

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»

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/см³;

- 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 ± 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 см³ по ГОСТ 22292 ($\Delta = 0,05$ см³);
- 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 считывают 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/м³.

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 ± 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±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±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 η_{ki} , а также плотности ρ_{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 $\eta_{жк}$ 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, мм²/с;
 $\rho_{ЭК}$ - плотность k-й жидкости-компаратора измеренная на анализаторе DMA5000, г/см³;

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, мм²/с²; (указана в паспорте эталонный РЭ-вискозиметр)
 B - постоянная, учитывающая поправку на потерю жидкостью кинетической энергии, мм²;
 τ - 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 η_{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 ($\Delta\eta_{\text{max}k}$, 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/см³) вычисляют по формуле:

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

где ρ_{ki} - плотность пробы k -й поверочной жидкости измеренная поверяемым преобразователем вязкости при i -м измерении, г/см³;
 $\rho_{\text{эк}}$ - плотность k -й жидкости-компаратора измеренная на анализаторе DMA5000, г/см³

Абсолютная погрешность измерений плотности поверяемого преобразователя вязкости не должна превышать $\pm 0,001$ г/см³.

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

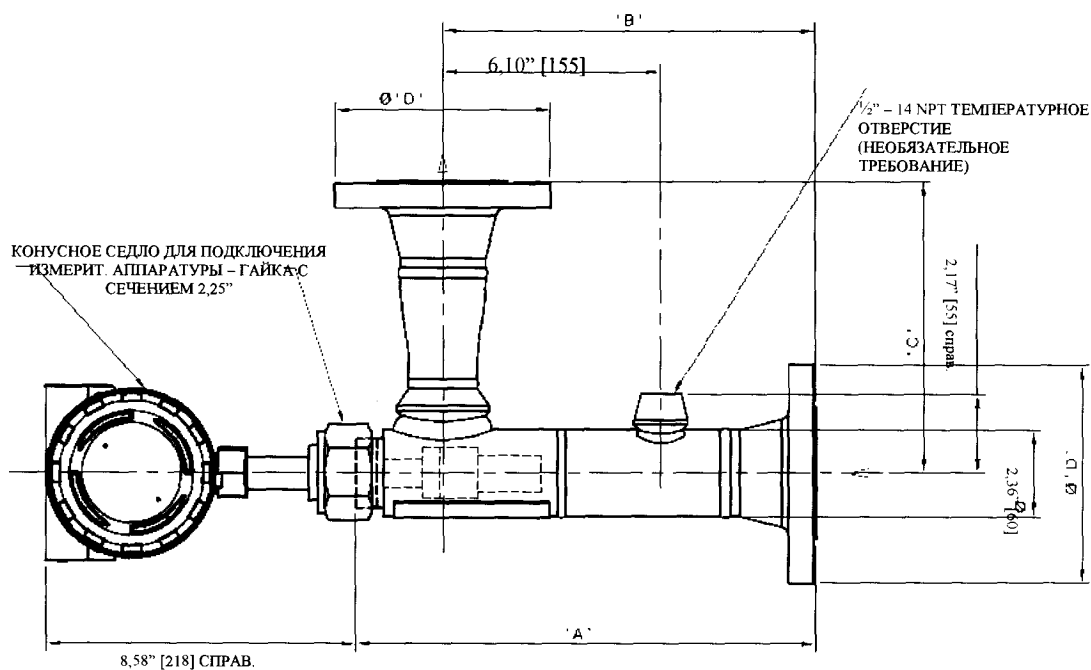
№ жидкостит-компаратора	Показания эт. термометра	Показания преобразователя FVM Master	Время истечения жидкости, τ		Действительное значение динамической вязкости, $\eta_{жк}$	Абсолютная погрешность, $\Delta\eta_{ki}$
			1-й РЭ-вискозиметр	2-й РЭ-вискозиметр		
	°С	мПа·с	с	с	мПа·с	мПа·с
1	1	1	1	1		
	2	2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