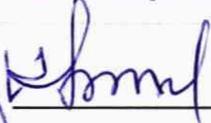


УТВЕРЖДАЮ

Директор ОП ГНМЦ  
АО «Нефтеавтоматика»



 М.С. Немиров  
« 28 » 10 2020 г.

## ИНСТРУКЦИЯ

Государственная система обеспечения единства измерений

Установка поверочная на базе лопастного счетчика

Методика поверки

НА.ГНМЦ.0510-20 МП

**РАЗРАБОТАНА**

Обособленным подразделением Головной научный метрологический центр АО «Нефтеавтоматика» в г. Казань

(ОП ГНМЦ АО «Нефтеавтоматика»)

аттестат аккредитации № RA.RU.311366

**ИСПОЛНИТЕЛИ:**

Целищева Е.Ю.

Настоящая инструкция распространяется на установку поверочную на базе лопастного счетчика (далее – установка) и устанавливает методику первичной поверки при вводе в эксплуатацию, а также после ремонта и периодической поверки при эксплуатации.

Интервал между поверками установки: один год.

## **1 Операции поверки**

При проведении поверки выполняют следующие операции:

- 1.1 Внешний осмотр (п.п. 6.1);
- 1.2 Подтверждение соответствия программного обеспечения (далее – ПО) установки (п.п. 6.2);
- 1.3 Опробование (п.п. 6.3);
- 1.4 Определение метрологических характеристик (далее – МХ) установки (п. 6.4);
- 1.5 Обработка результатов измерений (п.п. 6.5);
- 1.6 Поверку установки прекращают при получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции.

## **2 Средства поверки**

2.1 При проведении поверки применяют следующие средства поверки:

2.1.1 Рабочий эталон 1-го разряда (установка трубопоршневая) в соответствии с ГПС (часть 2), утвержденной приказом Росстандарта от 07.02.2018 г. № 256, с пределами допускаемой погрешности измерений не более  $\pm 0,05$  %;

2.1.2 Преобразователь избыточного давления с унифицированным выходным сигналом с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более  $\pm 0,5$  %;

2.1.3 Термопреобразователь сопротивления с унифицированным выходным сигналом с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более  $\pm 0,2$  °С;

2.1.4 Манометры с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более  $\pm 0,6$  %;

2.1.5 Термометры ртутные стеклянные с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более  $\pm 0,2$  °С;

2.1.6 Измерительно-вычислительный комплекс (далее - ИВК) с пределами допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования не более  $\pm 0,025$  %;

2.1.7 Преобразователь плотности (далее - ПП) с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений не более  $\pm 0,30$  кг/м<sup>3</sup>;

2.1.8 Поточный вискозиметр (далее - ПВ) с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более  $\pm 1,0$  %;

2.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение МХ поверяемых СИ с требуемой точностью.

## **3 Требования безопасности**

3.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые: в области охраны труда и промышленной безопасности:

- «Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности», утверждены приказом Ростехнадзора от 12.03.2013 № 101;

- Трудовой кодекс Российской Федерации;

в области пожарной безопасности:

- СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

- «Правила противопожарного режима в Российской Федерации», утверждены постановлением Правительства РФ №390 от 25.04.2012; в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок:

- ПУЭ «Правила устройства электроустановок»;

в области охраны окружающей среды:

- Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» и других законодательных актов по охране окружающей среды, действующих на территории РФ.

3.2 Наибольшее давление рабочей жидкости при определении МХ не должно превышать значения, указанного в эксплуатационной документации на оборудование и применяемые СИ. Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещается.

3.3 На трубопроводах, заполненных рабочей жидкостью, применяют приборы взрывозащищенного исполнения, на которых нанесены четкие надписи и маркировка, подтверждающие безопасность их применения.

3.4 К средствам поверки и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

3.5 Освещенность в установке соответствует санитарным нормам согласно СНиП П-4-79.

3.6 Управление оборудованием и средствами поверки производят лица, прошедшие обучение и проверку знаний требований безопасности и допущенные к обслуживанию установки.

3.7 При появлении течи рабочей жидкости, загазованности и других ситуаций, нарушающих процесс поверки, поверка должна быть прекращена.

#### **4 Условия поверки**

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- отклонение объемного расхода рабочей жидкости от установленного значения в процессе определения МХ не должно превышать  $\pm 2,5\%$ ;

- изменение температуры рабочей жидкости на входе и выходе поверочной установки (далее - ТПУ) и в установке за время одного измерения не должно превышать  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- температура, влажность окружающей среды и физико-химические показатели рабочей жидкости соответствуют условиям эксплуатации установки;

- отклонение вязкости рабочей жидкости за время определения МХ находится в допустимых пределах для установки;

- для обеспечения бескавитационной работы избыточное давление в трубопроводе после установки,  $P_{\min}$ , МПа, должно быть не менее вычисленного по формуле

$$P_{\min} = 2,06 \cdot P_{\text{нп}} + 2 \cdot \Delta P, \quad (1)$$

где  $P_{\text{нп}}$  - давление насыщенных паров, определенное в соответствии с ГОСТ 1756-2000 при максимально возможной температуре рабочей жидкости, МПа;

$\Delta P$  - перепад давления на установке, указанный в технической документации, МПа.

- содержание свободного газа не допускается.

## **5 Подготовка к поверке**

5.1 Проверяют наличие действующих свидетельств о поверке или знаков поверки на все средства поверки.

5.2 Проверяют правильность монтажа средств поверки. Подготавливают средства поверки согласно указаниям технической документации.

5.3 Вводят в память ИВК или проверяют введенные ранее данные, необходимые для обработки результатов поверки.

5.4 При необходимости проверяют отсутствие газа в установке и ТПУ, а также в верхних точках трубопроводов. Для этого устанавливают объемный расход рабочей жидкости в пределах диапазона измерений установки и открывают краны, расположенные в высших точках установки и ТПУ. Проводят 1-3 раза запуск поршня, удаляя после каждого запуска газ. Считают, что газ (воздух) отсутствует полностью, если из кранов вытекает струя рабочей жидкости без газовых пузырьков.

При рабочем давлении проверяют герметичность системы, состоящей из установки и ТПУ. При этом не допускается появление капель или утечек рабочей жидкости через сальники, фланцевые, резьбовые или сварные соединения при наблюдении в течение 5 мин.

Проверяют герметичность задвижек, через которые возможны утечки рабочей жидкости, влияющие на результаты измерений при определении МХ установки.

Проверяют герметичность устройства пуска и приема поршня ТПУ в соответствии с технической документацией.

Определяют плотность рабочей жидкости за время определения МХ с помощью ПП.

Определяют вязкость рабочей жидкости за время определения МХ с помощью ПВ.

## **6 Проведение поверки**

### **6.1. Внешний осмотр**

6.1.1 При внешнем осмотре должно быть установлено соответствие установки следующим требованиям:

- комплектность установки должна соответствовать технической документации;

- на компонентах установки не должно быть механических повреждений и дефектов покрытия, ухудшающих внешний вид и препятствующих применению;

- надписи и обозначения на компонентах установки должны быть четкими и соответствующими технической документации.

6.1.2 Проверяют наличие действующих результатов поверки СИ, входящих в состав установки (кроме преобразователя объема жидкости эталонного лопастного Smith Meter модели M16).

### **6.2 Подтверждение соответствия ПО установки.**

#### **6.2.1 Проверка идентификационных данных конфигурационного файла ИВК.**

Чтобы определить идентификационные данные необходимо выполнить описанные в документации на ИВК процедуры.

Занести информацию (идентификационное наименование ПО, номер версии ПО, цифровой идентификатор ПО, алгоритм вычисления цифрового идентификатора) в соответствующие разделы протокола.

6.2.2 Если идентификационные данные, указанные в описании типа установки и полученные в ходе выполнения п.6.2.1 идентичны, то делают вывод о подтверждении соответствия ПО установки программному обеспечению, зафиксированному во время проведения испытаний в целях утверждения типа, в противном случае результаты поверки признают отрицательными.

### 6.3 Опробование

6.3.1 Опробование установки проводят совместно со средствами поверки.

6.3.2 Устанавливают объемный расход рабочей жидкости в пределах рабочего диапазона измерений расхода установки.

6.3.3 Наблюдают на дисплее ИВК значения следующих параметров:

- частоты выходного сигнала установки;
- объемного расхода рабочей жидкости;
- температуры и давления рабочей жидкости в установке;
- температуры и давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;
- вязкости рабочей жидкости;
- плотности, температуры и давления рабочей жидкости в ПП.

6.3.4 Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршня через первый детектор наблюдают за началом отсчета импульсов выходного сигнала установки, при прохождении поршня через второй детектор - за окончанием отсчета импульсов. Для двунаправленных ТПУ проводят те же операции при движении поршня в обратном направлении.

### 6.4 Определение МХ установки

6.4.1 Определяют следующие МХ установки:

- коэффициенты преобразования и частоту выходного сигнала преобразователя объема жидкости эталонного лопастного Smith Meter модели M16 (далее - ЭПР), входящего в состав установки, в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;

- границы относительной погрешности установки в рабочем диапазоне измерений объемного расхода.

6.4.2 Определение МХ установки проводят не менее чем в трех точках рабочего диапазона измерений объемного расхода. Значения объемного расхода (точки рабочего диапазона) выбирают с интервалом не более 20 % от максимального значения объемного расхода установки. В каждой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода проводят не менее семи измерений.

6.4.3 Последовательность выбора точек расхода может быть произвольной.

6.4.4 Для определения коэффициента преобразования ЭПР устанавливают выбранное значение объемного расхода по показаниям ЭПР и проводят предварительное измерение для уточнения значения установленного объемного расхода.

Запускают поршень ТПУ. После прохождения поршнем второго детектора регистрируют время прохождения поршнем от одного детектора до другого, количество импульсов выходного сигнала ЭПР.

Объемный расход рабочей жидкости через ЭПР вычисляют по формуле (12).

При необходимости проводят корректировку значения объемного расхода регулятором расхода.

6.4.5 После стабилизации объемного расхода и стабилизации температуры рабочей жидкости в соответствии с 4.1 проводят необходимое количество измерений.

Запускают поршень ТПУ. При прохождении поршнем первого детектора ИВК начинает отсчет импульсов выходного сигнала ЭПР и времени прохождения поршня между детекторами, при прохождении второго детектора - заканчивает.

Если количество импульсов выходного сигнала ЭПР за время прохождения поршня ТПУ между детекторами меньше 10000, то ИВК должен определять количество импульсов с долями.

Для определения средних значений за время измерения ИВК периодически фиксирует значения следующих параметров:

- температуры рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;

- давления рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ;
- температуры рабочей жидкости в ЭПР;
- давления рабочей жидкости в ЭПР;
- плотность рабочей жидкости, измеренную ПП;
- температуру рабочей жидкости в ПП;
- давление рабочей жидкости в ПП;
- кинематическую вязкость рабочей жидкости, измеренную ПВ.

При использовании термометров и манометров с визуальным отсчетом допускается фиксировать температуру и давление один раз за время прохождения поршня.

Для однонаправленной ТПУ прохождение поршня от одного детектора до другого принимают за одно измерение.

Если для двунаправленной ТПУ определена вместимость калиброванного участка как сумма вместимостей в обоих направлениях, то за одно измерение принимают движение поршня в прямом и обратном направлении, количество импульсов и время прохождения поршня в прямом и обратном направлениях суммируют.

Если для двунаправленной ТПУ определена вместимость калиброванного участка для каждого направления, то за одно измерение принимают движение поршня в каждом направлении.

При наличии у ТПУ второй пары детекторов допускается использовать обе пары детекторов.

6.4.6 Результаты измерений заносят в протокол. Допускается в таблицах протокола удалять ненужные и добавлять необходимые столбцы и строки.

При заполнении протокола полученные результаты измерений и вычислений округляют в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 - Точность представления результатов измерений и вычислений

Параметр	Единица измерений	Количество цифр после запятой	Количество значащих цифр, не менее
Объем	м <sup>3</sup>		6
Температура	°С	2	
Давление	МПа	2	
Плотность	кг/м <sup>3</sup>	1	
Вязкость	мм <sup>2</sup> /с	1	
Количество импульсов	имп		5
Интервал времени	с	2	
Погрешность, СКО	%	3	
Коэффициент преобразования	имп/м <sup>3</sup>		5
Коэффициент объемного расширения	1/°С	6	

Примечание - если количество цифр в целой части числа больше рекомендованного количества значащих цифр, то число округляют до целого.

#### 6.5 Обработка результатов измерений

6.5.1 Объем рабочей жидкости, прошедшей через ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $V_{ji}$ , м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$V_{ji} = V_0 \cdot CTS_{ji} \cdot CPS_{ji} \cdot \frac{CTL_{ТПУ\ ji} \cdot CPL_{ТПУ\ ji}}{CTL_{ЭПР\ ji} \cdot CPL_{ЭПР\ ji}}, \quad (2)$$

$$CTS_{ji} = 1 + 3 \cdot \alpha_t \cdot (t_{ТПУ\ ji} - 20), \quad (3)$$

$$CPS_{ji} = 1 + 0,95 \cdot \frac{P_{ТПУ\ ji} \cdot D}{E \cdot S}, \quad (4)$$

$$T_{ТПУ\ ji} = \frac{T_{Вх\ ТПУ\ ji} + T_{Вых\ ТПУ\ ji}}{2}, \quad (5)$$

$$P_{ТПУ\ ji} = \frac{P_{Вх\ ТПУ\ ji} + P_{Вых\ ТПУ\ ji}}{2}, \quad (6)$$

- где  $V_0$  - вместимость калиброванного участка ТПУ при стандартных условиях  $t = 20^\circ\text{C}$  и  $P = 0$  МПа),  $\text{м}^3$ ;
- $CTS_{ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- $CPS_{ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние давления на вместимость ТПУ, для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;
- $CTL_{ТПУ\ ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ТПУ для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода вычисляются по формулам

$$CTL_{ЭПР\ ji} = \exp[-\alpha_{15} \cdot \Delta t \cdot (1 + 0,8 \cdot \alpha_{15} \cdot \Delta t)], \quad (7)$$

$$\alpha_{15} = \frac{613,97226}{\rho_{15}^2}, \quad (8)$$

$$\Delta t = t - 15, \quad (9)$$

- где  $\rho_{15}$  - значение плотности рабочей жидкости при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0$  МПа,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $t$  - значение температуры рабочей жидкости,  $^\circ\text{C}$ ;
- $\alpha_{15}$  - значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0$  МПа,  $1/^\circ\text{C}$ ;
- $CPL_{ТПУ\ ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ТПУ для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода вычисляются по формулам

$$CPL_{ЭПР\ ji} = \frac{1}{1 - b \cdot P \cdot 10^7}, \quad (10)$$

$$b = 10^{-4} \cdot \exp\left(-1,62080 + 0,0002159 \cdot t + \frac{0,87096 \cdot 10^6}{\rho_{15}^2} + \frac{4,2092 \cdot 10^3 \cdot t}{\rho_{15}^2}\right), \quad (11)$$

- где  $\rho_{15}$  - значение плотности рабочей жидкости при  $t = 15^\circ\text{C}$  и  $P = 0$  МПа,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;
- $t$  - значение температуры рабочей жидкости,  $^\circ\text{C}$ ;
- $P$  - значение избыточного давления рабочей жидкости, МПа;
- $10$  - коэффициент перевода единиц измерения давления МПа в бар;
- $CTL_{ЭПР\ ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние температуры на объем рабочей жидкости, определенный для температуры рабочей жидкости в ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода вычисляются по формулам (7), (8) и (9);
- $CPL_{ЭПР\ ji}$  - коэффициент, учитывающий влияние давления на объем рабочей жидкости, определенный для давления рабочей жидкости в ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода вычисляются по

- формулам (10) и (11);
- $\alpha_t$  - коэффициент линейного расширения материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице 2),  $1/^\circ\text{C}$ ;
- $T_{\text{ТПУ } ij}$  - температура рабочей жидкости в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $^\circ\text{C}$ ;
- $T_{\text{Вх ТПУ } ij}$  - температура рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $^\circ\text{C}$ ;
- $T_{\text{Вых ТПУ } j}$  - температура рабочей жидкости на выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $^\circ\text{C}$ ;
- $P_{\text{ТПУ } ij}$  - давление рабочей жидкости в ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;
- $P_{\text{Вх ТПУ } ij}$  - давление рабочей жидкости на входе и выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;
- $P_{\text{Вых ТПУ } j}$  - давление рабочей жидкости на выходе ТПУ за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, МПа;
- $D$  - внутренний диаметр калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ), мм;
- $S$  - толщина стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ), мм;
- $E$  - модуль упругости материала стенок калиброванного участка ТПУ (берут из технической документации на ТПУ или определяют по таблице 2), МПа.

Таблица 2 - Коэффициенты линейного расширения и модули упругости материалов стенок калиброванного участка ТПУ

Материал	$\alpha_t, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_{k1}, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_d, 1/^\circ\text{C}$	$E, \text{МПа}$
Сталь углеродистая	$1,12 \times 10^{-5}$	$2,23 \times 10^{-5}$	$1,12 \times 10^{-5}$	$2,07 \times 10^{-5}$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \times 10^{-5}$	$3,46 \times 10^{-5}$	$1,73 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^{-5}$
Сталь нержавеющая 316	$1,59 \times 10^{-5}$	$3,18 \times 10^{-5}$	$1,59 \times 10^{-5}$	$1,93 \times 10^{-5}$
Сталь нержавеющая 17-4	$1,08 \times 10^{-5}$	$2,16 \times 10^{-5}$	$1,08 \times 10^{-5}$	$1,97 \times 10^{-5}$

6.5.2 Объемный расход рабочей жидкости через ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $Q_{ji}$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле

$$Q_{ji} = \frac{V_{ji}}{T_{ji}} \cdot 3600, \quad (12)$$

где  $V_{ji}$  - объем рабочей жидкости, прошедшей через ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{м}^3$ ;

$T_{ji}$  - время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, с.

6.5.3 Объемный расход рабочей жидкости через ЭПР в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $Q_j$ ,  $\text{м}^3/\text{ч}$ , вычисляют по формуле

$$Q_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} Q_{ji}}{n_j}, \quad (13)$$

где  $Q_{ji}$  - объемный расход рабочей жидкости через ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;

$n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

6.5.4 Частоту выходного сигнала ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $f_{ji}$ , Гц, вычисляют по формуле

$$f_{ji} = \frac{N_{ji}}{T_{ji}}, \quad (14)$$

где  $N_{ji}$  - количество импульсов от ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп;  
 $T_{ji}$  - время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, с.

6.5.5 Частоту выходного сигнала ЭПР в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $f_j$ , Гц, вычисляют по формуле

$$f_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} f_{ji}}{n_j}, \quad (15)$$

где  $f_{ji}$  - частота выходного сигнала ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, Гц;  
 $n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

6.5.6 Коэффициент преобразования ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $K_{ji}$ , имп/м<sup>3</sup>, вычисляют по формуле

$$K_{ji} = \frac{N_{ji}}{V_{ji}}, \quad (16)$$

где  $N_{ji}$  - количество импульсов от ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп;  
 $V_{ji}$  - объем рабочей жидкости, прошедшей через ЭПР за время  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, м<sup>3</sup>.

6.5.7 Коэффициент преобразования ЭПР в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $K_j$ , имп/м<sup>3</sup> вычисляют по формуле

$$K_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_j} K_{ji}}{n_j}, \quad (17)$$

где  $K_{ji}$  - коэффициент преобразования ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, имп/м<sup>3</sup>;  
 $n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

6.5.8 Среднее значение кинематической вязкости рабочей жидкости за время определения  $MX$ ,  $\nu$ , мм<sup>2</sup>/с вычисляют по формуле

$$\nu = \frac{\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^{n_j} \nu_{ji}}{\sum_{j=1}^m n_j}, \quad (18)$$

где  $\nu_{ji}$  - кинематическая вязкость рабочей жидкости для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, мм<sup>2</sup>/с;  
 $n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода;  
 $m$  - количество точек расхода.

6.5.9 Оценка среднеквадратического отклонения (далее - СКО) результатов измерений

СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $S_j$ , %, вычисляют по формуле

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}} \cdot \frac{1}{K_j} \cdot 100, \quad (21)$$

- где  $K_j$  - коэффициент преобразования ЭПР в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{имп/м}^3$ ;  
 $K_{ji}$  - коэффициент преобразования ЭПР для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{имп/м}^3$ ;  
 $n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

Проверяют выполнение следующего условия

$$S_j \leq 0,02 \%, \quad (22)$$

При выполнении данного условия продолжают обработку результатов измерений.

При невыполнении данного условия выявляют наличие промахов в полученных результатах измерений, согласно приложению Б. Выявленный промах исключают и проводят дополнительное измерение. При отсутствии промахов выясняют и устраняют причины, обуславливающие невыполнение данного условия и повторно проводят измерения.

6.5.10 Границу неисключенной систематической погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода,  $\theta_\Sigma$ , %, вычисляют по формуле

$$\theta_\Sigma = 1,4 \cdot \sqrt{\theta_{\Sigma 0}^2 + \theta_{V0}^2 + \theta_t^2 + \theta_A^2 + \theta_{\text{ИВК}}^2}, \quad (23)$$

$$\theta_t = \beta_{\text{max}} \cdot 100 \cdot \sqrt{\Delta t_{\text{ТПУ}}^2 + \Delta t_{\text{ЭПР}}^2}, \quad (24)$$

$$\beta_{\text{max}} = \max(\beta_{ji}), \quad (25)$$

$$\theta_A = \max\left(0,5 \cdot \left| \frac{K_j - K_{j+1}}{K_j + K_{j+1}} \right| \cdot 100\right), \quad (26)$$

$$\theta_{\text{ИВК}} = \delta_{\text{ИВК}}, \quad (27)$$

- где  $\theta_{\Sigma 0}$  - граница суммарной неисключенной систематической погрешности ТПУ (берут из свидетельства или протокола поверки ТПУ), %;  
 $\theta_{V0}$  - граница неисключенной систематической погрешности определения среднего значения вместимости ТПУ (берут из свидетельства или протокола поверки ТПУ; для ТПУ с двумя парами детекторов берут наибольшее значение), %;  
 $\theta_t$  - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью преобразователей температуры при измерениях температуры рабочей жидкости в ТПУ и ЭПР, %;  
 $\theta_{\text{ИВК}}$  - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной погрешностью ИВК, %;  
 $\theta_A$  - граница неисключенной систематической погрешности, обусловленной аппроксимацией градуировочной характеристики ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;  
 $\delta_{\text{ИВК}}$  - предел допускаемой относительной погрешности преобразования входных электрических сигналов в значение коэффициента преобразования ИВК (берут из свидетельства или протокола поверки ИВК), %;  
 $\beta_{\text{max}}$  - максимальное значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости за время определения МХ,  $1/^\circ\text{C}$ ;  
 $\beta_{ji}$  - коэффициент объемного расширения рабочей жидкости при температуре  $T_{\text{ТПУ}ji}$  для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего

диапазона измерений объемного расхода, 1/°С, определяют по ГОСТ 8.636-2013 или вычисляют по формуле

$$\beta = \alpha_{15} + 1,6 \cdot \alpha_{15}^2 \cdot (t - 15), \quad (28)$$

где  $\alpha_{15}$  - значение коэффициента объемного расширения рабочей жидкости при 15 °С, 1/°С;

$t$  - значение температуры рабочей жидкости, при которой определяется коэффициент объемного расширения рабочей жидкости, °С.

$\Delta t_{\text{ТПУ}}$  - предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленных в ТПУ (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), °С;

$\Delta t_{\text{ЭПР}}$  - предел допускаемой абсолютной погрешности преобразователя температуры, установленного около ЭПР (берут из свидетельства о поверке преобразователя температуры), °С;

$K_j, K_{j+1}$  - коэффициенты преобразования ЭПР в  $j$ -ой и  $(j+1)$ -ой точках рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{имп/м}^3$ .

6.5.11 СКО среднего значения результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $S_{0j}$ , %. вычисляют по формуле

$$S_{0j} = \frac{S_j}{\sqrt{n_j}}, \quad (29)$$

где  $S_j$  - СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

$n_j$  - количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

6.5.12 Границу случайной погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода при доверительной вероятности  $P=0,99$ ,  $\epsilon$ , %, вычисляют по формулам

$$\epsilon = \max(\epsilon_j), \quad (30)$$

$$\epsilon_j = t_{0,99j} \cdot S_{0j}, \quad (31)$$

где  $S_{0j}$  - СКО среднего значения результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода, %;

$t_{0,99j}$  - квантиль распределения Стьюдента для количества измерений  $n_j$  в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода (определяют по таблице 3)

Таблица 3 - Значения квантиля распределения Стьюдента при доверительной вероятности  $P=0,95$

$n-1$	6	7	8	9	10	11
$t_{0,99}$	2,447	2,365	2,306	2,262	2,228	2,201

6.5.13 СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода  $S_0$  принимают равным значению СКО среднего значения результатов измерений  $S_{0j}$  в точке рабочего диапазона измерений объемного расхода с максимальным значением границы случайной погрешности  $\epsilon_j$ .

6.5.14 Границу относительной погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода  $\delta$ , %, определяют по формулам

$$\delta = \begin{cases} \varepsilon & \text{если } \frac{\theta_{\Sigma}}{S_0} < 0,8, \\ t_{\Sigma} \cdot S_{\Sigma} & \text{если } 0,8 \leq \frac{\theta_{\Sigma}}{S_0} < 8, \\ \theta_{\Sigma} & \text{если } \frac{\theta_{\Sigma}}{S_0} > 8, \end{cases} \quad (32)$$

$$t_{\Sigma} = \frac{\varepsilon + \theta_{\Sigma}}{S_0 + S_{\theta}}, \quad (33)$$

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_0^2 + S_{\theta}^2} \quad (32)$$

$$S_{\theta} = \sqrt{\frac{\theta_{\Sigma 0}^2 + \theta_{V0}^2 + \theta_t^2 + \theta_{ИВК}^2}{3}} \quad (33)$$

- где  $\varepsilon$  - граница случайной погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- $\theta_{\Sigma}$  - граница неисключенной систематической погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- $t_{\Sigma}$  - коэффициент, зависящий от соотношения случайной и неисключенной систематической погрешностей;
- $S_{\Sigma}$  - суммарное СКО результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- $S_{\theta}$  - СКО суммы неисключенных систематических погрешностей в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- $S_0$  - СКО среднего значения результатов измерений в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %.

6.5.15 Оценивание границы относительной погрешности установки  
Установка допускается к применению при выполнении условия

$$\sqrt{\delta^2 + \theta_{\text{ПО}}^2} \leq 0,10 \%, \quad (34)$$

- где  $\delta$  - граница относительной погрешности ЭПР в рабочем диапазоне измерений объемного расхода, %;
- $\theta_{\text{ПО}}$  - предел допускаемой относительной погрешности при преобразовании сигналов от первичных преобразователей в значение объема нефти (берут из свидетельства или протокола поверки комплекса измерительно-вычислительного ТН-01 входящего в состав установки поверочной на базе лопастного счетчика), %;

Если данное условие не выполняются, то рекомендуется:

- увеличить количество точек в рабочем диапазоне измерений объемного расхода;
- увеличить количество измерений в точках рабочего диапазона измерений объемного расхода;

При повторном невыполнении данных условий определение МХ прекращают.

## 7 Оформление результатов поверки

7.1 Результаты поверки оформляют протоколом по форме, приведенной в приложении А.

7.2 Сведения о результатах поверки направляют в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

7.3 При положительных результатах поверки по заявлению владельца средства измерений оформляется свидетельство о поверке. На свидетельство о поверке наносится знак поверки.

7.4 При отрицательных результатах поверки установку к эксплуатации не допускают и выписывают извещение о непригодности к применению.

Приложение А  
(обязательное)  
Форма протокола поверки

Протокол № \_\_\_\_\_  
поверки установки поверочной на базе лопастного счетчика  
номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства  
измерений \_\_\_\_\_

Диапазон измерений:	
Заводской номер:	_____
Принадлежит:	_____
Место проведения поверки:	_____
Средства поверки:(эталон)	_____
	регистрационный номер и (или) наименование, тип, заводской номер, разряд, класс или погрешность эталонов
Методика поверки:	_____
Условия проведения поверки:	_____
Температура окружающей среды:	_____
Атмосферное давление:	_____
Относительная влажность:	_____

**Результаты поверки:**

1. Внешний осмотр (п.6.1 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)

2. Подтверждение соответствия ПО (п.6.2 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)

Таблица А.1 - Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные	Значение, полученное во время поверки	Значение, указанное в описании типа
Идентификационное наименование ПО		
Номер версии (идентификационный номер ПО)		
Цифровой идентификатор ПО		
Алгоритм вычисления цифрового идентификатора		

3. Опробование (п. 6.3 МП) \_\_\_\_\_  
(соответствует/не соответствует)

5. Определение МХ установки (п. 6.4 МП);

ЭПР: Тип \_\_\_\_\_ Зав. № \_\_\_\_\_  
 Рабочая жидкость \_\_\_\_\_ Вязкость, мм<sup>2</sup>/с, \_\_\_\_\_

Таблица Б.1 – Исходные данные

Детекторы	V <sub>0</sub> м <sup>3</sup>	D мм	S мм	E МПа	α <sub>t</sub> °C <sup>-1</sup>	Θ <sub>Σ0</sub> %	Θ <sub>V0</sub> %	Δt <sub>тпу</sub> °C	Δt <sub>эпр</sub> °C	δ <sub>сои</sub> %	ΔV мм <sup>2</sup> /с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Таблица Б.2 – Результаты измерений и вычислений

№ точ/ № изм	Q <sub>ji</sub> м <sup>3</sup> /ч	Детекторы	T <sub>ji</sub> с	t <sub>тпуji</sub> °C	P <sub>тпуji</sub> МПа	P <sub>плji</sub> кг/м <sup>3</sup>	t <sub>плji</sub> °C	P <sub>плji</sub> МПа	β <sub>ji</sub> 1/°C	v <sub>ji</sub> мм <sup>2</sup> /с	t <sub>эпрji</sub> °C	P <sub>эпрji</sub> МПа	f <sub>ji</sub> Гц	N <sub>ji</sub> имп	K <sub>ji</sub> имп/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1/1															
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
1/n <sub>1</sub>															
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/1															
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
m/n <sub>m</sub>															

Таблица Б.3 – Результаты определения МХ в точках рабочего диапазона

№ точки j	Q <sub>j</sub> м <sup>3</sup> /ч	f <sub>j</sub> Гц	K <sub>j</sub> имп/м <sup>3</sup>	S <sub>j</sub> %	η <sub>j</sub>	S <sub>0j</sub> %	t <sub>0,99j</sub>	ε <sub>j</sub> %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1								
...	...	...	...	...	...	...	...	...
m								

Таблица Б.4 – Результаты определения МХ в рабочем диапазоне

Q <sub>min</sub> м <sup>3</sup> /ч	Q <sub>max</sub> м <sup>3</sup> /ч	v <sub>min</sub> мм <sup>2</sup> /с	v <sub>max</sub> мм <sup>2</sup> /с	S <sub>0</sub> %	ε %	Θ <sub>A</sub> %	Θ <sub>t</sub> %	Θ <sub>Σ</sub> %	δ %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

**Заключение:** установка на базе лопастного счетчика признана \_\_\_\_\_ К  
 дальнейшей эксплуатации \_\_\_\_\_  
 годной/не годной

Должность лица проводившего \_\_\_\_\_  
 поверку: \_\_\_\_\_ (подпись) \_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Дата поверки: « \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Приложение Б**  
**(рекомендуемое)**

**Методика анализа результатов измерений на наличие промахов**

Проверка результатов измерений на один промах по критерию Граббса при определении метрологических характеристик ЭПР

СКО результатов измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений массового расхода  $S_{Kj}$ , %, определяют по формуле

$$S_{Kj} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (K_{ji} - K_j)^2}{n_j - 1}}, \quad (\text{Б.1})$$

где  $K_j$  – значение коэффициента преобразования в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{имп/м}^3$ ;  
 $K_{ji}$  – значение коэффициента преобразования для  $i$ -го измерения в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода,  $\text{имп/м}^3$ ;  
 $n_j$  – количество измерений в  $j$ -ой точке рабочего диапазона измерений объемного расхода.

П р и м е ч а н и е – При  $S_j < 0,001$  принимают  $S_j = 0,001$ .

Наиболее выделяющееся соотношение  $U$ :

$$U = \max \left( \left| \frac{K_{ji} - K_j}{S_{Kj}} \right| \right), \quad (\text{Б.2})$$

Если значение  $U$  больше или равно значению  $h$ , взятому из таблицы В.1, то результат измерения должен быть исключен как промах.

Таблица В.1 - Критические значения для критерия Граббса

n	5	6	7	8	9	10	11	12
h	1,715	1,887	2,020	2,126	2,215	2,290	2,355	2,412