

Приложение  
к приказу Федерального агентства  
по техническому регулированию  
и метрологии  
от «12» декабря 2024 г. № 2949

Рекомендация

Государственная система обеспечения единства измерений

Преобразователи плотности поточные

Методика поверки на месте эксплуатации

МИ 2816-2012

Изменение № 1

**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»

\_\_\_\_\_ Кривцов Е.П.  
« 6 » \_\_\_\_\_ 2012 г.



**РЕКОМЕНДАЦИЯ**

**Государственная система обеспечения единства измерений**

**ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ**

**Методика поверки на месте эксплуатации**

**МИ 2816-2012**

Санкт-Петербург

2012

## ПРЕДИСЛОВИЕ

1 РАЗРАБОТАНА	ГМНЦ ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
ИСПОЛНИТЕЛИ	Снегов В.С., кандидат технических наук, Домостроев А.В.
2 РАЗРАБОТАНА	ООО «ИМС Индастриз»
ИСПОЛНИТЕЛИ:	Сафонов А.В.; Каррамов И.Р.; 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 2816-2011

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.....	4
2 Нормативные ссылки.....	4
3 Термины, определения и сокращения .....	5
4 Операции поверки.....	5
5 Средства поверки и вспомогательное оборудование .....	5
6 Требования безопасности .....	6
7 Условия поверки .....	7
8 Подготовка к поверке .....	7
9 Проведение поверки и обработка результатов измерений .....	8
10 Оформление результатов поверки .....	13
Приложение А Определение коэффициентов CTL, CPL и плотности $\rho_{15}$ .....	14
Приложение Б Эскиз термокармана .....	17
Приложение В Форма протокола поверки .....	18

Т88.5  
РЕКОМЕНДАЦИЯ

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ПОТОЧНЫЕ МЕТОДИКА ПОВЕРКИ НА МЕСТЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ	МИ 2816 - 2012

## 1 Область применения

Настоящая рекомендация распространяется на 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 – в соответствии с установленным при испытаниях в целях утверждения типа.

## 2 Нормативные ссылки

- [1] ГОСТ 8.024 – 2002 ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений плотности.
- [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 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.
- [5] ГОСТ 8505-80 Нефрас-С 50/170. Технические условия.
- [6] ТУ 38.401-67-108-92 (взамен ГОСТ 443-76 Бензин-растворитель для резиновой промышленности. Технические условия)
- [7] РД 39-0147103-354-89. Руководящий документ. Типовое положение о лаборатории, производящей анализы нефти при приемо-сдаточных операциях.
- [8] ГОСТ 12.4.009-83 ССБТ. Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание.

[9] 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 (9.1);
- опробование (9.2);
- определение метрологических характеристик (9.3).

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

При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

5.1 Эталонное СИ с диапазоном измерений от 650 до 1100 кг/м<sup>3</sup> и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,1$  кг/м<sup>3</sup> в диапазоне температур от 0 °С до 50 °С и не более  $\pm 0,15$  кг/м<sup>3</sup> в диапазоне температур от 50 °С до 110 °С.

Комплектность эталонного СИ – в соответствии с описанием типа.

5.2 Если эталонное СИ не имеет встроенных термокарманов для установки датчика(-ов) температуры или стеклянных термометров, то оно комплектуется дополнительно:

- двумя переносными термокарманами на входе и выходе продукта эталонного СИ;
- термометром цифровым в комплекте с термопреобразователем (термопреобразователями) сопротивления или термометром (термометрами) стеклянными для диапазона температуры продукта в трубопроводе с ценой деления шкалы 0,1 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2$  °С.

Допускается измерение температуры по термопреобразователям сопротивления, смонтированным в кейс (теплоизолирующий футляр пикнометров эталонного СИ).

Эскиз термокармана представлен в Приложении Б.

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

- термопреобразователь сопротивления с преобразователем измерительным с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2$  °С;
- термометр стеклянный ртутный типа ТЛ-4Б по ТУ25-2021.003 [2], цена деления шкалы 0,1 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2$  °С;
- преобразователь избыточного давления измерительный, пределы допускаемой приведенной погрешности не более  $\pm 0,5$  %;
- манометр точных измерений МТИ – 0,6 по ТУ25.05.1481 [3].

5.4 ИВК с каналами связи, по которым передаются выходные сигналы поверяемого ПП и преобразователей избыточного давления и температуры.

5.5 Барометр метеорологический с пределами допускаемой абсолютной погрешности  $\pm 1,5$  мм рт.ст. ( $\pm 0,2$  кПа).

5.6 Психрометр аспирационный по ТУ 52-07-ГРПИ-405132-001-92.

5.7 Пылесос (фен) электрический бытовой, компрессор или другой источник подачи сухого воздуха.

**Примечание** - Допускается вместо сухого воздуха применять азот.

5.8 Промывочные жидкости: спирт этиловый ректификованный технический по ГОСТ 18300 [4], нефрас по ГОСТ 8505 [5] или бензин-растворитель для резиновой промышленности по ТУ 38-401-67-108 [6].

5.9 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 [7], в которой проводят работы по поверке ПП.

6.2 При работе с эталонным 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 [8] 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 пикнометрах и к последующему повреждению пикнометров.

## 7 Условия поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- диапазон температуры окружающего воздуха, °С:
  - при отборе пробы продукта в пикнометры, °С от минус 25 до 50;
  - при взвешивании пикнометров, °С от 15 до 25;
- диапазон температуры продукта, °С от 0 до 110;
- 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 0,1

## 8 Подготовка к поверке

8.1 Перед проведением поверки выполняют следующие работы:

при необходимости перед проведением поверки внутренняя полость ПП должна быть промыта бензином или нефрасом, используя шомпол с ершиком из мягкого материала или ткань;

- электронные весы подготавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации;
- взвешивают пустые пикнометры:
  - методом прямого взвешивания, если используемые весы имеют функцию калибровки по массе;
  - методом сравнения с известной массой, если весы не имеют функции калибровки по массе и используются в качестве компаратора.

8.2 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.

8.3 При использовании метода сравнения с известной массой, кроме пикнометров взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют средние значения результатов взвешиваний каждого пикнометра и среднее значение результатов взвешиваний набора гирь. Сходимость результатов взвешиваний - не более 0,02 г, в противном случае повторяют взвешивания;

- измеряют температуру атмосферного воздуха и барометрическое давление в комнате, где проводились взвешивания;
- для эталонного СИ, у которого нет встроенных термокарманов, подсоединяют термокарманы на входе продукта в пикнометры, и на выходе из пикнометров;
- пикнометры подсоединяют к трубопроводу в соответствии с инструкцией по их эксплуатации;
- устанавливают расход продукта через ПП в пределах его рабочего диапазона расхода;
- устанавливают расход продукта через пикнометры - не менее  $0,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ , но не более установленного для эталонного СИ;
- в термокарманы устанавливают термометры или термопреобразователи сопротивления.

## **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, а для ПП с частотным выходным сигналом проверяют соответствие введенных в ИВК градуировочных коэффициентов заводскому сертификату или предыдущему свидетельству о поверке (градуировки) и правильность вычисляемых значений плотности.

### **9.3 Определение абсолютной погрешности ПП**

Абсолютную погрешность ПП определяют, как разность результатов измерений плотности продукта одновременно ПП и эталонным СИ.

9.3.1 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 –  $0,02\text{ мкс}/\text{мин}$ .

Результат измерения плотности продукта, в зависимости от модели поверяемого ПП, считают с ИВК или вычисляют по результатам измерений параметров выходного сигнала.

Фиксируют показания поверяемого ПП (для ПП с частотным выходным сигналом – значения периода колебаний выходного сигнала), значения температуры и давления продукта в трубопроводе и одновременно снимают показания СИ температуры в термокарманах на входе и выходе эталонного СИ. Если используется одноканальный цифровой термометр с одним термопреобразователем сопротивления (один стеклянный термометр), то его погружают поочередно в термокарманы на входе продукта в эталонное СИ и на его выходе.

Закрывают краны пикнометров, начиная с выходного крана второго по потоку пикнометра.

Отсоединяют пикнометры, промывают наружную поверхность нефрасом или бензином и продувают сухим воздухом или азотом, до полного удаления остатков промывочной жидкости.

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 нефрасом или бензином и продувают сухим воздухом до полного удаления остатков промывочной жидкости. При наличии воды в продукте рекомендуется предварительно промыть пикнометры и детали кранов этанолом.

9.3.4 Собирают пикнометры и взвешивают согласно разделу 8. Сходимость результатов взвешивания пустых пикнометров до и после измерения плотности – не более  $0,02\text{ г}$ , в противном случае измерения плотности повторяют.

*Примечание* – Допускается разбирать, проводить взвешивание пустых пикнометров по пп. 9.3.3-9.3.4 не при каждом измерении плотности, а после серии до 5 измерений. После окончания поверки ПП выполнение работ по пп. 9.3.3-9.3.4 обязательно.

9.3.5 При прямом методе взвешивания результат измерений плотности одним из пикнометров  $\rho_{1(2)}$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , вычисляют по формуле

$$\rho_{1(2)} = \frac{[W_3 - W_n] \cdot \left[1 - \frac{\rho_a}{\rho_r}\right] + \rho_a \cdot V_{\text{п}}}{V_{\text{п}}} \cdot 10^3, \text{ кг}/\text{м}^3 \quad (1)$$

где  $W_3$  и  $W_п$  – средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

$\rho_a$  – плотность атмосферного воздуха, г/см<sup>3</sup>, вычисленная по формуле

$$\rho_a = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot h \cdot e^{0,0612 t_a}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + t_a}, \quad (2)$$

где  $P_a$  – барометрическое давление, гПа, (допускается использовать данные метеослужб для данного региона);

$t_a$  – температура атмосферного воздуха, °C;

$h$  – относительная влажность воздуха, %, (допускается использовать данные метеослужб для данного региона);

$\rho_r$  – плотность материала гирь (если нет данных, принимают  $\rho_r = 8,0$  г/см<sup>3</sup>);

$V_{тР}$  – вместимость пикнометра, приведенная к условиям отбора пробы продукта, см<sup>3</sup>, вычисленная по формуле в соответствии с руководством по эксплуатации или методикой измерений или по формуле

$$V_{тР} = V + F_t \cdot (t_{п} - t_0) + F_P \cdot P_{п} \cdot 10, \quad (3)$$

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;

$t_{п}$  – среднее арифметическое значение показаний СИ температуры в термокарманах на входе продукта в пикнометры и на выходе или по термопреобразователям сопротивления, смонтированным в кейс, °C;

$t_0$  – температура поверки пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке, °C;

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

$P_{п}$  – давление в пикнометре при отборе пробы продукта (по показанию преобразователя давления или манометра на трубопроводе), МПа.

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

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left[ \frac{W_3}{W_{ГЗ}} \cdot M_3 - \frac{W_{П}}{W_{ГП}} \cdot M_{П} \right] \cdot \left[ \frac{1 - \frac{0,0012}{8,0}}{1 - \frac{\rho_a}{\rho_z}} \right] + \rho_a \cdot V_{ГП}}{V_{ГП}} \cdot 10^3, \text{ кг/м}^3, \quad (4)$$

где  $W_{ГЗ}$  и  $W_{ГП}$  – средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях гирь, замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, г;

$\rho_r$  – плотность гирь, г/см<sup>3</sup>;

$M_3$  и  $M_{П}$  – известная условная масса гирь (из свидетельств о поверке), замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, 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. В противном случае повторяют измерения по п.9.3.

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

$\rho_{15}$  – значение плотности продукта при  $t = 15$  °С и  $P = 0$  МПа, кг/м<sup>3</sup>;

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

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

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

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

Методика определения коэффициентов CTL, CPL и плотности  $\rho_{15}$  дана в приложении А.

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 В).

9.3.7 Абсолютную погрешность ПП при каждом измерении вычисляют по формуле

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

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

9.3.8 Для моделей ПП 7835/45/47 значение  $\rho_{t,p}$  при поверке вычисляют по формулам

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

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

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

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

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

где  $K0, K1, K2$  – коэффициенты ПП (из сертификата его градуировки);

$\rho$  – плотность продукта, вычисленная без коррекции на температуру и давление в ПП при его поверке;

$\rho_t$  – плотность продукта, вычисленная с коррекцией на температуру ПП;

$K20, K21$  – коэффициенты коррекции по давлению;

$K18$  и  $K19$  – коэффициенты коррекции по температуре (из сертификата градуировки ПП);

$K20A, K20B, K21A, K21B$  – коэффициенты коррекции по давлению (из сертификата градуировки ПП);

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

9.3.9 Для моделей ПП SARASOTA FD950, FD960 с сертификатом градуировки, в котором не используют коэффициенты  $K0, K1, \dots, K21$ , плотность  $\rho_{t,p}$  вычисляют по формулам

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

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

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

$T_{0corrected}$  – коэффициент, учитывающий влияние температуры и давления в ПП при его поверке;

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

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

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

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

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

9.3.10 Для других моделей ПП значение  $\rho_{t,p}$  определяют в соответствии с технической документацией на поверяемую модель ПП.

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

9.3.12 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 В.

10.2 При положительных результатах поверки оформляют свидетельство в соответствии с ПР 50.2.006 [9].

10.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь плотности не допускают, к применению, свидетельство аннулируют и выдают извещение о непригодности в соответствии с ПР 50.2.006 [9].

## Приложение А

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

#### А.1 Определение коэффициентов CTL, CPL и плотности $\rho_{15}$

##### А.1.1 Определение коэффициента CTL

Значение коэффициента CTL, учитывающего влияние температуры на объем продукта (при  $t = 15\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $P = 0\text{ МПа}$ ) определяют по формулам

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

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

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

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

$t$  – 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 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ , $\text{кг/м}^3$	$K_0$	$K_1$	$K_2$
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

#### Примечания

1 Нефтепродукты разделены на группы, имеющие внутри подгруппы, в указанном в таблице диапазоне плотности, аналогичные характеристики зависимости между коэффициентом объемного расширения  $\alpha_{15}$  и плотностью нефтепродукта  $\rho_{15}$ . Наименование групп носит услов-

ный 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.

#### **A.1.2 Определение коэффициента CPL**

Значение коэффициента CPL, учитывающего влияние давления на объем продукта (при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0 \text{ МПа}$ ) 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  $\text{бар}$ .

#### **A.1.3 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,  $\text{кг/м}^3$ ;

$CTL_{\Pi}$  – 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 (по показаниям преобразователя давления или манометра на трубопроводе);

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>:

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

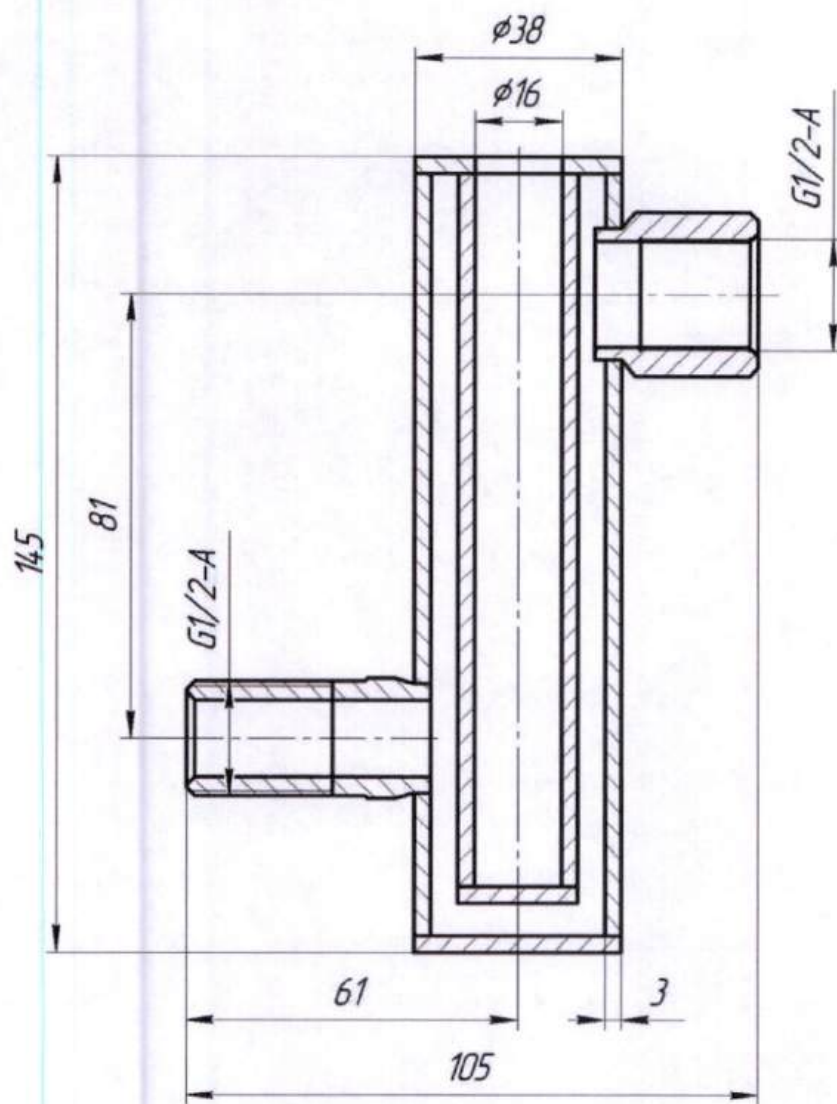
- 5) Аналогично пунктам (3) и (4), определяют значения  $CTL_{\Pi(i)}$ ,  $CPL_{\Pi(i)}$  и  $\rho_{15(i)}$  для  $i$ -го цикла вычислений и проверяют выполнение условия:

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

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 условия (A.9). За значение  $\rho_{15}$  принимают последнее значение  $\rho_{15(i)}$ .

Приложение Б  
Эскиз термокармана



*Размеры для справок*

Рисунок Б.1 – Термокарман

**Приложение В**  
**Форма протокола поверки**

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

Тип преобразователя \_\_\_\_\_

Заводской номер \_\_\_\_\_

Владелец \_\_\_\_\_

Место поверки \_\_\_\_\_

Температура окружающего воздуха при взвешивании пикнометров \_\_\_\_\_ °С

Барометрическое давление \_\_\_\_\_ кПа

Относительная влажность воздуха \_\_\_\_\_ %

**Определение метрологических характеристик**

Температура продукта		Давление продукта		Плотность, измеренная пикнометрами	Плотность, измеренная пикнометрами, приведенная	Значение периода колебаний преобразователя плотности	Плотность, измеренная преобразователем плотности	Абсолютная погрешность преобразователя плотности
в преобразователе плотности	в пикнометрах	в преобразователе плотности	в пикномет- рах					
°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 \_\_\_\_



УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора

ФГУП "ВНИИМ им. Д.И.Менделеева"

А.Н. Пронин

2018 г.

УТВЕРЖЕНО №17

03 ОКТЯБРЯ 2017г.

Срок введения 02 2019 г.

МИ 2816–2012 "Преобразователи плотности  
поточные. Методика поверки на месте  
эксплуатации"

## Изменение № 1

### Раздел 1

Первый абзац дополнить предложением: «Допускается проводить поверку по настоящей методике в условиях лаборатории.».

### Раздел 2

Удалить нумерацию в квадратных скобках, в том числе по тексту.

Удалить ссылки на следующие документы:

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

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

ГОСТ 18300-87 Спирт этиловый ректификованный технический. Технические условия.

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

Дополнить ссылками на следующие документы:

ГОСТ Р 55878–2013 Спирт этиловый технический гидролизный ректификованный. Технические условия

Р 50.2.076-2010 ГСИ. Плотность нефти и нефтепродуктов. Методы расчета. Программа и таблицы приведения

API MPMS 11.1 Manual of Petroleum Measurement Standards. Chapter 11 – Physical Properties Data (Volume Correction Factors)

Дополнить Примечанием в следующей редакции:

«Примечание – При пользовании настоящей рекомендацией следует в установ-

ленном порядке проверить действие нормативных документов, перечисленных в Разделе 2. Если нормативный документ заменен или частично изменен, то следует руководствоваться положениями заменяющего или частично заменяющего документа. Если нормативный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяют в части, не затрагивающей эту ссылку".

### Раздел 3

Третье перечисление изложить в редакции:

ПП – преобразователь плотности, канал измерений плотности массового преобразователя расхода.

Последнее предложение изложить в редакции:

"Эталонное СИ – установка пикнометрическая, допущенная к применению в качестве рабочего эталона 1 разряда в соответствии с ГОСТ 8.024".

### Раздел 5

Пункт 5.2. Изложить в новой редакции:

"Если конструкцией эталонного СИ не предусмотрено измерение температуры тел пикнометров с применением термопреобразователей сопротивления, установленных в теплоизолирующий футляр, то при измерениях температуры используют:

- два переносных термокармана: на входе продукта в эталонное СИ и на его выходе;
- термометры цифровые в комплекте с термопреобразователями сопротивления или термометры стеклянные для диапазона температуры продукта в трубопроводе с ценой деления шкалы  $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ".

Пункт 5.4. Изложить в новой редакции:

"ИВК с каналами связи, по которым передаются выходные сигналы поверяемого ПП и преобразователей избыточного давления и температуры. Диапазон измерений частоты входного сигнала от 1 до 10000 Гц (при поверке ПП с частотным выходным сигналом), пределы допускаемой относительной погрешности измерений частоты и (или) периода входного сигнала  $\pm 0,002\text{ }%$ . Диапазон измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений силы постоянного тока  $\pm 0,015\text{ мА}$ .

При поверке ПП с цифровым выходным сигналом ИВК должен обладать цифровым интерфейсом, обеспечивающим прием цифрового сигнала ПП".

Пункт 5.7. Примечание изложить в новой редакции:

"Допускается вместо сухого воздуха применять азот или гелий".

Раздел 8 изложить в новой редакции:

## **8 Подготовка к поверке**

Перед проведением поверки выполняют следующие работы:

- промывают внутреннюю полость ПП бензином или нефрасом, используя шомпол с ершиком из мягкого материала или ткань;
- пикнометры разбирают, промывают бензином или нефрасом, сушат на воздухе или продувая их используя источник чистого сухого воздуха, азота или гелия. В качестве источника воздуха допускается применять безмаслянный компрессор, пылесос, фен. Также допускается применять для просушки азот или гелий в баллонах под давлением. После просушки пикнометры собирают;
- электронные весы подготавливают в соответствии с инструкцией по эксплуатации;
- взвешивают пустые пикнометры методом сравнения с известной массой набора эталонных гирь. Пикнометр взвешивают не менее трех раз. После взвешивания каждого пикнометра взвешивают известную массу (набор гирь) также не менее трех раз и вычисляют средние значения результатов взвешиваний каждого пикнометра и среднее значение результатов взвешиваний набора замещающих гирь. Номинальная масса набора гирь не должна отличаться от результата взвешивания пикнометра более, чем на 500 г. Сходимость результатов взвешиваний пикнометров и набора гирь - не более 0,02 г, в противном случае повторяют взвешивания;
- измеряют температуру атмосферного воздуха и барометрическое давление в помещении, где проводились взвешивания;
- пикнометры подсоединяют к трубопроводу в соответствии с инструкцией по их эксплуатации;
- устанавливают расход продукта через ПП в пределах его рабочего диапазона расхода;
- устанавливают расход продукта через эталонное СИ – не менее 0,2 м<sup>3</sup>/ч.

## Раздел 9.

Подпункт 9.3.1. Первый абзац изложить в новой редакции:

"Измерения начинают после стабилизации параметров рабочей жидкости в ПП и эталонном СИ, когда изменение температуры рабочей жидкости во времени не превышает 0,1 °С/мин, изменение давления – 0,05 МПа/мин, изменение периода для ПП с частотным выходным сигналом:

– 0,02 мкс/мин для моделей 7835, 7845, 7847, SARASOTA FD950, SARASOTA FD960;

– 0,03 мкс/мин для ПП модели CDM;

– 0,06 мкс/мин для ПП модели Promass Q".

Подпункт 9.3.5 изложить в новой редакции:

"Результаты измерений плотности первым пикнометром  $\rho_1$ , кг/м<sup>3</sup>, и вторым пикнометром  $\rho_2$ , кг/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho_{1(2)} = \frac{\left( \frac{W_3}{W_{ГЗ}} \cdot M_3 - \frac{W_{П}}{W_{ГП}} \cdot M_{П} \right) \cdot \left( 1 - \frac{\rho_a}{\rho_z} \right) + \rho_a \cdot V_{вР}}{V_{вР}} \cdot 10^3, \quad (1)$$

где:  $W_3$  и  $W_{П}$  – средние арифметические значения показаний весов при взвешиваниях заполненного и пустого пикнометра соответственно, г;

$W_{ГЗ}$  и  $W_{ГП}$  – средние арифметические значения показаний весов при взвешивании гирь, замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, г;

$M_3$  и  $M_{П}$  – известная условная масса гирь (из свидетельств о поверке), замещающих массу заполненного и пустого пикнометра, соответственно, г;

$\rho_a$  – плотность атмосферного воздуха, г/см<sup>3</sup>, вычисленная по формуле

$$\rho_a = \frac{(0,34848 \cdot P_a - 0,009024 \cdot h \cdot e^{0,0612 \cdot t_a}) \cdot 10^{-3}}{273,15 + t_a}, \quad (2)$$

где  $P_a$  – барометрическое давление, гПа.;

$t_a$  – температура атмосферного воздуха, °С;

$h$  – относительная влажность воздуха, %;

$\rho_z$  – плотность материала гирь (если нет данных, принимают  $\rho_r = 8,0$  г/см<sup>3</sup>);

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

$$V_{вР} = V + F_t \cdot (t_{П} - t_0) + F_P \cdot P_{П} \cdot 10, \quad (3)$$

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,  $\text{см}^3/^\circ\text{C}$ ;

$t_{\Pi}$  – среднее арифметическое значение показаний СИ температуры эталонного СИ,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_0$  – температура поверки пикнометра, указанная в свидетельстве о поверке,  $^\circ\text{C}$ ;

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

$P_{\Pi}$  – давление в пикнометре при отборе пробы продукта (по показанию преобразователя давления или манометра на трубопроводе), МПа".

Подпункт 9.3.6 изложить в новой редакции:

"Если разность результатов измерений плотности продукта первым и вторым пикнометрами не превышает  $0,20 \text{ кг/м}^3$ , результаты считают достоверными. В противном случае повторяют измерения по п.9.3.

Вычисляют среднее арифметическое значение двух результатов измерений плотности по формуле:

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

где  $\rho_{\Pi}$  – результат измерения плотности эталонным СИ,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\rho_1, \rho_2$  – результаты измерений плотности первым и вторым пикнометрами соответственно,  $\text{кг/м}^3$ .

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

$$\rho_{\Pi \text{ прив}} = \rho_{15} \cdot CTL_{\Pi\Pi} \cdot CPL_{\Pi\Pi} \quad (5)$$

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

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

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

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

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

$P_{ПП}$  – давление продукта в поверяемом ПП, МПа.

Методика определения коэффициентов  $CTL$ ,  $CPL$  и плотности  $\rho_{15}$  приведена в приложении А.

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)".

В подпункте 9.3.7 изменить номер формулы с (7) на (6).

В подпункте 9.3.8 изменить номера формул:

– с (8) на (7);

– с (9) на (8);

– с (10) на (9);

– с (11) на (10);

– с (12) на (11);

В подпункте 9.3.9 изменить номера формул:

– с (13) на (12);

– с (14) на (13).

Подпункте 9.3.10. Добавить второй абзац, который изложить в редакции;

"Для ПП с цифровым выходным сигналом значение  $\rho_{15}$  регистрируют с дисплея ИВК или электронного блока ПП".

В подпункте 9.3.11 заменить ссылку на формулу (7) ссылкой на формулу (6).

## Раздел 10

Изложить в новой редакции:

"10.1 Результаты поверки ПП оформляют протоколом по рекомендуемой форме, приведенной в приложении Б.

При оформлении протоколов средствами вычислительной техники или вручную допускается формы протоколов представлять в измененном виде.

10.2 При положительных результатах поверки ПП оформляют свидетельство о поверке в соответствии с требованиями Приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 02.07.2015 №1815.

10.3 При отрицательных результатах поверки ПП к эксплуатации не допускают, действующее свидетельство о предыдущей поверке аннулируют и оформляют извещение о непригодности".

#### **Приложение А**

Дополнить предложением:

"Допускается проводить вычисления в соответствии с алгоритмами, реализованными в ИВК".

**Приложение Б** исключить.

**Приложение В.** Обозначение приложения заменить на "Приложение Б (рекомендуемое)".

#### **Содержание**

Предпоследнее перечисление: "Приложение Б Эскиз термокармана" - исключить.

Последнее перечисление изложить в новой редакции:

"Приложение Б (рекомендуемое) Форма протокола поверки ..... 17"