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	ГНМЦ 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»

gost.e-ecolog.ru

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 CTL, CPL и плотности ρ_{15}	11
Приложение Б Форма протокола поверки	14

Т88.5

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^3, 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 ± 0,1 кг/м3 в диапазоне температур от 0 °С до 50 °С; не более ± 0,15 кг/м3 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 ± 0,025 $см^3$;

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

– 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 °С на входе и на выходе эталонного СИ . Пределы допускаемой абсолютной погрешности не более ± 0,2 °С ;

– индикатор расхода продукта через эталонное СИ с ценой деления шкалы не более 0,1 $м^3$/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 ± 0,2 °С;

– термометр стеклянный ртутный типа ТЛ-4Б по ТУ25-2021.003 [4], цена деления шкалы 0,1 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более ± 0,2 °С;

– преобразователь избыточного давления измерительный, пределы допускаемой приведенной погрешности не более ± 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 Ч3-38 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 ±0,01 %.

5.4 Барометр метеорологический с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более ± 1,5 мм рт.ст. или ± 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, $м^3/ч$ 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 $м^3/ч$;

– 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 ^{0}С/мин, изменение давления – 0,05 МПа/мин, изменение периода – 0,02 мкс/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 корпусы 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^3, вычисляют по формуле

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

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

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

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

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

$$V_{tP} = V + F_t \times (t_П - t_o) + F_p \times P_П \times 10, \qquad (3)$$

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;

$t_П$ – среднее арифметическое значение показаний термометров в эталонном СИ перед закрытием кранов пикнометров, °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;

$P_П$ – 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^3, вычисляют по формуле

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

где $W_{ГЗ}$ 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^3, 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^3;

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

Если температура продукта в эталонном СИ отличается от температуры продукта в ПП более чем на 0,1°С, значение плотности $\rho_П$ приводят к температуре продукта в ПП по формуле

$$\rho_{Пприв} = \rho_{15} \cdot CTL_{ПП} \cdot CPL_{ПП} \quad (6)$$

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

ρ_{15} – значение плотности продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, кг/м^3, вычисленное в соответствии с Приложением А;

$CTL_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для $t_{ПП}$ и ρ_{15} в соответствии с Приложением А;

$CPL_{ПП}$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости,

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

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

$P_{ПП}$ – 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

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

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

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

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

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

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

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

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

где ρ_t – плотность продукта при температуре поверки;

К0, К1, К2 – калибровочные коэффициенты ПП;

ρ – плотность продукта без учета коэффициентов коррекции по температуре и давлению;

К20, К21– коэффициенты коррекции по давлению;

К18 и К19 – калибровочные коэффициенты коррекции по температуре ПП;

К20А, К20В, К21А, К21В – калибровочные коэффициенты коррекции по давлению ПП;

Т – период колебаний выходного сигнала ПП, мкс.

При поверке ПП SARASOTA FD950, FD960 с сертификатом градуировки, в котором не используют коэффициенты К0, К1,..., К21, плотность $\rho_{t,P}$ вычисляют по формулам

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

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

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

$T_{0\ corrected}$ – 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/^{0}С;

t_{cal} – температура градуировки ПП (берут из сертификата градуировки), ^{0}С;

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

P_{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 ±0,30 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 ρ_{15}

А.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем продукта для диапазона плотности продукта (при t = 15 °С и Р = 0 МПа) от 611 до 1164 кг/м^3 определяют по формулам

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

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

$$\Delta t = t - 15, \quad (А.3)$$

где ρ_{15} – значение плотности продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, кг/м^3;

t – значение температуры продукта, °С;

α_{15} – значение коэффициента объемного расширения продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, 1/°С;

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 °С, кг/м^3	K_0	K_1	K_2
Нефть		611,2≤ ρ_{15} <1163,8	613,9723	0,0000	0,0000
Группы нефтепродуктов	Бензины	611,2≤ ρ_{15} <770,9	346,4228	0,43884	0,0000
	Топлива, занимающие по плотности промежуточное место между бензинами и керосинами	770,9≤ ρ_{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≤ ρ_{15} <838,7	594,5418	0,0000	0,0000
	Дизельные топлива, печные топлива, мазуты	838,7 ≤ ρ_{15} <1163,9	186,9696	0,4862	0,0000
Смазочные масла нефтяного происхождения, полученные из дистиллятных масленых фракций с температурой кипения выше 370 °С		801,3 ≤ ρ_{15} <1163,9	0,0000	0,6278	0,0000

Примечания

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

лице 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 K_0, K_1 и K_2, той подгруппы нефтепродуктов, которой соответствует его плотность ρ_{15}. Так, например бензин с плотностью ρ_{15} более 770,9 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 °С и Р = 0 МПа) от 611 до 1164 кг/м^3 определяют по формулам

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

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

где ρ_{15} – значение плотности продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, кг/м^3;

t – значение температуры продукта, °С;

Р – значение избыточного давления продукта, МПа;

10 – коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар.

Г.3 Определение плотности ρ_{15}

Значение плотности продукта при t = 15 °С и Р = 0 МПа, ρ_{15}, кг/м^3 определяют по формуле

$$\rho_{15} = \frac{\rho_{П}}{CTL_{П} \cdot CPL_{П}}, \qquad (A.6)$$

где $\rho_П$ – значение плотности продукта в эталонном СИ, кг/м^3;

$CTL_П$ – коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем продукта, определенный для $t_П$ и ρ_{15};

$CPL_П$ – коэффициент, учитывающий влияние давления на объем продукта, определенный для $t_П$, $P_П$ и ρ_{15};

$t_П$ – значение температуры продукта в эталонном СИ, °С;

$P_П$ – значение давления продукта в эталонном СИ, МПа;

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

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

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

$$\rho_{15(1)} = \frac{\rho_П}{CTL_{П(1)} \cdot CPL_{П(1)}} \qquad (A.7)$$

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

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

$$\rho_{15(2)} = \frac{\rho_П}{CTL_{П(2)} \cdot CPL_{П(2)}} \qquad (A.8)$$

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

$$\left|\rho_{15(i)} - \rho_{15(i-1)}\right| \le 0{,}001, \qquad (A.9)$$

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 $\rho_{15(i)}$.

Приложение Б
Форма протокола поверки

П Р О Т О К О Л № _____
поверки преобразователя плотности

Тип преобразователя _____
Заводской номер _____
Владелец _____
Место поверки _____
Температура окружающего воздуха при взвешивании пикнометров _____ ^{0}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^3	кг/м^3	мкс	кг/м^3	кг/м^3

Градуировочные коэффициенты _____ от _____

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

Дата проведения поверки «___» _____ 201 ___

gost.e-ecolog.ru