

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
УРАЛЬСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ  
(ФГУП «УНИИМ»)**

**СОГЛАСОВАНО:**

Генеральный директор

ООО «Эмерсон»

  
Н.В. Шестаков

«*Эмерсон*» 2018 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ФГУП «УНИИМ»

  
С.В. Медведевских

«*30*» *марта* 2018 г.

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

**Преобразователи плотности и вязкости  
FDM, FVM, HFVM**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

**МП 01-251-2015**

**с изменением № 1**

Екатеринбург

2018

## **ПРЕДИСЛОВИЕ**

- 1 РАЗРАБОТАНА** ФГУП «Уральский научно-исследовательский институт метрологии» (ФГУП «УНИИМ»)
- 2 ИСПОЛНИТЕЛЬ** И.о. Зав. лаб. 251 Собина Е.П.
- 3 УТВЕРЖДЕНА** директором ФГУП «УНИИМ» в 2018 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>1</b>	<b>ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>СРЕДСТВА ПОВЕРКИ .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ.....</b>	<b>8</b>
<b>6</b>	<b>УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ.....</b>	<b>8</b>
<b>7</b>	<b>ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ .....</b>	<b>9</b>
<b>8</b>	<b>ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>10</b>
	8.1 Внешний осмотр.....	10
	8.2 Опробование. ....	10
	8.3 Проверка метрологических характеристик.....	11
<b>9</b>	<b>ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ .....</b>	<b>18</b>
	<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>19</b>

## 1 Область применения

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи плотности и вязкости FDM, FVM, HFVM (далее - преобразователи), выпускаемые фирмами «F-R Tecnologias de Flujo, S.A. de C.V.», Мексика и «Emerson SRL», Румыния, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Настоящая методика поверки распространяется на вновь выпускаемые преобразователи, а также преобразователи, находящиеся в эксплуатации.

Поверка преобразователей должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

Для преобразователей плотности и вязкости FVM, HFVM допускается поверку проводить по месту эксплуатации в соответствии с МИ 3119.

Интервал между поверками – 1 год.

*Раздел 1 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

## 2 Нормативные ссылки

В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 55878-2013 Спирт этиловый технический гидролизный ректифицированный

ГОСТ 8.024-2002 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений плотности

ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры

ГОСТ 8.025-96 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений вязкости жидкостей

ГОСТ 12.2.007.0–75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

ГОСТ 9968-86 Метилен хлористый технический. Технические условия

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

ГОСТ 6709-72 Вода дистиллированная. Технические условия

ГОСТ 12433-83 Изооктаны эталонные. Технические условия

ГОСТ 25828-83 Гептан нормальный эталонный. Технические условия

ТУ 6-09-373 Бумага индикаторная универсальная для определения РН 1-10 и 7-14. Технические условия

ТУ 6-09-3614-73 н-декан. Технические условия

МИ 1289-86 Методические указания. ГСИ. Жидкости градуировочные для поверки вискозиметров. Метрологическая аттестация

МИ 2816-2011 Рекомендация. ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации

МИ 3119-2016 ГСИ. Преобразователи плотности и вязкости 7827, 7829, FVM и HFVM. Методика поверки на месте эксплуатации

Приказ Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельств о поверке».

## *Раздел 2 (измененная редакция, Изм. № 1)*

### **3 Операции поверки**

3.1 При поверке должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 –Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта методики поверки
1 Внешний осмотр	8.1
2 Опробование	8.2
3 Проверка метрологических характеристик	8.3
3.1 Проверка диапазона и основной абсолютной погрешности измерений плотности жидкости	8.3.1
3.2 Проверка диапазона и погрешности измерений динамической вязкости жидкости	8.3.2
3.3 Проверка диапазона и абсолютной погрешности измерений температуры жидкости в лабораторных условиях	8.3.3
3.4 Проверка основной приведенной погрешности аналогового сигнала (4-20) мА	8.3.4

*Таблица 1 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы одной из операций по п. 8.3, проводится настройка преобразователей в соответствии с руководством по установке. В дальнейшем все операции повторяются вновь, в случае повторного невыполнения требований хотя бы одной из операций поверка прекращается, преобразователь бракуется.

#### *3.2 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

3.3 На основании письменного заявления владельца преобразователя допускается выполнять операции по п.3 таблицы 1 только для используемых при эксплуатации преобразова-

теля измерительных каналов, а также определение метрологических характеристик преобразователя в заявленных поддиапазонах измерений. Соответствующая запись должна быть сделана в свидетельстве о поверке преобразователя.

### **3.3 (Введён дополнительно, Изм. № 1)**

## **4 Средства поверки**

4.1 При проведении поверки применяют следующее средства поверки:

4.1.1 При проверке погрешности измерений плотности используют:

- эталон единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024-2002 (установка пикнометрическая или плотномер лабораторный) (диапазон измерений от 600 до 1250 кг/м<sup>3</sup>, пределы допускаемой абсолютной погрешностью при  $P=0,95$  не более  $\pm 0,1$  кг/м<sup>3</sup>);

- эталон единицы температуры 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009, в диапазоне измерений от +5 до +90 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,1$  °С;

- в качестве поверочных жидкостей допускается использовать: н-гептан (номинальное значение 683 кг/м<sup>3</sup>) или изооктан по ГОСТ 12433-83 (номинальное значение 697 кг/м<sup>3</sup>), керосин (номинальное значение 795 кг/м<sup>3</sup>), н-нонан по ТУ 6-09-373 (номинальное значение 710 кг/м<sup>3</sup>), н-декан по ТУ 6-09-3614-73 (номинальное значение 730 кг/м<sup>3</sup>) дистиллированную воду по ГОСТ 6709-72 (номинальное значение 998 кг/м<sup>3</sup>), хлористый метилен по ГОСТ 9968-86 (номинальное значение 1330 кг/м<sup>3</sup>) и другие жидкости, у которых значения плотности находятся в диапазоне измерений преобразователя;

- средства измерений давления в диапазоне измерений от 0 до 10 МПа с пределами допускаемой приведенной погрешности измерений не более  $\pm 0,1$  %;

- в качестве промывочной жидкости используют: спирт этиловый ректифицированный технический, нефрас по ГОСТ 8505 или бензин-растворитель.

### **4.1.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

4.1.2 При проверке погрешности измерений вязкости используют:

- эталон единицы кинематической вязкости 1-го разряда по ГОСТ 8.025-96 (набор стеклянных вискозиметров) в диапазоне от  $4,0 \cdot 10^{-7}$  до  $1,0 \cdot 10^{-1}$  м<sup>2</sup>/с с пределами допускаемой относительной погрешностью измерений кинематической вязкости не более  $\pm 0,2$  %;

- эталон единицы динамической вязкости 2-го разряда по ГОСТ 8.025-96 (преобразователи вязкости измерительные 7829 Master/FVM Master с пределами допускаемой абсолютной погрешности 0,065 мПа·с (0,065 сПз) в диапазоне измерений динамической вязкости от 0,5 до 10 мПа·с (от 0,5 до 10 сПз) и с пределами допускаемой приведенной погрешности  $\pm 0,5$  % свыше 10 мПа·с (10 сПз).

- термостат жидкостный (диапазон поддерживаемых температур от +20 до +100 °С, со стабильностью поддержания температуры не более  $\pm 0,02$  °С);

- эталон единицы температуры 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009, в диапазоне измерений от + 5 до + 90 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,1$  °С;

- в качестве поверочных жидкостей допускается использовать: кремнийорганические масла (номинальные значения динамической вязкости 5 мПа·с, 10 мПа·с, 20 мПа·с, 50 мПа·с, 100 мПа·с, 200 мПа·с, 500 мПа·с, 1000 мПа·с, 5000 мПа·с, 12500 мПа·с) или другие жидкости, у которых значения динамической вязкости находятся в диапазоне измерений преобразователя;

- поверочная установка, обеспечивающая возможность монтажа преобразователя в емкость с поверочной жидкостью и стабилизации ее температуры ( $20 \pm 0,1$ ) °С.

#### **4.1.2 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

4.1.2а При поверке канала измерения температуры:

- эталон единицы температуры 3-го разряда по ГОСТ 8.558-2009, в диапазоне измерений от +5 до +90 °С и пределами допускаемой абсолютной погрешности не более  $\pm 0,1$  °С;

- термостат жидкостный (диапазон поддерживаемых температур от +5 до + 90 °С, со стабильностью поддержания температуры не более  $\pm 0,05$  °С);

*Примечание: канал температуры допускается поверять на установках, предназначенных для поверки канала плотности и вязкости (указанных в 4.1.1 и 4.1.2) при условии обеспечения стабильности температуры не более 1/5 от погрешности канала измерения температуры поверяемого преобразователя в каждой точке поверки в течении 60 минут.*

#### **4.1.2а (Введен дополнительно, Изм. № 1)**

4.1.2б Средства индикации результатов измерений.

- конфигурационное ПО Micro Motion ProLink III (с HART Bell 202 или Modbus RS 432 модемами), полевой коммуникатор Rosemount 475 и иные средства индикации измеренных преобразователем результатов измерений по выходным сигналам HART, Modbus, либо Foundation Fieldbus (при отсутствии в поверяемом образце встроенного ЖК индикатора), для поверки приборов, имеющих цифровые выходные сигналы;

- частотомер ЧЗ-38 по ГОСТ 7590-93, диапазон измерений от 10 Гц до 10 МГц для поверки приборов с частотным выходным сигналом;

- средство измерения силы постоянного электрического тока 2 разряда по ГОСТ 8.022-91. Диапазон измерений (4 - 20) мА, приведенная погрешность  $\pm 0,01$  % для поверки приборов с аналоговым выходным сигналом.

#### **4.1.2б (Введен дополнительно, Изм. № 1)**

#### **4.1.3 (Исключен, Изм. №1)**

4.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых СИ с требуемой точностью.

*4.2 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

4.3 При проведении поверки по месту эксплуатации применяют оборудование, перечисленное в МИ 3119.

*4.3 (Введен дополнительно, Изм. № 1)*

## 5 Требования безопасности

При проведении поверки должны быть соблюдены требования Приказа Минтруда России от 24.07.2013 N 328н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», требования ГОСТ 12.2.007.0.

*Раздел 5 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

## 6 Условия поверки

6.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °C 20 ± 10
- относительная влажность воздуха, (при T= 20 °C), % не более 70
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

*(Измененная редакция, Изм. № 1)*

6.2 В процессе поверки контролируется стабильность параметров измеряемой среды (поверочной жидкости).

6.2.1 Режимы поверки при контроле погрешности измерений плотности представлены в таблице 2.

*6.2.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

Таблица 2 – Режимы поверки при контроле погрешности измерений плотности

Операция	Режим для контроля погрешности измерений плотности			
	Температура поверочной жидкости, °C	Требования к стабильности температуры жидкости, °C/5 мин	Требования к стабильности давления, МПа/10 мин	Требования к стабильности плотности, (кг/м <sup>3</sup> ) мин
Проверка диапазона и абсолютной погрешности измерений плотности жидкости	(20 ± 2)	± 0,20	± 0,01	± 0,2

*Таблица 2 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

6.2.2 Режимы поверки при контроле погрешности измерений динамической вязкости представлены в таблице 3.



Таблица 3 – Режимы поверки при контроле погрешности измерений динамической вязкости

Операция	Режим для контроля погрешности измерений динамической вязкости		
	Температура поверочной жидкости, °С	Требования к стабильности температуры жидкости, °С/5 мин	Изменение динамической вязкости в процессе измерений, мПа·с/мин
Проверка диапазона и погрешности измерений динамической вязкости жидкости	(20 ± 0,1)	± 0,05	1/5 погрешности преобразователя

6.3 Преобразователь должен быть смонтирован и подключен в соответствии с руководством по установке. Время между началом пуска поверочной жидкости через поверяемый преобразователь и началом снятий результатов измерений не менее 60 мин.

**6.3 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

6.3.1 При поверке каналов плотности и динамической вязкости в лабораторных условиях преобразователь необходимо смонтировать таким образом, чтобы способ монтажа в поверочной установке соответствовал размерам трубопровода по месту эксплуатации и сопроводительной документации, которая прилагается к каждому преобразователю (без ограничений вблизи зонда, либо с ограничением: 3”sch.80, 2”sch.40, 2”sch.80 или др.).

**6.3.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

**7 Подготовка к поверке**

7.1 Преобразователь подготовить к работе в соответствии с руководством по установке. Внутренние части чувствительного элемента преобразователя тщательно промывают и высушивают. Визуально контролируют отсутствие следов коррозии и механических повреждений.

7.2 Монтируют преобразователь на поверочный стенд, подключают к блоку питания и к персональному компьютеру или результат измерения считывают по выходным сигналам (4-20) мА, HART, Modbus, Foundation Fieldbus, с встроенного ЖК индикатора поверяемого преобразователя (при наличии).

7.3 Средства измерений, используемые при поверке, подготовить в соответствии с эксплуатационной документацией.

7.4 Для поверки каналов плотности и вязкости используют поверочные жидкости, измерения плотности и кинематической вязкости которых проводят с помощью рабочего эталона единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024 и рабочего эталона единицы вязкости 1-го разряда по ГОСТ 8.025 при температуре  $(20,0 \pm 0,1)$  °С. Действительные значения динамической вязкости устанавливают на основе измерений кинематической вязкости и плотности в соответствии с МИ 1289.

*7.4 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

## 8 Проведение поверки

### 8.1 Внешний осмотр.

При внешнем осмотре установить:

- отсутствие видимых повреждений преобразователя;
- соответствие комплектности, указанной в руководстве по установке;
- четкость обозначений и маркировки.

### 8.2 Опробование.

8.2.1 Проверить работоспособность органов управления и регулировки преобразователя при помощи встроенных систем контроля в соответствии с руководстве по установке.

8.2.2 Провести проверку идентификационных данных ПО преобразователя.

Наименование ПО, номер версии ПО идентифицируются при включении преобразователя путем вывода на ЖК индикатор номера версии. При отсутствии в приборе опции индикатора, номер версии считывается по цифровому сигналу с помощью средств, перечисленных в пункте 4.1.4. Для приборов с частотным выходом не имеющих цифровых сигналов, номер версии ПО не проверяется. Идентификационные данные ПО преобразователя должны соответствовать приведенным в таблице 4 идентификационным данным.

*8.2.2 (Измененная редакция, Изм. № 1)*

Таблица 4– Идентификационные данные встроенного программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Внутреннее программное обеспечение
Номер версии ПО (идентификационный номер ПО)	Не ниже 1.62
Цифровой идентификатор ПО	-
Другие идентификационные данные (алгоритм вычисления цифрового идентификатора ПО)	-

## 8.3 Проверка метрологических характеристик

### 8.3.1 Проверка диапазона и основной абсолютной погрешности измерений плотности жидкости

*(Измененная редакция, Изм. № 1)*

8.3.1.1 Измерения проводят в трех точках диапазона измерений, соответствующих началу, середине и концу диапазона измерений с помощью трех поверочных жидкостей в следующей последовательности:

- монтируют поверяемый преобразователь и рабочий эталон 1-го разряда единицы плотности на поверочный стенд;

- в случае использования поверочного стенда с циркуляцией жидкости включают циркуляционный насос, удаляют воздух из циркуляционной системы;

- термостатируют поверочную жидкость до достижения стабильного режима согласно раздела 6.3.1 до значений температур  $(20 \pm 2)$  °С не менее 60 минут (термостатирование может быть осуществлено всего поверочного стенда в специальном шкафу, термометры сопротивления устанавливаются непосредственно около входа и выхода поверочной жидкости из поверяемого преобразователя. За температуру поверяемой жидкости принимается среднеарифметическое значение температуры);

- после стабилизации температуры фиксируют не менее 5 показаний на поверяемом преобразователе и результат измерений плотности рабочим эталоном 1-го разряда единицы плотности:

- если в качестве рабочего эталона единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024 применяется установка пикнометрическая, то плотность поверочной жидкости определяют по МИ 2816;

- если в качестве рабочего эталона единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024 применяется плотномер лабораторный (например, анализатор плотности жидкости DMA HP в комплекте с анализатором DMA, серии не ниже DMA 4100, Госреестр № 39787-08), то из поверочного стенда отбирается поверочная жидкость и проводится измерение ее плотности. При этом задают в анализатор плотности жидкости температуру поверочной жидкости, при которой проводилось снятие показаний плотности поверяемым преобразователем на поверочном стенде.

Значение плотности считывается с поверяемого преобразователя по его ЖКИ, или по цифровому выходному сигналу, или аналоговому (4-20) мА сигналу, в зависимости от наличия соответствующих опций в приборе. Для преобразователя с частотным выходным сигналом, плотность рассчитывается по следующей формуле

$$\rho^{\circ} = K0 + K1\tau + K2\tau^2, \quad (1)$$

где  $\rho^{\circ}$  – плотность жидкости до применения коррекции по температуре, кг/м<sup>3</sup>;

$\tau$  – выходной сигнал преобразователя (период времени), в мкс;

$K0$ ,  $K1$  и  $K2$  – коэффициенты, приведённые в сопроводительной документации завода изготовителя (данные сертификата калибровки преобразователя).

*Примечание: для FVM и HFVM для  $\tau$  в формуле (2) при считывании по частотному каналу принимается меньший из 2-х периодов коридора сигнала, а при считывании по цифровому каналу берется значение  $\tau B$  (Time Period B).*

Плотность с учетом влияния температурного фактора рассчитывается по следующей формуле

$$\rho_t = \rho^{\circ} \cdot (1 + K18 \cdot (t - 20)) + K19 \cdot (t - 20), \quad (2)$$

где  $\rho_t$  – значение плотности жидкости (с температурной компенсацией), кг/м<sup>3</sup>;

$t$  – измеренная температура жидкости,  $K18$  и  $K19$  — коэффициенты температурной поправки, приведённые в сопроводительной документации завода изготовителя.

Для преобразователей FDM используется скорректированное по температуре значение плотности  $\rho_t$ , рассчитанное по формуле (2).

Для преобразователей FVM и HFVM используется скорректированное по вязкости значение плотности  $\rho_v$ , рассчитанное по следующей формуле

$$\rho_v = \rho_t - \left[ KV4 + \frac{KV5}{Q^2} + \frac{KV6}{Q^4} \right], \quad (3)$$

где  $\rho_t$  – значение плотности жидкости (с температурной компенсацией), рассчитанное по формуле (2), кг/м<sup>3</sup>;

$KV4$ ,  $KV5$ ,  $KV6$  – коэффициенты поправки на вязкость жидкости, приведённые в сопроводительной документации завода изготовителя;

$Q$  – измеренная прибором добротность колебаний сенсора, рассчитываемая по формуле

$$Q = \frac{\tau A + \tau B}{2(\tau A - \tau B)}, \quad (4)$$

где  $\tau B$  – меньшее значение периода коридора колебаний сенсора, мкс;

$\tau A$  – большее значение периода коридора колебаний сенсора, мкс.

### **8.3.1.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

8.3.1.2 Операции по 8.3.1.1 повторяют для двух оставшихся поверочных жидкостей.

При этом перед сменой поверочной жидкости поверяемый плотномер тщательно промывают и высушивают поверхности чувствительного элемента путем продувки сухим воздухом.

8.3.1.3 По результатам, полученным по 8.3.1.1 и 8.3.1.2., для каждой поверочной жидкости рассчитывают основную абсолютную погрешность измерений  $\Delta\rho_{ij}$ , кг/м<sup>3</sup>, в каждого результата измерений по формуле

$$\Delta\rho_{ij} = |\rho_{ij} - \rho_{oi}|, \quad (5)$$

где  $\rho_{ij}$  -  $j$ -й результат измерения плотности  $i$ -й поверочной жидкости поверяемым преобразователем, рассчитанный с учетом влияния вязкости, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{oi}$  - значение плотности  $i$ -й поверочной жидкости, измеренное эталонным преобразователем при температуре поверочной жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

8.3.1.4 Результаты поверки считают положительными, если значения основной абсолютной погрешности преобразователя в каждой точке поддиапазона измерений не превышают значений, указанных в таблице 5.

Таблица 5 - Метрологические и технические характеристики преобразователей FDM, FVM, HFVM

Наименование характеристики	Значение		
	FDM	FVM	HFVM
Диапазон измерений плотности, кг/м <sup>3</sup>	от 600 до 1250		
Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м <sup>3</sup>	± 1,0		
Пределы допускаемой дополнительной абсолютной погрешности измерений плотности за счет отклонения температуры жидкости относительно температуры калибровки на 1 °С, кг/м <sup>3</sup>	± 0,10		
Диапазон измерений динамической вязкости жидкости, мПа·с	-	от 0,5 до 12500	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений динамической вязкости в поддиапазоне от 0,5 до 10 мПа·с включ., мПа·с	-	± 0,20	
Пределы допускаемой погрешности измерений динамической вязкости, приведенной к верхнему поддиапазону измерений, %: - св. 10 до 100 мПа·с включ. - св. 100 до 1000 мПа·с включ. - св. 1000 до 12500 мПа·с включ.	-	± 1,0	

Продолжение таблицы 5

Наименование характеристики	Значение		
	FDM	FVM	HFVM
Диапазон измерений температуры жидкости, °С: - для стандартного зонда - для удлиненного зонда в безопасной зоне - для удлиненного зонда в опасной зоне		от - 50 до + 200	
		от - 40 до + 200	
		от - 40 до + 150	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С	±(0,3+0,005·t), где t-температура жидкости, °С		
Максимальное давление жидкости, МПа: - для стандартного зонда <sup>3)</sup> - для удлиненного зонда <sup>3)</sup>		20,7 10	
Выходные сигналы	Частотный, дискретный, аналоговый (4-20) мА, Modbus RS-485, HART (4-20) мА, Wireless HART Foundation Fieldbus		
Пределы допускаемой основной приведенной погрешности аналогового сигнала (4-20) мА, %	± 0,05		
<p><b>Примечания:</b></p> <p><sup>1)</sup> Приведенные в таблице 5 погрешности измерения плотности, вязкости и температуры применимы к частотному или цифровому выходному сигналу. При считывании измеренного значения по аналоговому (4-20) мА выходному сигналу, погрешность канала измерения рассчитывается по формуле:</p> $\Delta X =  \Delta X_{\text{ц}}  +  X_{\text{max}} - X_{\text{min}}  \cdot (0,05 +  t_a - t_{\text{ак}}  \cdot 0,005) / 100,$ <p>где X – значение измеряемого параметра;                      ΔX – абсолютная погрешность канала измерения при его считывании по аналоговому (4-20) мА выходному сигналу;                      ΔX<sub>ц</sub> – абсолютная погрешность канала измерения при его считывании по частотному или цифровому выходному сигналу;                      t<sub>a</sub> – температура окружающего воздуха (для электронного блока преобразователя);                      t<sub>ак</sub> – температура окружающего воздуха во время последней калибровки аналогового (4-20) мА выходного сигнала;                      X<sub>max</sub> – значение измеряемого параметра, соответствующее настройке выходного сигнала 20 мА;                      X<sub>min</sub> – значение измеряемого параметра, соответствующее настройке выходного сигнала 4 мА.</p> <p><sup>2)</sup> Поддиапазоны, в которых отградуирован преобразователь указываются в сопроводительной документации, которая прилагается к каждому преобразователю</p> <p><sup>3)</sup> HFVM поставляется только со стандартным зондом.</p>			

**8.3.1.4 (Измененная редакция, Изм. № 1)**

### 8.3.2 Проверка диапазона измерений и погрешности измерений динамической вязкости жидкости (только для моделей FVM, HFVM)

8.3.2.1 Заполняют поверочной жидкостью емкость поверочной установки, помещают в поверочную жидкость чувствительный элемент преобразователя, соблюдая требования по установке в соответствии с руководством по установке. Термостатируют поверочную жидкость не менее 60 минут до достижения стабильного режима согласно разделу 6.2.2. Измерения вязкости поверочных жидкостей провести не менее чем в трех точках поддиапазона измерений: в начале, середине и конце каждого из поддиапазонов измерений. Фиксируют не менее 5 показаний в каждой поверяемой точке. Действительные значения динамической вязкости устанавливаются согласно п. 7.4 настоящей методики поверки.

При считывании значения вязкости по частотному сигналу (сигналу периода времени),  $j$ -е значение вязкости  $i$ -й поверочной жидкости рассчитывают по формуле

$$\eta_{ij} = V_0 + \frac{V_1}{Q^2} + \frac{V_2}{Q^4}, \quad (6)$$

где  $V_0, V_1, V_2$  – коэффициенты поправки на вязкость жидкости, приведённые в сопроводительной документации завода изготовителя;

$Q$  – измеренная прибором добротность колебаний сенсора рассчитываемая по формуле (4).

*(Измененная редакция, Изм. № 1)*

8.3.2.2 По результатам, полученным по 8.3.2.1, вычисляют приведенную погрешность измерений динамической вязкости жидкости каждого результата измерений по формуле

$$\gamma_{\eta_{ij}} = \left| \frac{\eta_{ij} - \eta_{oi}}{\eta_{\max}} \right| \cdot 100, \quad (7)$$

где  $\eta_{ij}$  – результат измерения динамической вязкости  $i$ -й поверочной жидкости поверяемым преобразователем, мПа·с;

$\eta_{oi}$  – действительное значение динамической вязкости жидкости  $i$ -й поверочной жидкости, мПа·с (действительное значение динамической вязкости устанавливают на основе измерений кинематической вязкости и плотности в соответствии с МИ 1289 с помощью рабочего эталона единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024 и рабочего эталона единицы вязкости 1-го разряда по ГОСТ 8.025 при температуре  $(20,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ );

$\eta_{\max}$  – верхний предел поддиапазона измерений динамической вязкости жидкости, мПа·с.

Для поддиапазона (0,5-10) мПа·с рассчитать абсолютную погрешность измерений динамической вязкости по формуле

$$\Delta\eta_{ij} = |\eta_{ij} - \eta_{oi}|, \quad (8)$$

где  $\eta_{ij}$  –  $j$ -й результат измерения динамической вязкости  $i$ -й поверочной жидкости поверяемым преобразователем, мПа·с;

$\eta_{oi}$  – действительное значение динамической вязкости жидкости  $i$ -й поверочной жидкости, мПа·с (действительное значение динамической вязкости устанавливают на основе измерений кинематической вязкости и плотности в соответствии с МИ 1289 с помощью рабочего эталона единицы плотности 1-го разряда по ГОСТ 8.024 и рабочего эталона единицы вязкости 1-го разряда по ГОСТ 8.025 при температуре  $(20,0 \pm 0,1)$  °С).

***(Измененная редакция, Изм. № 1)***

8.3.2.2.a Проверку погрешности измерений динамической вязкости в динамических условиях провести в соответствии с разделом 6 «Проведение поверки» МИ 3119. Проверка погрешности измерений динамической вязкости в динамических условиях проводится только для моделей FVM и HFVM.

***8.3.2.2.a (Введен дополнительно, Изм. №1)***

8.3.2.3 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности преобразователей при измерении динамической вязкости жидкости в каждой точке диапазона не превышают значений, указанных в таблице 5.

***8.3.2.3 (Измененная редакция, Изм. № 1)***

**8.3.3 Проверка диапазона и абсолютной погрешности измерений температуры жидкости**

8.3.3.1 Для поверки канала температуры на циркуляционной установке, преобразователь устанавливают в соответствии с п.8.3.1.1 Заполняют систему циркуляции поверочного стенда поверочной жидкостью, расход через трубопровод с поверяемым преобразователем должен соответствовать рекомендуемому расходу для каждой модели преобразователя. Включают циркуляционный насос, удаляют воздух из циркуляционной системы.

Устанавливают термометры сопротивления по потоку до и после поверяемого преобразователя (по возможности, максимально к нему близко). За температуру поверяемой жидкости принимается среднеарифметическое значение температуры.

Последовательно термостатируют поверочную жидкость до достижения стабильного температурного режима согласно раздела 6.2.1 до значений температур  $(20 \pm 2)$  °С,  $(50 \pm 5)$  °С,  $(65 \pm 5)$  °С не менее 60 минут в каждой точке (термостатирование может быть осуществлено всего поверочного стенда в специальном шкафу).

***8.3.3.1 (Измененная редакция, Изм. № 1)***

8.3.3.2 Для поверки канала температуры в специализированном термостате, поверку проводят по трем точкам, равномерно распределенным в требуемом диапазоне измерений.



Зонд прибора (без учета длины вилок) и эталонный сенсор температуры погружают на одну глубину, используя при этом предварительно изготовленные металлические выравнивающие блоки.

При поверке необходимо не допускать перегрева головки поверяемого преобразователя.

8.3.3.3 Для каждой поверочной точки последовательно термостатируют поверочную жидкость до достижения стабильного температурного режима (не более  $\pm 0,05$  °С за 5 мин).

8.3.3.4 Снимают не менее 5 показаний с эталонного и поверяемого преобразователя.

8.3.3.5 Рассчитывают значения абсолютной погрешности измерений температуры жидкости по формуле в каждой точке диапазона измерений по формуле

$$\Delta_{t_{ij}} = |t_{ij} - t_{oi}|, \quad (9)$$

где  $t_{ij}$  -  $j$ -й результат измерения температуры поверяемым преобразователем в  $i$ -й точке диапазона измерений, °С;

$t_{oi}$  - результат измерения температуры эталонными термометрами сопротивления в  $i$ -й точке диапазона измерений, °С.

8.3.3.6 Проверку погрешности измерений температуры в динамических условиях провести в соответствии с разделом 6 «Проведение поверки» МИ 3119. Проверка погрешности измерений температуры в динамических условиях проводится только для моделей FVM и HFVM.

8.3.3.7 Результаты поверки считают положительными, если значения погрешности измерений температуры жидкости не превышает значений, указанных в таблице 5.

**8.3.3.2 - 8.3.3.7 (Введены дополнительно, Изм. № 1)**

**8.3.4 Проверка основной приведенной погрешности аналогового сигнала (4-20) мА**

8.3.4.1 При проведении поверки подключить к выходу (4-20) мА мультиметр (эталон единицы силы постоянного электрического тока) и с помощью кнопок на ЖК индикаторе либо отдельных средств конфигурирования, подключенных по цифровому протоколу, перевести соответствующий поверяемый выходной канал (4-20) мА в тестовый режим индикации постоянного тока. Задать последовательно значение выходного сигнала 4, 12 и 20 мА, регистрируя каждый раз показание мультиметра.

8.3.4.2 Основную приведенную погрешность аналогового сигнала (4-20) мА в каждой точке диапазона измерений ( $\gamma I_i$ , %), вычисляют по формуле

$$\gamma I_i = \left| \frac{I_i - I_{oi}}{I_D} \right| \cdot 100, \quad (10)$$

где  $I_i$  - результат измерения аналогового сигнала преобразователем в  $i$ -й точке, мА;

$I_{oi}$  – заданное значение аналогового сигнала в  $i$ -й точке, мА;

$I_D$  - диапазон измерений аналогового сигнала ( $I_D=16$  мА).

По окончании проверки аналогового сигнала, вернуть его настройки на те, с которыми прибор поступил в поверку.

8.3.4.3 Результаты считают положительными, если значения основной приведенной погрешности находятся в интервале, указанном в таблице 5.

**8.3.4 (Введен дополнительно, Изм. № 1)**

## **9 Оформление результатов поверки**

9.1 Оформляют протокол проведения поверки по форме Приложения А.

9.2 При положительных результатах поверки преобразователь признают пригодным к применению и выдают свидетельство о поверке согласно Приказа Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815. Знак поверки наносится на свидетельство о поверке или в паспорт.

9.3 При отрицательных результатах поверки преобразователь признают непригодным к дальнейшей эксплуатации, аннулируют свидетельство о поверке, гасят клеймо и выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Приказом Минпромторга России от 02.07.2015 № 1815.

**9.2 – 9.3 (Измененная редакция, Изм. №1)**

**К.х.н., И.о. Зав. лаб. 251 ФГУП «УНИИМ»**



**Е.П. Соби́на**

**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
(рекомендуемое)  
**ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ**

ПРОТОКОЛ № \_\_\_\_\_ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

Преобразователь плотности и вязкости модель \_\_\_\_\_ зав № \_\_\_\_\_

Документ на поверку: МП 01-251-2015 «ГСИ. Преобразователи плотности и вязкости FDM, FVM, HFVM. Методика поверки с изменением № 1».

**Информация об использованных средствах поверки:**

**Условия проведения поверки:**

- температура окружающего воздуха, °С \_\_\_\_\_
- относительная влажность воздуха, % \_\_\_\_\_
- атмосферное давление, кПа \_\_\_\_\_

Результаты внешнего осмотра \_\_\_\_\_

Результаты опробования \_\_\_\_\_

**Проверка метрологических характеристик**

Таблица А.1 – Результаты проверки диапазона и основной абсолютной погрешности измерений плотности жидкости

№	Результаты измерений плотности поверяемым преобразователем, кг/м <sup>3</sup>	Среднее арифметическое значение результатов измерений плотности поверяемым преобразователем, кг/м <sup>3</sup>	Плотность, измеренная эталонным преобразователем, кг/м <sup>3</sup>	Основная абсолютная погрешность измерений плотности жидкости, кг/м <sup>3</sup>
1				
...				

Таблица А.2 - Результаты проверки диапазона и погрешности измерений динамической вязкости жидкости

№	Результаты измерений динамической вязкости поверяемым преобразователем, мПа·с	Среднее арифметическое значение результатов измерений динамической вязкости поверяемым преобразователем, мПа·с	Динамическая вязкость, измеренная эталонным преобразователем, мПа·с	Погрешность измерений динамической вязкости, мПа·с / %
1				
...				

Таблица А.3 – Градуировочные коэффициенты поверяемого преобразователя

Коэффициенты	Поддиапазоны измерений динамической вязкости, мПа·с			
	от 0,5 до 10 включ.	св. 10 до 100 включ.	св. 100 до 1000 включ.	св. 1000 до 12500 включ.
V0				
V1				
V2				

Таблица А.4 – Градуировочные коэффициенты поверяемого преобразователя по каналу измерения плотности

Коэффициент	Значение коэффициента	Коэффициент	Значение коэффициента	Коэффициент	Значение коэффициента
<i>KV0</i>		<i>KV4</i>		<i>KV18</i>	
<i>KV1</i>		<i>KV5</i>		<i>KV19</i>	
<i>KV2</i>		<i>KV6</i>		-	-

Таблица А.5 - Результаты проверки диапазона и абсолютной погрешности измерений температуры жидкости

№	Результаты измерений температуры встроенном термометром, °С	Среднее арифметическое значение результатов измерений температуры поверяемым преобразователем, °С	Результаты измерений температуры эталонным термометром, °С	Среднее арифметическое значение результатов измерений температуры эталонным термометром, °С	Абсолютная погрешность измерений температуры, °С
1					
...					

Таблица А.6 - Результаты проверки основной приведенной погрешности аналогового сигнала (4-20) мА

№	Заданное значение выходного сигнала поверяемого преобразователя, мА	Результаты измерений эталонным СИ, мА	Приведенная погрешность поверяемого преобразователя, %
1	4		
2	12		
3	20		

Результат проведения поверки: \_\_\_\_\_

Выдано свидетельство о поверке (извещение о непригодности)

от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г, № \_\_\_\_\_

Поверитель \_\_\_\_\_

Подпись (Ф.И.О.)

Организация, проводившая поверку \_\_\_\_\_

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (Измененная редакция, Изм. №1)**