

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им.
Д. И. Менделеева»
ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»




А. Н. Пронин
м.п. «08» мая 2024 г.
Е. П. Кривцов
доверенность № 54/2021
от 24.12.2021

Государственная система обеспечения единства измерений


Преобразователи плотности и вязкости FVM Master
Методика поверки

МП 2302-0012-2024

Руководитель научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
плотности и вязкости жидкости


А. А. Демьянов

Заместитель руководителя научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
плотности и вязкости жидкости


А. А. Неклюдова

Санкт-Петербург
2024 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки распространяется на Преобразователи плотности и вязкости FVM Master (далее – FVM Master), изготовленные Micro Motion Inc. 7070 Winchester Circle, Boulder, Colorado, 80301, USA / США, производственная площадка «F-R Tecnologias de Flujo, S.A. de C.V.» Ave.Miguel de Cervantes 111, Complejo Industrial Chihuahua, Chihuahua, 31136, Mexico / Мексика, модификации FVM11C729EAC3FEHEZZX (заводские номера: 109012125009017, 109012125009018, 109012125009019, 109012125009020, 109012125009021, 109012125009023, 109012125009024), предназначенные для хранения и передачи единицы динамической вязкости жидкости при проведении поверки и калибровки средств измерений поточных методом непосредственного сличения, а также измерений динамической вязкости, плотности и температуры исследуемых жидкостей.

FVM Master применяют в качестве рабочего эталона 1-го разряда согласно п. 6.1 Государственной поверочной схемы для средств измерений вязкости жидкостей, утвержденной приказом Росстандарта от 05.11.2019 №2622.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость FVM Master к Государственному первичному эталону единиц динамической и кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018) по Государственной поверочной схеме для средств измерений вязкости жидкостей, утвержденной приказом Росстандарта от 05.11.2019 №2622, Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200 °С (ГЭТ 34-2020) по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры, утвержденной приказом Росстандарта от 23.12.2022 №3253, Государственному первичному эталону единицы плотности (ГЭТ 18-2014) по Государственной поверочной схеме для средств измерений плотности, утвержденной приказом Росстандарта от 01.11.2019 №2603, Государственному первичному эталону единицы силы постоянного электрического тока (ГЭТ 4-91) по Государственной поверочной схеме для средств измерений силы постоянного электрического тока в диапазоне $1 \times 10^{-16} \div 100$ А, утвержденной Приказом Росстандарта от 01.10.2018 №2091.

Методы, обеспечивающие реализацию методики поверки – непосредственные сличения при помощи градуировочной жидкости, прямые измерения.

Допускается проведение периодической поверки FVM Master на меньшем числе поддиапазонов измерений динамической вязкости жидкости в соответствии с указанными диапазонами в описании типа на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего средство измерений на поверку, оформленного в произвольной форме, с обязательным указанием в сведениях о поверке информации об объеме проведенной поверки.

Перечень поддиапазонов измерений динамической вязкости жидкости приведен в описании типа FVM Master и руководстве по эксплуатации.

2 Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 1 – Перечень операций поверки средства измерений

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр	да	да	7
Контроль условий поверки	да	да	8.1
Опробование	да	да	8.2
Проверка программного обеспечения средств измерений	да	да	9

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимым для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
характеристик средства измерений	<p>жидкости эталонным комплексом от 0,5 до 100,0 мПа·с со средним квадратическим отклонением результата измерений при 10 независимых измерениях, не превышает $5,2 \cdot 10^{-3}$, мПа·с в диапазоне значений температуры от 20 °С до 40 °С и в диапазоне значений давления от 0,5 до 4,0 МПа</p>	<p>кинематической вязкости жидкости (ГЭТ 17-2018) в соответствии с Государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.11.2019 № 2622 - эталонный комплекс ЭК ГЭТ 17/3-ДВП</p>
	<p>Средства измерений плотности в диапазоне св. 0,0 до 2,0, г/см³, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 4,0 \cdot 10^{-5}$ г/см³ и в диапазоне св. 0,0 до 2,0, г/см³, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности $\pm 1,0 \cdot 10^{-4}$ г/см³</p>	<p>Анализатор плотности жидкостей серии DMA, модификации DMA 5000M, заводской номер 81548682, регистрационный номер 39787-08, регистрационный номер эталона 39787.08.РЭ.00918478, в комплекте с анализатором плотности жидкостей серии DMA, модификации DMA HP, заводской номер 81352272, регистрационный номер 39787-08</p>
	<p>Термостатическая ванна (термостат). Диапазон установления и поддержания температуры в рабочем поле термостатической ванны от минус 40 °С до 100 °С, нестабильность установления и поддержания температуры, °С, не более $\pm 0,02$</p>	<p>Термостатическая ванна TV7000 LT Mk.II, заводской номер 15TZ257, диапазон установления и поддержания температуры от минус 40 °С до 100 °С</p>
	<p>Средства измерений температуры в диапазоне от минус 196 °С до 660,323 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, °С, не более $\pm 0,02$</p>	<p>Термометр сопротивления платиновый эталонный ПОИНТ-25/2 заводской номер 18004, регистрационный номер 72957-18, регистрационный номер эталона 72957.18.2Р.00685637,</p>

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать:

- общие правила техники безопасности в соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.003-91 «Система стандартов безопасности труда. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»;

- «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15 декабря 2020 года № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;

- указания по технике безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на средства поверки;

- указания по технике безопасности, приведённые в эксплуатационной документации на FVM Master.

6.2 Помещение, в котором проводят поверку, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

7 Внешний осмотр средств измерений

При проведении внешнего осмотра проверяют:

- соответствие внешнего вида FVM Master описанию типа;

- наличие знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;

- соответствие комплектности FVM Master их технической документации;

- отсутствие внешних механических повреждений и дефектов, загрязнений, влияющих на работоспособность FVM Master.

- читаемость и соответствие требованиям эксплуатационной документации подписей и обозначений.

8 Подготовка к поверке и опробование средств измерений

8.1 Контроль условий поверки

Перед проведением поверки должны быть осуществлены:

- проверка параметров окружающей среды, которые должны удовлетворять условиям, представленным в п. 3 настоящей методики;

- подготовка средств поверки к работе в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации;

- подготовка градуировочной жидкости в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации ЭК ГЭТ 17/3-ДВП.

8.2 Опробование

При опробовании производят включение FVM Master в соответствии с п. 2.1 Руководства по эксплуатации и проверку состояния FVM Master в соответствии с п. 2.2 Руководства по эксплуатации. Убеждаются, что измерительная информация поступает и отображается в программе ProLink® III, сообщения об ошибках – отсутствуют.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) FVM Master заключается в определении идентификационных данных – наименования и номера версии ПО.

Идентификация встроенного ПО по наименованию и номеру версии. Наименование и номер версии встроенного ПО можно получить следующим способом: воспользоваться программой ProLink® III на вкладке Device Tools>Device information и в группе Transmitter Electronic строка Software Revision.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 Преобразователи плотности и вязкости FVM Master, предназначенные для хранения и передачи единицы динамической вязкости жидкости при проведении поверки и калибровки средств измерений поточных методом

10.3.7 Измеренные значения плотности градуировочной жидкости на DMA 5000M в комплекте с DMA HP фиксируют в протоколе поверки.

10.4 Определение абсолютной погрешности измерений температуры.

10.4.1 При определении абсолютной погрешности измерений температуры устанавливают в термостатическую ванну TV7000 LT преобразователь плотности жидкости FVM Master и щуп термометра сопротивления ПОИНТ-25/2. Термометр сопротивления ПОИНТ-25/2 подключают к преобразователю МИТ 8.15.

10.4.2 Устанавливают на задающем устройстве термостатической ванны значение температуры равное 5 °С и запускают термостатирование. После установления заданной температуры выдерживают термостат не менее 30 минут. По окончании термостатирования фиксируют измеренные значения температуры по показаниям FVM Master и МИТ 8.15.

10.4.3 За действительное значение температуры теплоносителя по показаниям термометра сопротивления ПОИНТ-25/2 и FVM Master принимают среднее арифметическое измеренных значений, которых должно быть зафиксировано не менее 3.

10.4.4 Измеренные значения температуры теплоносителя термометром сопротивления ПОИНТ-25/2 и FVM Master фиксируют в протоколе поверки.

10.4.5 Далее действия по пп. 10.4.1 - 10.4.4 повторяют для значений температуры 20 °С, 40 °С и 100 °С.

10.5 Определение приведенной погрешности аналогового сигнала.

10.5.1 При определении приведенной погрешности аналогового сигнала подключают к выходу (4-20) мА FVM Master калибратор-вольтметр универсальный В1-28 и с его помощью последовательно задают значения входного сигнала 4, 12 и 20 мА, регистрируя каждый раз показания выходного сигнала, отображающиеся на дисплее калибратора-вольтметра универсального В1-28.

10.5.2 За действительное значение выходного сигнала на калибраторе-вольтметре универсальном В1-28 принимают среднее арифметическое измеренных значений, которых должно быть зафиксировано не менее 3

10.5.3 Измеренные значения выходного сигнала калибратором-вольтметром универсальным В1-28 фиксируют в протоколе поверки.

10.6 Оценка соответствия доверительной погрешности измерений динамической вязкости градуировочной жидкости на FVM Master, представленном в поверку.

10.6.1 Среднее арифметическое значение динамической вязкости градуировочной жидкости, полученное при i -ом значении температуры и j -ом значении давления на FVM Master ($\bar{\eta}_{i,jF}$), рассчитывают по формуле

$$\bar{\eta}_{i,jF} = \frac{\sum_{n=1}^x \eta_{i,jF}}{n} \quad (1)$$

где $\eta_{i,jF}$ – значения динамической вязкости градуировочной жидкости, измеренные при i -ом значении температуры и j -ом значении давления на FVM Master, мПа·с;

n – число измеренных значений.

Полученное среднее арифметическое значение динамической вязкости градуировочной жидкости округляют до пяти значащих цифр.

10.6.2 Среднее арифметическое значение динамической вязкости градуировочной жидкости, полученное при i -ом значении температуры и j -ом значении давления на ЭК ГЭТ 17/3-ДВП ($\bar{\eta}_{i,j_3}$), рассчитывают в соответствии с алгоритмом, изложенном в эксплуатационной документации.

Отклонение динамической вязкости градуировочной жидкости от среднего арифметического измеренного значения на ЭК ГЭТ 17/3-ДВП из состава ГЭТ 17-2018, рассчитывают по формуле (2) для первого поддиапазона измерений, по формуле (3) для второго поддиапазона измерений:

$$\Delta(\bar{\eta}_{i,j}) = \bar{\eta}_{i,jF} - \bar{\eta}_{i,j_3}; \quad (2)$$

Отклонение среднего арифметического измеренного значения плотности градуировочной жидкости на FVM Master от среднего арифметического измеренного значения на DMA 5000M в комплекте с DMA HP, не должно превышать заявленной допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности.

Значение отклонения полученного значения плотности фиксируют в протоколе поверки.

10.8 Оценка соответствия абсолютной погрешности измерений температуры теплоносителя на FVM Master, представленном в поверку.

10.8.1 Среднее арифметическое значение температуры теплоносителя, полученное в i -й точке на FVM Master (t_{iF}), рассчитывают по формуле

$$t_{iF} = \frac{\sum_{n=1}^x t_{iF}}{n} \quad (7)$$

где t_{iF} – значения температуры теплоносителя, полученное в i -й точке на FVM Master, °C;

n – число измеренных значений.

Полученное среднее арифметическое значение температуры теплоносителя округляют до четырех значащих цифр.

10.8.2 Среднее арифметическое значение температуры теплоносителя, полученное в i -й точке термометром сопротивления ПОИНТ-25/2 (t_{ip}), рассчитывают по формуле

$$t_{ip} = \frac{\sum_{n=1}^x t_{ip}}{n} \quad (8)$$

где t_{ip} – значения температуры теплоносителя, полученное в i -й точке термометром сопротивления ПОИНТ-25/2, °C;

n – число измеренных значений.

Полученное среднее арифметическое значение температуры теплоносителя округляют до четырех значащих цифр.

Отклонение значения температуры теплоносителя, измеренного на FVM Master от значения, измеренного термометром сопротивления ПОИНТ-25/2, рассчитывают по формуле

$$\delta(t_i) = t_{iF} - t_{ip} \quad (9)$$

где t_{iF} – среднее арифметическое значение температуры теплоносителя, полученное в i -й точке на FVM Master, °C;

t_{ip} – среднее арифметическое значение температуры теплоносителя, полученное в i -й точке термометром сопротивления ПОИНТ-25/2.

Отклонение измеренного значения температуры теплоносителя на FVM Master от измеренного значения термометром сопротивления ПОИНТ-25/2, не должно превышать заявленной абсолютной погрешности измерений температуры.

Значение полученного отклонения температуры фиксируют в протоколе поверки.

10.9 Оценка соответствия приведенной погрешности аналогового сигнала на FVM Master, представленном в поверку.

10.9.1 Среднее арифметическое значение результата измерения токового сигнала на выходе контакта FVM Master в i -й точке (I_i), рассчитывают по формуле

$$I_i = \frac{\sum_{n=1}^x I_i}{n} \quad (10)$$

где I_i – результат измерения токового сигнала на выходе контакта FVM Master в i -й точке, mA;

n – число измеренных значений.

Полученное среднее арифметическое значение результата измерения токового сигнала округляют до четырех значащих цифр.

10.9.1 Приведенную погрешность аналогового сигнала (4-20) mA на FVM Master в i -й точке диапазона измерений вычисляют по формуле:

11 Оформление результатов поверки

11.1 Результаты поверки средств измерений подтверждаются сведениями о результатах поверки средств измерений, включенными в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку, выдается свидетельство о поверке средства измерений, и (или) в паспорт средства измерений вносится запись о проведенной поверке, заверяемая подписью поверителя и знаком поверки, с указанием даты поверки, или выдается извещение о непригодности к применению средства измерений.

11.2 Протокол выдается по заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его в поверку (рекомендуемая форма протокола приведена в Приложении А).

Таблица 1

Результаты определения доверительной погрешности измерений динамической вязкости FVM Master

Поддиапазоны измерений динамической вязкости на FVM Master	Установившееся значение температуры градуировочной жидкости в измерительной ячейке ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Измеренное значение температуры на FVM Master	Установившееся значение давления градуировочной жидкости в измерительной ячейке ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Среднее измеренное значение динамической вязкости градуировочной жидкости, полученное на ЭК ГЭТ 17/3-ДВП	Среднее измеренное значение динамической вязкости градуировочной жидкости, полученное на FVM Master	Значение доверительной погрешности измерений динамической вязкости на FVM Master
мПа·с	°С	°С	МПа	мПа·с	мПа·с	мПа·с / %
заводской номер 109012125009017						
от 0,500 до 10,140						
от 10,14 включ. до 103,53						
заводской номер 109012125009018						
от 0,500 до 10,340						
от 10,34 включ. до 105,90						
заводской номер 109012125009019						
от 0,500 до 10,280						
от 10,28 включ. до 105,16						
заводской номер 109012125009020						
от 0,500 до 10,390						
от 10,39 включ. до 106,21						

Таблица 2

Результаты определения допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности FVM Master

Установившееся значение температуры градуировочной жидкости в измерительных ячейках DMA 5000M и DMA HP	Измеренное значение температуры на FVM Master	Установившееся значение давления градуировочной жидкости в измерительных ячейках DMA 5000M и DMA HP	Среднее измеренное значение плотности градуировочной жидкости, полученное на DMA 5000M и DMA HP	Среднее измеренное значение плотности градуировочной жидкости, полученное на FVM Master	Значение допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности на FVM Master
°C	°C	МПа	кг/м ³	кг/м ³	кг/м ³
заводской номер 109012125009017					
заводской номер 109012125009018					
заводской номер 109012125009019					
заводской номер 109012125009020					
заводской номер 109012125009021					
заводской номер 109012125009023					
заводской номер 109012125009024					

Заданное значение температуры в термостатической ванне	Установившееся значение температуры градуировочной жидкости, отображаемое на преобразователе МИТ 8.15	Измеренное значение температуры на FVM Master	Значение допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры на FVM Master
°C	°C	°C	°C
заводской номер 109012125009023			
заводской номер 109012125009024			

Заданное значение входного сигнала на калибраторе-вольтметре универсальном В1-28 мА	Измеренное значение выходного сигнала на калибраторе-вольтметре универсальном В1-28 мА	Значение допускаемой приведенной погрешности аналогового сигнала на FVM Master %
заводской номер 109012125009024		

4. Дополнительная информация:

Заключение:

На основании результатов поверки выдано:

Поверку провел

_____ *Подпись*

_____ *Фамилия, имя и отчество (при наличии)*

Дата поверки