП.

Измерения начинают после стабилизации параметров продукта в ПП и эталонном СИ, когда изменение температуры продукта во времени не превышает  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , изменение давления –  $0,05\text{ МПа}/\text{мин}$ , изменение периода –  $0,02\text{ мкс}/\text{мин}$ .

Фиксируют с ИВК значение периода колебаний выходного сигнала ПП, значение температуры и давления продукта в трубопроводе и одновременно снимают показания термометров в эталонном СИ. Затем закрывают краны пикнометров, начиная с выходного крана второго по потоку пикнометра.

*Примечание* – допускается измерять частоту (период колебаний) выходного сигнала ПП с помощью частотомера.

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

9.3.2 Взвешивают заполненные пикнометры аналогично взвешиванию пустых пикнометров согласно разделу 8.

9.3.3 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 8. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерения плотности - не более 0,02 г, в противном случае измерения плотности повторяют.

*Примечание* – Допускается разбирать, проводить взвешивание пустых пикнометров по 9.3.3 не при каждом измерении плотности, а после серии из 3-5 измерений.

9.3.4 При прямом методе взвешивания результат измерений плотности одним из пикнометров  $\rho_{1(2)}$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{[W_3 - W_{\Pi}] \times \left[ 1 - \frac{e}{\rho_{\Gamma}} \right] + e \times V_{\text{тп}}}{V_{\text{тп}}} \times 10^3, \quad (1)$$

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

$e$  – плотность атмосферного воздуха, г/см<sup>3</sup>, 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, °C;

$\rho_{\Gamma}$  – плотность материала гирь ( $\rho_{\Gamma} = 8$  г/см<sup>3</sup>);

$V_{\text{тп}}$  – вместимость пикнометра, приведенная к условиям отбора пробы продукта, см<sup>3</sup>, вычисленная по формуле

$$V_{\text{тп}} = V + F_t \times (t_{\Pi} - t_o) + F_p \times P_{\Pi} \times 10, \quad (3)$$

где  $V$  – вместимость пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке, см<sup>3</sup>;

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

$t_{\Pi}$  – среднее арифметическое значение показаний термометров в эталонном СИ перед закрытием кранов пикнометров, °C;

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

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

$P_{\Pi}$  – давление в пикнометре при отборе пробы продукта (по показанию преобразо-

вателя давления или манометра в трубопроводе), МПа.

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

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left[ \frac{W_3}{W_{Г3}} - \frac{W_{П}}{W_{ГП}} \right] \times M \times \left[ 1 - \frac{e}{\rho_{Г}} \right] + e \times V_{цп}}{V_{цп}} \times 10^3, \quad (4)$$

где  $W_{Г3}$  и  $W_{ГП}$  - средние арифметические значения результатов взвешиваний 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

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

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

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

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

$$\rho_{Пприв} = \rho_{15} \cdot \text{CTL}_{ПП} \cdot \text{CPL}_{ПП} \quad (6)$$

где  $\rho_{Пприв}$  – результат измерения плотности эталонным СИ, приведенный к температуре продукта в ПП, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{15}$  – значение плотности продукта при  $t = 15$  °C и  $P = 0$  МПа, кг/м<sup>3</sup>, вычисленное в соответствии с Приложением А;

$\text{CTL}_{ПП}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для  $t_{ПП}$  и  $\rho_{15}$  в соответствии с Приложением А;

$\text{CPL}_{ПП}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости,

определенный для  $t_{\text{ПП}}$ ,  $P_{\text{ПП}}$  и  $\rho_{15}$  в соответствии с Приложением А.

$t_{\text{ПП}}$  – температура продукта в поверяемом ПП, °С;

$P_{\text{ПП}}$  – давление продукта в поверяемом ПП, МПа;

Операции поверки по пунктам 9.3.1, 9.3.2 и 9.3.4 проводят не менее трех раз, результаты заносят в протокол поверки (Приложение Б).

9.3.5 Абсолютную погрешность ПП при каждом измерении вычисляют по формуле

$$\Delta\rho = \rho_{t,p} - \rho_{\text{ПРВ}}, \quad (7)$$

где  $\rho_{t,p}$  – плотность продукта, измеренная ПП при температуре и давлении поверки, кг/м<sup>3</sup>.

Значение  $\rho_{t,p}$  при поверке вычисляют по формулам

$$\rho_{t,p} = \rho_t \times (1 + K20 \times P_{\text{ПП}} \times 10) + K21 \times P_{\text{ПП}} \times 10, \quad (8)$$

$$\rho_t = \rho \times [1 + K18 \times (t_{\text{ПП}} - 20)] + K19 \times (t_{\text{ПП}} - 20), \quad (9)$$

$$\rho = K0 + K1 \times T + K2 \times T^2, \quad (10)$$

$$K20 = K20A + K20B \times P_{\text{ПП}} \times 10, \quad (11)$$

$$K21 = K21A + K21B \times P_{\text{ПП}} \times 10, \quad (12)$$

где  $\rho_t$  – плотность продукта при температуре поверки;

$K0$ ,  $K1$ ,  $K2$  – калибровочные коэффициенты ПП;

$\rho$  – плотность продукта без учета коэффициентов коррекции по температуре и давлению;

$K20$ ,  $K21$  – коэффициенты коррекции по давлению;

$K18$  и  $K19$  – калибровочные коэффициенты коррекции по температуре ПП;

$K20A$ ,  $K20B$ ,  $K21A$ ,  $K21B$  – калибровочные коэффициенты коррекции по давлению ПП;

$T$  – период колебаний выходного сигнала ПП, мкс.

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

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

$$T_{0 \text{ corrected}} = T_0 + \text{TEMPCO}(t_{\text{ПП}} - t_{\text{cal}}) + \text{PRESO}(P_{\text{ПП}} - P_{\text{cal}}) \times 10, \quad (14)$$

где  $D_0$ ,  $K$ , – коэффициенты ПП (берут из сертификата градуировки);

$T_{0 \text{ corrected}}$  – коэффициент ПП с учетом температуры и давления жидкости при поверке;

$T_0$  – коэффициент ПП (берут из сертификата градуировки), мкс;

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

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

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

$P_{\text{cal}}$  – абсолютное давление градуировки ПП (берут из сертификата градуировки), МПа.

При поверке ПП с другими градуировочными коэффициентами значение  $\rho_{t,p}$  вычисляют по алгоритму, приведённому в документации на поверяемую модель ПП 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 ПП.

Абсолютная погрешность, вычисленная по формуле (7) для каждого измерения плотности при поверке ПП, используемых при учетных измерениях, не должна превышать  $\pm 0,30 \text{ кг/м}^3$ .

Для ПП, не используемых при учетных операциях, абсолютная погрешность не должна превышать предела допускаемой абсолютной погрешности, установленного в описании типа для данной модели.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в Приложении Б.

10.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство в соответствии с ПР 50.2.006 [12].

10.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь плотности к применению не допускают, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006 [12].

## Приложение А

### Определение коэффициентов CTL, CPL и плотности $\rho_{15}$

#### А.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем продукта для диапазона плотности продукта (при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ ) от 611 до 1164 кг/м<sup>3</sup> определяют по формулам

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

$$\alpha_{15} = \frac{K_0 + K_1 \cdot \rho_{15}}{\rho_{15}^2} + K_2, \quad (\text{A.2})$$

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

где  $\rho_{15}$  – значение плотности продукта при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ , кг/м<sup>3</sup>;

$t$  – значение температуры продукта,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\alpha_{15}$  – значение коэффициента объемного расширения продукта при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ , 1/ $^{\circ}\text{C}$ ;

$K_0, K_1, K_2$  – коэффициенты выбираются из таблицы А.1.

Таблица А.1 - Значения коэффициентов  $K_0, K_1$  и  $K_2$  в зависимости от типа продукта

		Диапазон плотности при $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , кг/м <sup>3</sup>	$K_0$	$K_1$	$K_2$
Нефть		$611,2 \leq \rho_{15} < 1163,8$	613,9723	0,0000	0,0000
Группы нефтепродуктов	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 $370\text{ }^{\circ}\text{C}$		$801,3 \leq \rho_{15} < 1163,9$	0,0000	0,6278	0,0000

#### П р и м е ч а н и я

1 Нефтепродукты разделены на группы, имеющие внутри подгруппы, в указанном в таб-

лице диапазоне плотности, аналогичные характеристики зависимости между коэффициентом объемного расширения  $\alpha_{15}$  и плотностью нефтепродукта  $\rho_{15}$ . Наименование групп носит условный характер.

2 Если значение плотности нефтепродукта  $\rho_{15}$  попадает в диапазон плотности, соответствующей другой группе нефтепродуктов, то при расчете плотности конкретного нефтепродукта, в связи с условным наименованием групп, следует применять значения коэффициентов  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$ , той подгруппы нефтепродуктов, которой соответствует его плотность  $\rho_{15}$ . Так, например бензин с плотностью  $\rho_{15}$  более  $770,9 \text{ кг/м}^3$  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  $K_0$ ,  $K_1$  и  $K_2$  для нефти и нефтепродуктов рекомендуется для расчета плотности применять уточненные коэффициенты.

## **А.2 Определение коэффициента CPL**

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем продукта для диапазона плотности продукта (при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0 \text{ МПа}$ ) от  $611$  до  $1164 \text{ кг/м}^3$  определяют по формулам

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

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1,62080 + 0,00021592 \cdot t + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (\text{A.5})$$

где  $\rho_{15}$  – значение плотности продукта при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0 \text{ МПа}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$t$  – значение температуры продукта,  $^\circ\text{C}$ ;

$P$  – значение избыточного давления продукта,  $\text{МПа}$ ;

$10$  – коэффициент перевода единиц измерения давления  $\text{МПа}$  в  $\text{бар}$ .

## **Г.3 Определение плотности $\rho_{15}$**

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

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{\Pi}}{CTL_{\Pi} \cdot CPL_{\Pi}}, \quad (\text{A.6})$$

где  $\rho_{\Pi}$  – значение плотности продукта в эталонном СИ, кг/м<sup>3</sup>;

$CTL_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем продукта, определенный для  $t_{\Pi}$  и  $\rho_{15}$ ;

$CPL_{\Pi}$  – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем продукта, определенный для  $t_{\Pi}$ ,  $P_{\Pi}$  и  $\rho_{15}$ ;

$t_{\Pi}$  – значение температуры продукта в эталонном СИ, °C;

$P_{\Pi}$  – значение давления продукта в эталонном СИ, МПа;

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

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

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

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_{\Pi}}{CTL_{\Pi(1)} \cdot CPL_{\Pi(1)}} \quad (A.7)$$

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

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

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_{\Pi}}{CTL_{\Pi(2)} \cdot CPL_{\Pi(2)}} \quad (A.8)$$

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

$$|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}| \leq 0,001, \quad (A.9)$$

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

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

**Приложение Б**  
**Форма протокола поверки**

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_  
поверки преобразователя плотности

Тип преобразователя \_\_\_\_\_  
 Заводской номер \_\_\_\_\_  
 Владелец \_\_\_\_\_  
 Место поверки \_\_\_\_\_  
 Температура окружающего воздуха при взвешивании пикнометров \_\_\_\_\_ °С  
 Атмосферное давление \_\_\_\_\_ мм рт. ст.

**Определение метрологических характеристик**

Температура продукта		Давление продукта		Плотность жидкости, измеренная пикнометром	Плотность жидкости, измеренная пикнометром, приведенная	Значение периода колебаний	Плотность жидкости, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность
в преобразователе плотности	в пикнометрах	в преобразователе плотности	в пикнометрах					
°С	°С	МПа	МПа	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>	мкс	кг/м <sup>3</sup>	кг/м <sup>3</sup>

Градуировочные коэффициенты \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

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

Дата проведения поверки «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_