

УТВЕРЖДАЮ

Директор  
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»  
К.В. Гоголинский  
06 \_\_\_\_\_ 2016 г.



**Преобразователи вязкости жидкости FVM Master**

**МЕТОДИКА ПОВЕРКИ**

МП 2302- 089-2016

Заместитель руководителя лаборатория госэталонов  
в области измерений плотности и вязкости жидкости  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И.Менделеева»

A handwritten signature in blue ink, appearing to read "Dem'yanov".

А.А. Демьянов

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

2016 г.

Настоящая методика поверки распространяется на преобразователи вязкости жидкости FVM Master (далее – преобразователи вязкости), изготавливаемые фирмой «F-R Tecnologias de Flujo, S.A. de C.V.», Мексика, предназначенные для проведения поверки и калибровки рабочих поточных преобразователей вязкости в составе поверочных установок и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Метод поверки основан на непосредственном сличении показаний преобразователя вязкости со значениями динамической вязкости, определенными эталонными вискозиметрами 1-го разряда при заданной температуре.

Интервал между поверками – 1 год.

## **1 Операции поверки**

При проведении поверки выполняют следующие операции

1.1. Внешний осмотр, п.6.1.

1.2. Опробование, п.6.2.

1.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения преобразователей вязкости, п. 6.3

1.4 Определение метрологических характеристик (далее - МХ), п.6.4.

1.5 Обработка результатов измерений, п.7.

## **2 Эталоны и вспомогательные материалы и оборудование, применяемые при поверке:**

- вискозиметры, рабочие эталоны единицы кинематической вязкости жидкости 1-го разряда (далее РЭ-вискозиметры) с границами допускаемой относительной погрешности измерений кинематической вязкости при  $P = 0,95 \pm 0,2\%$ , поверенные в соответствии с требованиями РД 50-416-83 "МИ. Вискозиметры стеклянные капиллярные. Методы и средства поверки";

- преобразователь сигналов ТС и ТП "ТЕРКОН" в комплекте с термометром сопротивления ЭТС-100 с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры в диапазоне измерений от 0 до 60 °С  $\pm 0,01$  °С;

- анализатор плотности жидкостей модели DMA5000 с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерения плотности  $\pm 4,0 \times 10^{-5}$  г/см<sup>3</sup>;

- средство индикации измеренных преобразователем результатов измерений по протоколам HART (Bell 202) или Modbus (RS485). Для этих целей может использоваться полевой HART коммуникатор Rosemount 475 или ПО Micro Motion ProLink® III;

- блок питания постоянного тока  $\pm 24$  В для преобразователя вязкости жидкости FVM Master в соответствии с руководством по установке преобразователя вязкости;

- жидкости -компараторы, приготовленные в соответствии с МИ 1289-86;

- термостат со стабильностью поддержания температуры не хуже  $\pm 0,02$  °С;
- проточная измерительная камера для преобразователя вязкости жидкости FVM Master, применяемая совместно с поверяемым преобразователем вязкости жидкости FVM Master. Технические требования к проточной измерительной камере приведены в Приложении Б настоящей рекомендации;

- вода дистиллированная по ГОСТ 6709-72;
- толуол по ГОСТ 5789-78;
- нефрас по ГОСТ 8505-80;
- бюретка исполнения 1 или 2 вместимостью 10 см<sup>3</sup> по ГОСТ 22292 ( $\Delta = 0,05$  см<sup>3</sup>);
- отвес;
- секундомеры электронные типа СТЦ-2, ( $\Delta = 0,001$  с) или не хуже;
- термогигрометр ИВА-6Н-КП-Д, диапазон измерений относительной влажности, от 0 до 98%, температуры от минус 20 до 60 °С, атмосферного давления от 700 до 110 гПа; пределы погрешности измерений относительной влажности при (23,2)°С, от 0 до 90% не более 2%, от 90 до 98% не более 3%, температуры не более 0,3 °С, атмосферного давления не более 2,5 гПа;
- бытовой пылесос или безмаслянный компрессор.

Допускается применение других средств измерений и вспомогательных устройств с аналогичными или лучшими метрологическими характеристиками.

### **3 Требования безопасности**

- помещения, в которых проводят работы с нефтепродуктами, должны быть оснащены системами пожарной сигнализации и пожаротушения в соответствии с ГОСТ 12.4.009-83 и оснащены общеобменной приточно-вытяжной вентиляцией;

- промывка рабочей части измерительной ячейки после удаления поверочных жидкостей должна производиться растворителями в вытяжном шкафу и при отсутствии включенных нагревательных приборов.

- требования безопасности и меры предосторожности, указанные в эксплуатационной документации на применяемые средства поверки.

### **4 Условия поверки**

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха в помещении должна быть  $(20,0 \pm 2,0)$  °С;
- относительная влажность не более 80%;

### **5 Подготовка к поверке**

Перед проведением поверки выполняют следующие подготовительные работы:

5.1 Промывают нефрасом чувствительный элемент преобразователя вязкости и просушивают. Промывку чувствительного элемента допускается проводить совместно с промывкой внутренних полостей проточной измерительной камеры. Для этого предварительно герметизируют патрубки входа-выхода измеряемой жидкости. Внешняя теплоизоляция измерительной камеры должна быть демонтирована. Промывку выполняют до тех пор, пока из сливного патрубка проточной измерительной камеры не будет сливаться чистый нефрас без следов загрязнения. В случаях сильного загрязнения внутренней полости промыть полость толуолом. Просушку внутренних полостей измерительной камеры выполняют в вытяжном шкафу подавая внутрь камеры через входной патрубок сухой воздух из компрессора или пылесоса.

5.2 Выполняют необходимые электрические подключения преобразователя вязкости к источнику питания и компьютеру в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации.

5.3 Промывают и сушат рабочие эталоны единицы кинематической вязкости РЭ-вискозиметры в соответствии с правилами применения.

5.4 В термостатную ванну заливают термостатирующую жидкость (дистиллированная вода или силиконовое масло).

5.5 Приготавливают три жидкости-компаратора в соответствии с требованиями МИ 1289-86. Номинальные значения динамических вязкостей жидкостей-компараторов при температуре 20 °С приведены в таблице 2. В качестве основы для приготовления используют прозрачные ньютоновские жидкости углеводородного состава (минеральные масла по ГОСТ 982-80 или ГОСТ 20799-88).

## **6 Проведение поверки**

### **6.1 Внешний осмотр**

При внешнем осмотре устанавливают:

- отсутствие механических повреждений и дефектов, не позволяющих провести поверку;
- соответствие комплектности преобразователя вязкости его технической документации;
- читаемость и соответствие требованиям эксплуатационной документации подписей и обозначений.

- соответствие проточной измерительной камеры преобразователя вязкости требованиям Приложения Б.

- соответствие значений градуировочных коэффициентов, введенных в электронный блок поверяемого преобразователя вязкости FVM Master заводскому сертификату или предыдущему свидетельству о поверке, а так же значение коэффициента масштабирования

динамической вязкости (значение коэффициента масштабирования для динамической вязкости должно быть установлено равным единице),

*Примечание - Значения градуировочных коэффициентов, хранящихся в памяти электронного блока, преобразователей вязкости FVM Master проверяют через интерфейсную программу в соответствии с руководством по эксплуатации п.4.1 при установленном на ПК программном обеспечении ProLink III, либо через HART коммуникатор.*

## **6.2 Опробование**

Проверяют исправную работу преобразователя вязкости в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации раздел 2.

## **6.3 Подтверждение соответствия программного обеспечения преобразователей вязкости**

Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) преобразователей вязкости состоит из определения номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения.

### **6.3.1 Определение номера версии (идентификационного номера) программного обеспечения**

Для определения номера версии ПО преобразователей вязкости FVM Master нужно воспользоваться программой ProLink III версии ПО не ниже 2.4 (в программе вкладка Device Tools>Device information и в группе Transmitter Electronic строка Software Revision),

либо HART коммуникатором с установленным описанием устройства (DD) HART: Density Gas Viscosity Meter Dev v1 DD v2 (Overview>Device information (Option 9)>Revisions (Option 2)>Transmitter Software).

Результат подтверждения соответствия программного обеспечения считается положительным, если номер версии не ниже, указанного в описании типа.

## **6.4 Определение метрологических характеристик**

При периодической поверке, в соответствии с п.16 и п.18 приказа Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. N 1815, допускается на основании письменного заявления владельца, определять погрешность только для измерения динамической вязкости преобразователем вязкости FVM Master в одном из 2-х диапазонов измерений (0-10 мПа·с или 10-100 мПа·с) и не проводить поверку канала плотности.

### **6.4.1 Определение метрологических характеристик поверяемого преобразователя вязкости FVM Master выполняют непосредственным сличением показаний динамической**

вязкости и плотности жидкости преобразователем с результатами измерений динамической вязкости и плотности жидкости-компаратора, полученными с применением рабочих эталонов вязкости 1-го разряда - стеклянных капиллярных вискозиметров и анализатора плотности жидкостей DMA5000.

Показания поверяемого преобразователя вязкости считают со средства индикации измеренных преобразователем результатов измерений, указанных в пункте 2 данной методики.

В качестве жидкостей-компараторов используются жидкости, приготовленные в соответствии с МИ 1289-86 с номинальными значениями динамической вязкости, приведенными в таблице 2.

Таблица 2

№ точки поверки	1	2	3
Номинальная динамическая вязкость жидкости при 20 °С, мПа·с, $\eta_{жк}$	2 - 7	40 - 60	80 - 99

Номинальные значения плотности жидкостей-компараторов при 20 °С должны находиться в диапазоне (750-1100) кг/м<sup>3</sup>.

6.4.2 Измерения динамической вязкости жидкости-компаратора поверяемым преобразователем и кинематической вязкости жидкости-компаратора рабочим эталоном вязкости 1-го разряда - стеклянным капиллярным вискозиметром выполняют одновременно.

6.4.3 Для этого внутреннюю полость проточной измерительной камеры с установленным преобразователем вязкости заполняют 1-й жидкостью-компаратором. Заполнение измерительной камеры выполняют таким образом, чтобы исключить возможность образования воздушных пузырей на поверхности чувствительного элемента. При положении камеры "электронный блок преобразователя вязкости сверху" чувствительный элемент должен быть полностью погружен в жидкость-компаратор. Устанавливают измерительную камеру с преобразователем вязкости в термостат в положение "электронный блок преобразователя вязкости сверху", крепят к корпусу термостата. Уровень теплоносителя в термостате должен находиться на уровне верхней образующей гайки крепления вискозиметра к измерительной камере  $\pm 20$  мм. Включают электропитание преобразователя вязкости FVM Master для обеспечения прогрева электронного блока.

6.4.4 Заполняют два РЭ-вискозиметра той же жидкостью компаратором в соответствии с Руководством по эксплуатации на РЭ-вискозиметры. Номинальное значение вязкости жидкости-компаратора должно находиться приблизительно в середине диапазона измерений выбранных РЭ-вискозиметров. Расчетное время истечения жидкости-компаратора в РЭ-вискозиметрах должно быть не менее 200 с, но не более 2000 с.

6.4.5 Вискозиметры, заполненные жидкостью-компаратором, устанавливают в термостат так, чтобы капилляр был строго вертикальным. Вертикальность проверяют по отвесу.

6.4.6 Погружают в теплоноситель термостата чувствительный элемент термометра сопротивления ЭТС-100.

6.4.7 Устанавливают на задатчике термостата температуру 20,00 °С и включают термостатирование в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации на термостат. После установления температуры теплоносителя  $(20,00 \pm 0,02)$  °С выдерживают измерительную камеру с преобразователем вязкости и РЭ-вискозиметры в термостате не менее 4-х часов.

*Примечание: допускается заполненные жидкостью-компаратором эталонные РЭ-вискозиметры устанавливать в термостат позже установки измерительной камеры, но выдерживать при температуре  $(20,00 \pm 0,02)$  °С не менее 1-го часа.*

6.4.8 По окончании времени выдержки измерительной камеры и эталонных РЭ-вискозиметров фиксируют результат измерения температуры теплоносителя по показаниям преобразователя сигналов ТС и ТП "ТЕРКОН" и результат измерения динамической вязкости жидкости-компаратора по показаниям преобразователя вязкости FVM Master. Результаты измерений заносят в протокол.

6.4.9 С помощью электронных секундомеров измеряют время истечения жидкости между метками на измерительном резервуаре эталонного РЭ-вискозиметра. При измерениях следят за тем, чтобы во время истечения не возникало пузырьков и (или) разрывов потока жидкости. При их появлении, измерения повторяют. Число измерений времени истечения на каждом вискозиметре должно быть не менее 5-ти при одном заполнении жидкостью-компаратором.

6.4.10 За действительное значение времени истечения жидкости принимают среднее арифметическое результатов измерений. Если действительное значение времени истечения жидкости отличается более, чем на 0,1% от каждого измеренного значения, измерения повторяют.

6.4.11 По окончании измерений кинематической вязкости эталонными РЭ-вискозиметрами снова фиксируют показания преобразователя сигналов ТС и ТП "ТЕРКОН" и преобразователя вязкости FVM Master. Результаты измерений заносят в протокол.

6.4.12 Выполняют измерения плотности жидкости-компаратора на анализаторе DMA5000 при установленной температуре измерительной ячейки 20,00 °С. Результат измерений заносят в протокол.

6.4.13 Отключают электрические соединения от преобразователя вязкости, извлекают измерительную камеру с преобразователем вязкости из термостата, сливают жидкость-компаратор, промывают и просушивают внутренние полости по п.5.1 настоящей рекомендации.

6.4.14 Выполняют действия по п.п.6.4.3-6.4.12 для следующих двух жидкостей-компараторов.

6.4.15 После выполнения измерений вязкости жидкости-компаратора с номинальным значением динамической вязкости в диапазоне (80-99) мПа·с при 20,00 °С устанавливают на задатчике термостата температуру 60,00 °С и включают термостатирование в соответствии с требованиями Руководства по эксплуатации на термостат. После установления температуры теплоносителя (60,00±0,05) °С выдерживают измерительную камеру с преобразователем вязкости и РЭ-вискозиметры в термостате не менее 4-х часов. Выполняют измерения вязкости и плотности жидкости-компаратора по п.п.6.4.8-6.4.11.

6.4.16 Выполняют измерения плотности жидкости-компаратора на анализаторе DMA5000 при установленной температуре измерительной ячейки 60,00 °С. Результат измерений заносят в протокол.

## 7 Обработка результатов измерений

7.1 За результат измерений динамической вязкости  $\eta_{ki}$ , а также плотности  $\rho_{ki}$  жидкости-компаратора поверяемым преобразователем вязкости FVM Master принимают среднее значение из двух результатов измерений, зафиксированных в начале и в конце измерений для одной жидкости-компаратора.

7.2 Действительное значение динамической вязкости  $\eta_{jk}$  жидкости-компаратора для k-й точки измерений вычисляют по формуле:

$$\eta_{ЭК1,2} = v_{ЭК} \cdot \rho_{ЭК} \quad (1)$$

где  $v_{ЭК1,2}$  - среднее значение из 2-х результатов измерений кинематической вязкости k-й жидкости-компаратора 2-мя эталонными РЭ-вискозиметрами при i-м измерении, мм<sup>2</sup>/с;  
 $\rho_{ЭК}$  - плотность k-й жидкости-компаратора измеренная на анализаторе DMA5000, г/см<sup>3</sup>;

7.3 Кинематическую вязкость  $v_{1,2}$  k-й жидкости-компаратора, измеренную одним эталонным вискозиметром определяют по формуле:

$$v_{1,2} = K \left( 1 - \frac{e}{\rho_{ЭК}} \right) \cdot \tau - \frac{B}{\tau} \quad (2)$$

где  $K$  - постоянная эталонного РЭ-вискозиметра, приведенная к местному ускорению свободного падения, мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>; (указана в паспорте эталонный РЭ-вискозиметр)  
 $B$  - постоянная, учитывающая поправку на потерю жидкостью кинетической энергии, мм<sup>2</sup>;  
 $\tau$  - время истечения жидкости-компаратора из измерительного резервуара вискозиметра, с



$e$  - плотность воздуха, принимаемая  $0,0012 \text{ г/см}^3$ ;

7.4 Абсолютную погрешность измерений поверяемого преобразователя вязкости в  $k$ -й точке вязкости при  $i$ -м измерении ( $\Delta\eta_{ki}$ , мПа·с) вычисляют по формуле:

$$\Delta\eta_{ki} = |\eta_{ki} - \eta_{\text{эк}}|, \quad (3)$$

где  $\eta_{ki}$  - динамическая вязкость пробы  $k$ -й поверочной жидкости измеренная поверяемым преобразователем вязкости при  $i$ -м измерении, мПа·с;  
 $\eta_{\text{эк}}$  - действительное значение динамической вязкости  $\eta_{\text{эк}}$  жидкости-компаратора для  $k$ -й точки измерений, мПа·с.

За абсолютную погрешность преобразователя вязкости ( $\Delta\eta_{\text{maxk}}$ , мПа·с) при  $k$ -м значении вязкости принимают наибольшее из полученных значений  $\Delta\eta_{ki}$ .

Абсолютная погрешность преобразователя вязкости для всех 4-х точек измерений не должна превышать –  $\pm 0,065$  мПа·с в диапазоне измерений от 0,5 до 10 мПа·с,  $\pm 0,5$  мПа·с в диапазоне измерений свыше 10 до 100 мПа·с.

7.5 Абсолютную погрешность плотности жидкости поверяемого преобразователя вязкости в  $k$ -й точке вязкости при  $i$ -м измерении ( $\Delta\rho_{ki}$ , г/см<sup>3</sup>) вычисляют по формуле:

$$\Delta\rho_{ki} = |\rho_{ki} - \rho_{\text{эк}}| \quad (4)$$

где  $\rho_{ki}$  - плотность пробы  $k$ -й поверочной жидкости измеренная поверяемым преобразователем вязкости при  $i$ -м измерении, г/см<sup>3</sup>;  
 $\rho_{\text{эк}}$  - плотность  $k$ -й жидкости-компаратора измеренная на анализаторе DMA5000, г/см<sup>3</sup>

Абсолютная погрешность измерений плотности поверяемого преобразователя вязкости не должна превышать  $\pm 0,001$  г/см<sup>3</sup>.

7.6 При соответствии показаний динамической вязкости в пределах абсолютной погрешности преобразователя вязкости FVM Master значениям, определенным с помощью вискозиметров 1-го разряда и анализатора плотности DMA5000, при одном и том же значении температуры, встроенный термопреобразователь преобразователя вязкости FVM Master удовлетворяет требованиям ГОСТ 6651-2009 «ГСИ. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний» по классу В.

## 8 Оформление результатов поверки

Результаты поверки оформляют протоколом (рекомендуемая форма протокола приведена в приложении А). При положительных результатах поверки выдается свидетельство о поверке установленной приказом Минпромторга России «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» №1815 формы. При отрицательных результатах поверки выдается извещение о непригодности.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке в виде наклейки.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

## ПРОТОКОЛ № \_\_\_

## поверки преобразователя вязкости FVM Master

Заводской № \_\_\_\_\_

Дата выпуска \_\_\_\_\_

Принадлежит \_\_\_\_\_

Место проведения поверки \_\_\_\_\_

Поверка проведена в диапазоне измерений:

Методика поверки \_\_\_\_\_

Условия поверки:	Эталонные РЭ-вискозиметры	
- давление, кПа _____	1-й _____	2-й _____
- относительная влажность, % _____	Зав. № _____	Зав. № _____
	Постоянная К _____	Постоянная К _____

## Результаты измерений

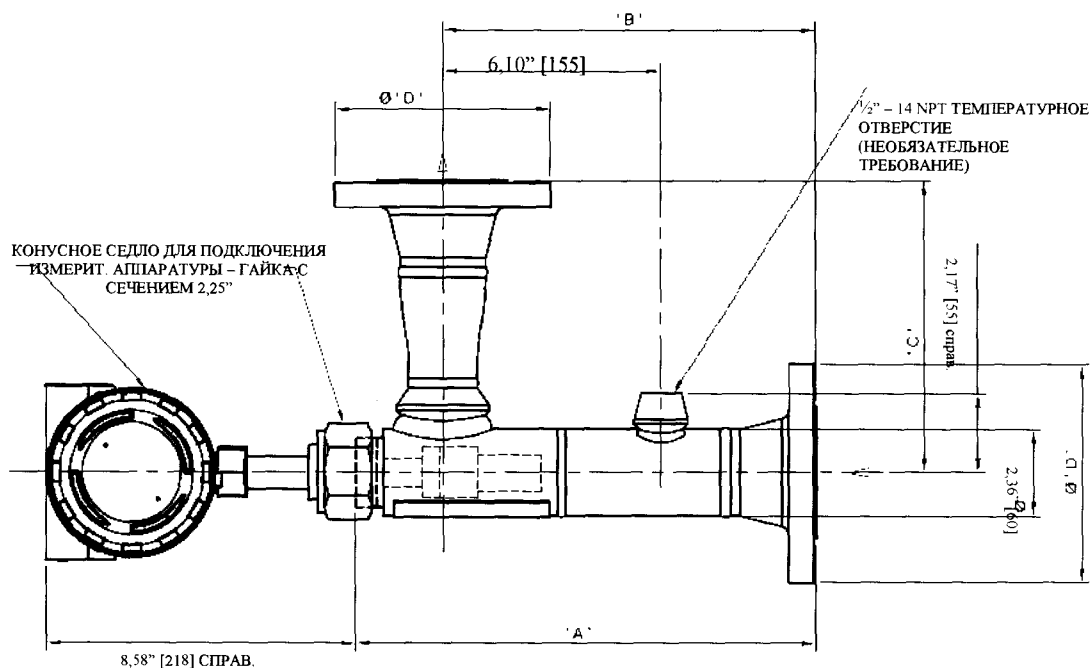
№ жидкостит-компаратора	Показания эт. термометра	Показания преобразователя FVM Master	Время истечения жидкости, $\tau$		Действительное значение динамической вязкости, $\eta_{жк}$	Абсолютная погрешность, $\Delta\eta_{ki}$
			1-й РЭ-вискозиметр	2-й РЭ-вискозиметр		
	°С	мПа·с	с	с	мПа·с	мПа·с
1	1	1	1	1		
	2	2	2	2		
			3	3		
			4	4		
			5	5		
2	1	1	1	1		
	2	2	2	2		
			3	3		
			4	4		
			5	5		
3	1	1	1	1		
	2	2	2	2		
			3	3		
			4	4		
			5	5		
4	1	1	1	1		
	2	2	2	2		
			3	3		
			4	4		
			5	5		

Поверитель \_\_\_\_\_

Дата проведения поверки \_\_\_\_\_

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Технические требования к проточной измерительной камере преобразователя вязкости  
жидкости FVM Master



Размер «А»	Размер «В»	Размер «С»	Диаметр «D»
12,60 дюйм [320]	10,20 дюйм [259]	7,80 дюйм [198]	5,98 дюйм [150]

Допускается вместо фланцевых соединений применять резьбовые соединения в т.ч. для гибких шлангов высокого давления при условии соблюдения размера А не менее чем указан на эскизе.

Допускается применять готовые изделия производства Emerson