

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

СОГЛАСОВАНО
Генеральный директор
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»
_____ А.Н. Пронин
М.п. «06» 10 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Плотномеры-вискозиметры СМАРТ

Методика поверки

МП 2302-0021-2024

Руководитель научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
плотности и вязкости жидкости
_____ А. А. Демьянов

Руководитель группы научно-исследовательской
лаборатории госэталонов в области измерений
плотности и вязкости жидкости
_____ А. В. Домостроев

Санкт-Петербург
2024 г.

1. Общие положения

Данная методика поверки распространяется на плотномеры-вискозиметры СМАРТ (далее – плотномеры-вискозиметры), предназначены для измерений плотности, динамической вязкости и температуры жидкости, плотности и температуры газов внутри резервуаров, труб и прочих элементов и устройств в условиях технологических процессов промышленного производства и других применений в режиме реального времени. Предназначены для работы с вторичной регистрирующей и показывающей аппаратурой, регуляторами и другими устройствами автоматики централизованного контроля, системами управления, работающими с указанными сигналами.

Методикой поверки обеспечивается прослеживаемость плотномеров-вискозиметров к Государственному первичному эталону единицы плотности (ГЭТ 18-2014) и к Государственному первичному эталону единицы динамической и кинематической вязкости жидкостей (ГЭТ 17-2018).

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки - непосредственное сличение, прямые измерения.

Плотномеры-вискозиметры подлежат первичной и периодической поверке. Методикой поверки предусмотрена поверка отдельных измерительных каналов для меньшего числа измеряемых величин и в меньшем диапазоне измерений на основании письменного заявления владельца плотномера-вискозиметра, оформленного в произвольной форме.

В результате поверки должны быть подтверждены метрологические характеристики, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение	
	мод. 1XX	мод. 4XX
1	2	3
Диапазон показаний плотности, кг/м ³	от 0 до 3000	
Диапазон измерений плотности, кг/м ³	от 0 до 200; от 420 до 700; от 620 до 2000	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности, кг/м ³	$\pm 0,3$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$; $\pm 2,0$; $\pm 5,0$	
Диапазон показаний динамической вязкости, мПа·с	от 0,5 до 20000,0	
Диапазоны измерений динамической вязкости, мПа·с	от 0,5 до 10,0; от 0,5 до 100,0; от 0,5 до 1000,0; от 0,5 до 12500,0	
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений динамической вязкости в диапазоне измерений от 0,5 до 10,0 мПа·с включ., мПа·с	$\pm 0,2$	
Пределы допускаемой погрешности измерений динамической вязкости, приведённой к верхнему пределу измерений в диапазонах измерений от 10,0 до 12500,0 мПа·с, %	$\pm 1,0$ $\pm 3,0$	

Примечание - Диапазоны, в которых отградуирован плотномер-вискозиметр, пределы допускаемой погрешности измерений плотности и/или вязкости указаны в условном обозначении, приведенном в паспорте на плотномер-вискозиметр.

2. Перечень операций поверки средства измерений

Таблица 2 – 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 (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8
Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	да	да	8.4
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	10

При отрицательных результатах одной из операций поверка прекращается.

3. Требования к условиям проведения поверки

При поверке должны быть соблюдены следующие условия:

- температура воздуха, °С от +18 до +28;
- относительная влажность воздуха, % не более 90;
- атмосферное давление, кПа от 84,0 до 106,7

При поверке должны соблюдаться требования, приведенные в Руководстве по эксплуатации (далее – РЭ), на плотномеры-вискозиметры.

4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются поверители, изучившие настоящую методику и РЭ, прилагаемые к плотномерам-вискозиметрам.

5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

Таблица 3 – Перечень средств поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
1	2	3
п. 8.1 Контроль условий поверки	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью измерений $\pm 0,5$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений от 30 % до 80 % с абсолютной погрешностью ± 3 %; Средства измерений атмосферного давления в диапазоне измерений от 97 до 106 кПа с абсолютной погрешностью ± 5 гПа	- термогигрометр ИВА-6Н-Д, регистрационный номер 46434-11
п. 10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Чистый инертный газ под давлением в баллонах по ГОСТ 949-73	- стандартный образец состава искусственной газовой смеси, содержащие инертные, постоянные газы ГСО 10768-2016 (ИП-ВНИИМ-ЭС) с молярной долей основного компонента – аргон не менее 99,998%; - ГСССД 396-2022 «Аргон. Плотность, энтальпия, изобарная и изохорная теплоёмкости, энтропия и скорость звука в диапазоне температур от 83,806 К до 1200 К и давлениях от 0,1 МПа до 1000 МПа, включая критическую область»

Продолжение таблицы 3

1	2	3
	Средства измерений плотности с диапазоном измерений, включающий диапазон от 420 до 2000 кг/м ³ , с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,1$ кг/м ³ (не более $\pm 0,3$ кг/м ³ , если погрешность поверяемого плотномера-вискозиметра более ± 1 кг/м ³)	- анализатор плотности жидкостей DMA HP, регистрационный номер 39787-08; - измерители плотности жидкостей вибрационные ВИП-2М, ВИП-2МР
	Жидкость поверочная с номинальным значением плотности от 420 до 700 кг/м ³	- нефрас С2-80/120 по ТУ 38.401-67-108-92; - сжиженный пропан высокой чистоты по ГОСТ 20448-90
	Жидкость поверочная с номинальным значением плотности от 620 до 2000 кг/м ³	- нефрас С2-80/120 по ТУ 38.401-67-108-92; - вода дистиллированная по ГОСТ 58144-2018; - перхлорэтилен по ГОСТ Р 57836 - 2017
	Жидкость поверочная с номинальным значением плотности от 620 до 2000 кг/м ³	- масло промышленное И40 по ГОСТ 20799-2022
	Средства измерений плотности жидкости в трубопроводе в диапазоне измерений плотности от 620 до 2000 кг/м ³ с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений плотности не более $\pm 0,1$ кг/м ³	- установка пикнометрическая, регистрационный номер 43127-09
	Средства измерений вязкости с диапазоном измерений вязкости, включающий диапазон от 0,5 до 12500 мПа·с, с пределами допускаемой относительной погрешности не более $\pm 0,5$ %	- вискозиметр Штабингера SVM 3000, регистрационный номер 28519-05
	Жидкость поверочная с номинальными значениями вязкости от 0,5 до 12500 мПа·с	- кремнийорганические масла (номинальные значения динамической вязкости от 0,5 до 12500 мПа·с) или другие жидкости, у которых значения динамической вязкости находятся в диапазоне измерений плотномера-вискозиметра

Завершение таблицы 3

1	2	3
	Преобразователь абсолютного давления с диапазоном измерений от 0 до 20 МПа с пределом допускаемой основной погрешности не более $\pm 0,1\%$	- прибор цифровой для измерения давления DPI-705, регистрационный номер 43560-1
	Средства измерений температуры с диапазоном измерений температуры от $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ с пределом допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$	- преобразователь сигналов ТС и ТП прецизионный «Теркон», регистрационный номер 23245-08; - термометр сопротивления эталонный ЭТС-100, регистрационный номер 19916-10
Вспомогательное оборудование		
	Стакан мерный, объемом не менее 2000 мл	
	Двухкомпонентный шприц 10 мл по ГОСТ ISO 7886-1-2011	
	Термостат жидкостный ВТ5 серии МАСТЕР	
	Стенд для поверки, калибровки и испытаний поточных анализаторов качества нефти и нефтепродуктов	
	Поршневой баллон постоянного давления типа БП-ПД-04 по ТУ 3695-001-20810646-2010, или аналогичный	
Примечания:		
1. Допускается применение других средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единицы величины поверяемому средству измерений.		
2. Все средства измерений, применяемые при поверке, должны быть утвержденного типа, а сведения о положительных результатах их поверки должны быть опубликованы в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений. Сроки действия поверки применяемых средств измерений и срок годности применяемых стандартных образцов должны быть неистекшими. Применяемые эталоны должны быть аттестованы.		

6. Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При поверке должны необходимо соблюдать требования:

- требования безопасности по ГОСТ 12.3.019;
- требования безопасности, изложенные в эксплуатационной документации;
- «Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей»;
- «Правила ТБ при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- в целях обеспечения безопасности работ и возможности выполнения процедур поверки достаточно одного специалиста.

7. Внешний осмотр средства измерений

При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие плотномера-вискозиметра следующим требованиям:

- соответствие внешнему виду средства измерений описанию типа;
- наличию знака утверждения типа в месте, указанном в описании типа;
- комплектность должна соответствовать РЭ на плотномер-вискозиметр;
- плотномеры-вискозиметры не должны иметь дефектов, способных оказать влияние на безопасность проведения поверки и на результаты поверки.

8. Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Перед включением плотномера-вискозиметра убедиться в соответствии его установки и монтажа указаниям, изложенным в разделе «Порядок установки» РЭ.

8.2 Собрать соответствующую схему подключения (раздел «Схемы подключения и подключение средств измерений» РЭ)

8.3 Подать питание на плотномер-вискозиметр согласно РЭ и выдержать не менее одной минуты.

8.4 Опробование

8.4.1 Убедиться, что измерительная информация поступает и отображается на устройствах отображения, сообщения об ошибках – отсутствуют.

8.4.2 При поверке, измеренные значения фиксируются на блоке электронном.

9. Подтверждение соответствия программного обеспечения средства измерений

Идентификации встроенного ПО проводится путем сличения наименования разработчика, указанного на шильдике прибора.

Результат проверки считается положительным, если наименование разработчика встроенного ПО соответствует, указанному в описании типа.

10. Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям Определение метрологических характеристик плотномера-вискозиметра при первичной поверке

Определение метрологических характеристик плотномера-вискозиметра при первичной поверке проводится методом сличения показаний поверяемого плотномера-вискозиметра с показаниями эталонного средства измерений, методом прямых измерений с применением стандартных образцов газовых смесей, содержащие инертные, постоянные газы, и методом сличения показаний поверяемого плотномера-вискозиметра с данными о плотности чистых газов таблиц ГСССД.

10.1.1 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 0 до 200 кг/м³

10.1.1.1 Определение погрешности измерений плотности в диапазоне измерений плотности от 0 до 200 кг/м³ выполняют непосредственным сличением показаний плотности поверяемого плотномера-вискозиметра со значениями плотности стандартных образцов состава искусственных газовых смесей (далее – СО) при заданных условиях измерений по данным таблиц ГСССД:

- для основного компонента аргон: ГСССД 396-2022 «Аргон. Плотность, энтальпия, изобарная и изохорная теплоёмкости, энтропия и скорость звука в диапазоне температур от 83,806 К до 1200 К и давлениях от 0,1 МПа до 1000 МПа, включая критическую область».

Пример расчета действительной плотности аргона приведен в приложении Б.

10.1.1.2 Определение погрешности измерений плотности газа проводят в термостатической ванне при температуре $(20,0 \pm 0,1) ^\circ\text{C}$.

10.1.1.3 Поверяемый плотномер-вискозиметр помещают в камеру испытательную 530.000.000 (далее – камера) или ей аналогичное устройство в соответствии с чертежом Приложения В, оснащенное штуцерами для подачи газа и монтажа преобразователя давления и температурного датчика, с предварительно установленным чувствительным элементом прибора цифрового для измерения давления DPI-705 (далее – DPI-705). Подключают линию подачи газа от баллона с СО (основной компонент аргон) и линию вакуумирования к соответствующим фиттингам устройства (Приложение В). Помещают камеру с установленным поверяемым плотномером-вискозиметром в термостатную ванну циркуляционного термостата таким образом, чтобы электронный блок плотномера-вискозиметра (для модели 4XX) или кабельный ввод (для модели 1XX) находился на 15-

30 мм выше уровня термостатирующей жидкости. Термопреобразователь сопротивления ТС помещают внутрь термостатной ванны и подключают к преобразователю сигналов ТС и ТП «Теркон».

Открывают запорный кран линии вакуумирования и включают вакуумный насос. Выполняют вакуумирование внутренних полостей камеры с установленным плотномером-вискозиметром и линий подачи газа и создают разрежение до значения абсолютного давления $P_0 \leq 0,5$ кПа, после чего перекрывают запорный кран линии вакуумирования и выключают вакуумный насос. Остаточное давление в камере контролируют по показаниям DPI-705.

Подают в емкость СО (основной компонент аргон) под абсолютным давлением $0,1$ [МПа] ± 10 %. Фактическое давление СО в устройстве контролируют по показаниям DPI-705.

Проверку диапазона и погрешности измерений плотности газа при заданной температуре термостатирования 20 °С. Для выравнивания температуры теплоносителя и СО в камере термостатирование поверяемого плотномера-вискозиметра продолжают в течение не менее 2-х часов.

По истечению времени термостатирования после стабилизации температуры СО в камере фиксируют показания температуры t_1 по данным преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон», показания давления СО P_1 по данным DPI-705, показания плотности СО ρ_1 при условиях измерений по данным индикатора плотномера-вискозиметра и записывают в протокол поверки.

Подают в емкость газ под абсолютным давлением $11,0$ [МПа] $\pm 10\%$. После стабилизации температуры СО в устройстве фиксируют в протоколе поверки показания температуры t_2 по данным преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон», показания давления СО P_2 по данным DPI-705, показания плотности СО ρ_2 поверяемого плотномера-вискозиметра, считанные с индикатора (для моделей 4XX) или по интерфейсу RS485 (для моделей 1XX) (рекомендуемая форма приведена в Приложении А).

По таблицам ГСССД рассчитывают значения плотности газа для температуры t_1 , давления P_1 , и температуры t_2 , давления P_2 зафиксированных в протоколе поверки.

10.1.1.4 Обработка результатов измерений

Рассчитывают погрешность измерений плотности по формуле (1):

$$\Delta = \rho_i - \rho_k, \quad (1)$$

где Δ – абсолютная погрешность измерений плотности, кг/м³;

ρ_i – значение плотности СО по показаниям плотномера-вискозиметра, кг/м³;

ρ_k – значение плотности из справочных данных ГСССД, кг/м³.

10.1.1.5 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности не превышает заявленных пределов, представленных в таблице 1.

10.1.2 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 420 до 700 кг/м³

10.1.2.1 Измерения плотности выполняют в двух точках с применением двух поверочных жидкостей (таблица 4), номинальные значения которых соответствуют минимальному и максимальному значениям диапазона измерений плотности плотномера-вискозиметра. В качестве эталонного средства измерений применяют анализатор плотности жидкостей DMA HP.

Таблица 4 – Значения плотности поверочных жидкостей

Поверочная жидкость	Интервал значений плотности, кг/м ³
1	от 420 до 600
2	от 600 до 700

10.1.2.2 Помещают поверяемый плотномер-вискозиметр в камеру 530.000.000 или ей аналогичное в соответствии с чертежом Приложения В, оснащенное штуцерами для подачи газа и монтажа преобразователя давления и температурного датчика, с предварительно установленным чувствительным элементом DPI-705. Внутренняя полость камеры и чувствительный элемент плотномера-вискозиметра должны быть предварительно промыты растворителем и высушены. Выполняют подключения фитингов поршневого баллона постоянного давления БП-ПД-04 к фитингам камеры в соответствии со схемой Приложения Г. Помещают камеру с установленным поверяемым плотномером-вискозиметром в термостатную ванну циркуляционного термостата таким образом, чтобы электронный блок плотномера-вискозиметра (для модели 4XX) или кабельный ввод (для модели 1XX) находился на 15-30 мм выше уровня термостатирующей жидкости. Термометр сопротивления эталонный ЭТС-100 помещают внутрь термостатной ванны и подключают к преобразователю сигналов ТС и ТП «Теркон».

Подключают подающие трубопроводы редуктора баллона с инертным газом к газовому клапану поршневого баллона в соответствии со схемой Приложения Г. Задают на редукторе баллона с инертным газом давление выходящего газа $1,1 \pm 0,1$ МПа. Подключают подающий трубопровод измерительной ячейки анализатора плотности жидкостей DMA HP к верхнему выпускному клапану камеры. При закрытых клапанах поршневого баллона и дренажного клапана включают вакуумный насос и выполняют откачку воздуха из внутренних полостей камеры, подводящих фитингов и измерительной ячейки анализатора плотности жидкостей DMA HP до остаточного абсолютного давления не более 0,01 МПа по показаниям DPI-705. После этого перекрывают запорный клапан подключения вакуумного насоса и выключают насос. В течение 10-ти минутной выдержки не должно наблюдаться роста остаточного давления воздуха в системе, в противном случае необходимо проверить соединения и устранить негерметичность соединений.

Открывают выпускной клапан секции жидкого газа поршневого баллона и полностью заполняют внутреннюю полость камеры, подводящих трубопроводов и измерительную ячейку анализатора плотности жидкостей DMA HP жидкой фазой газа. Контроль полноты заполнения производят, приоткрыв запорный дренажный клапан выводящего трубопровода измерительной ячейки анализатора плотности жидкостей DMA HP. При этом через клапан должна выходить жидкая фаза газа. Давление жидкой фазы газа должно находиться в пределах $1,1 \pm 0,1$ МПа.

10.1.2.3 Устанавливают на задатчике температуры термостата значение температуры 20 °С и включают термостатирование. После установления заданной температуры перед проведением измерений выдерживают заполненное жидкой фазой газа камеру с установленным плотномером-вискозиметром не менее одного часа.

10.1.2.4 Включают питание поверяемого плотномера-вискозиметра и анализатора плотности жидкостей DMA HP. После выдержки не менее 10 минут фиксируют в протоколе поверки показания плотности поверяемого плотномера-вискозиметра, считанные с индикатора (для моделей 4XX) или по интерфейсу RS485 (для моделей 1XX), давления газа по данным DPI-705, температуры газа по данным преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон»

Задают температуру измерений анализатору плотности жидкостей DMA HP, соответствующую температуре газа в устройстве по данным преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон». После установления заданной температуры фиксируют в протоколе поверки показания плотности жидкой фазы газа по данным анализатора плотности жидкостей DMA HP. Выключают питание анализатора плотности жидкостей DMA HP.

10.1.2.5 Включают вытяжную вентиляцию. Отсоединяют подающий трубопровод измерительной ячейки от верхнего клапана камеры. Открывают верхний выпускной клапан камеры и медленно, избегая сильного понижения температуры и образования льда, выпускают газ в вытяжное устройство.

10.1.2.6 Заполняют камеру с установленным поверяемым плотномером-вискозиметром поверочной жидкостью №2 при температуре $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и выдерживают при температуре окружающего воздуха в течение одного часа.

Примечание: После удаления из приспособления сжиженного пропана допускается промывку и просушку внутренней полости камеры не выполнять.

10.1.2.7 Включают питание поверяемого плотномера-вискозиметра. После выдержки не менее 10 минут, фиксируют в протоколе поверки показания температуры жидкости по данным преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон», плотности поверяемого плотномера-вискозиметра, считанные с индикатора (для моделей 4XX) или по интерфейсу RS485 (для моделей 1XX).

10.1.2.8 Выключают питание поверяемого плотномера-вискозиметра.

10.1.2.9 Сливают жидкость из камеры в емкость для хранения жидкости. В процессе слива жидкости из камеры отбирают пробу жидкости в количестве не менее 50 см^3 .

Выполняют измерения плотности отобранной пробы на анализаторе плотности жидкостей DMA HP в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, при температуре, зафиксированной в п. 10.1.2.7 настоящей методики. Результат измерений заносят в протокол поверки.

10.1.2.10 Обработка результатов измерений

Рассчитывают погрешность измерений плотности по формуле (2):

$$\Delta = \rho_i - \rho_k, \quad (2)$$

где Δ – абсолютная погрешность измерений плотности, кг/м^3 ;

ρ_i – значение плотности поверочной жидкости по показаниям плотномера-вискозиметра, кг/м^3 ;

ρ_k – значение плотности поверочной жидкости по показаниям эталонного средства измерений, кг/м^3 .

10.1.2.11 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности не превышает заявленных пределов, представленных в таблице 1

10.1.3 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 620 до 2000 кг/м^3

10.1.3.1 Измерения плотности выполняют в трех точках с применением трех поверочных жидкостей (таблица 5), номинальные значения которых соответствуют минимальному, среднему и максимальному значениям диапазона измерений плотности поверяемого плотномера-вискозиметра. В качестве эталонного средства измерений применяют анализатор плотности жидкостей DMA HP.

Таблица 5 – Значения плотности поверочных жидкостей

Поверочная жидкость	Интервал значений плотности, кг/м^3
1	от 683,0 до 697,2
2	от 998,0 до 999,0
3	от 1590,0 до 1630,0

10.1.3.2 Чистый мерный стакан заполняют поверочной жидкостью №1. Отбирают пробу жидкости в количестве не менее 50 см^3 . Затем стакан устанавливают в термостат. Устанавливают на горловину термостата крышку. Установку и монтаж поверяемого плотномера-вискозиметра в стакан производят в соответствии с пунктом «Порядок установки» РЭ. Затем в стакан устанавливают термометр сопротивления эталонный и подключают к преобразователю сигналов ТС и ТП «Теркон». Включают термостат и устанавливают температуру $20,00^\circ\text{C}$ и выдерживают прибор не менее 15 минут. Фиксируют

в протоколе поверки текущее значение температуры поверочной жидкости в стакане по показаниям преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон».

10.1.3.3 В протоколе поверки фиксируют показания плотности поверяемого плотномера-вискозиметра, считанные с индикатора (для моделей 4XX) или по интерфейсу RS485 (для моделей 1XX), при условиях измерений.

10.1.3.4 Выполняют измерения плотности отобранной пробы на анализаторе плотности жидкостей DMA HP в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, при температуре, зафиксированной в п. 10.1.3.2 настоящей методики. Результат измерений заносят в протокол поверки.

10.1.3.5 Обработка результатов измерений

Рассчитывают погрешность измерений плотности по формуле (2).

10.1.3.6 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности не превышает заявленных пределов, представленных в таблице 1.

10.1.3.7 Повторяют операции по п.п. 10.1.3.2-10.1.1.5 для второй и третьей градуировочной жидкости.

10.1.4 Определение погрешности измерений вязкости жидкости

10.1.4.1 Измерения вязкости выполняют в трех точках с применением трех поверочных жидкостей (таблица 6), номинальные значения которых соответствуют минимальному, среднему и максимальному значениям диапазона измерений плотности поверяемого плотномера-вискозиметра. В качестве эталонного средства измерений применяют вискозиметр Штабингера SVM 3000.

Таблица 6 – Значения динамической вязкости поверочных жидкостей

Поверочная жидкость	Интервал значений динамической вязкости, мПа·с
1	от 0,5 до 1,8
2	от 3,0 до 5,0
3	от 7,0 до 10,0
4	от 46,0 до 79,0
5	от 73,0 до 104,0
6	от 459 до 621
7	от 765 до 1035
8	от 4590 до 6210
9	от 7650 до 10300

10.1.4.2 Чистый мерный стакан заполняют поверочной жидкостью №1. Отбирают пробу жидкости в количестве не менее 50 см³. Затем стакан устанавливают в термостат. Устанавливают на горловину термостата крышку. Установку и монтаж поверяемого плотномера-вискозиметра в стакан производят в соответствии с пунктом «Порядок установки» РЭ. Затем в стакан устанавливают термометр сопротивления эталонный и подключают к преобразователю сигналов ТС и ТП «Теркон». Включают термостат и устанавливают температуру 20,00 °С и выдерживают прибор не менее 15 минут. Фиксируют в протоколе поверки текущее значение температуры поверочной жидкости в стакане по показаниям преобразователя сигналов ТС и ТП «Теркон».

10.1.4.3 В протоколе поверки фиксируют показания вязкости поверяемого плотномера-вискозиметра, считанные с индикатора (для моделей 4XX) или по интерфейсу RS485 (для моделей 1XX), при условиях измерений.

10.1.4.4 Выполняют измерения вязкости отобранной пробы на вискозиметре Штабингера SVM 3000 в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, при температуре, зафиксированной в п. 10.1.4.2 настоящей методики. Результат измерений заносят в протокол поверки.

10.1.4.5 Обработка результатов измерений

Рассчитывают погрешность измерений вязкости по формуле (3), если диапазон измерений динамической вязкости от 0,5 до 10,0 мПа·с включительно, по формуле (4), если диапазон измерений динамической вязкости от 10 до 12500 мПа·с:

$$\Delta\eta = \eta_i - \eta_k, \quad (3)$$

$$\delta\eta = \frac{\Delta\eta}{\eta_{\text{вп}}}, \quad (4)$$

где $\Delta\eta$ - абсолютная погрешность измерений вязкости по цифровому каналу, мПа·с;

η_k - значение плотности поверочной жидкости по показаниям эталонного средства измерений, мПа·с;

$\eta_{\text{вп}}$ - значение верхнего предела диапазона измерений.

10.1.4.6 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности не превышает заявленных пределов, представленных в таблице 1.

10.1.4.7 Повторяют п.п. 10.1.4.2-10.1.4.5 с использованием других поверочных жидкостей в соответствии с таблицей 5.

10.2 Определение метрологических характеристик плотномера-вискозиметра, применяющегося в трубопроводе, при периодической поверке

Определение метрологических характеристик поверяемого плотномера-вискозиметра при периодической поверке проводится путем сличения показаний поверяемого плотномера-вискозиметра с показаниями эталонного средства измерений или прямых измерений с применением стандартных образцов вязкости жидкости и СО газовых смесей, содержащие инертные, постоянные газы.

10.2.1 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 0 до 200 кг/м³

В соответствии с п. 10.1.2.

10.2.2 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 420 до 700 кг/м³

В соответствии с п. 10.1.3.

10.2.3 Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 620 до 2000 кг/м³

В качестве эталонного средства измерений применяют установку пикнометрическую. Процедура поверки осуществляют в соответствии с требованиями МИ 2816-2012 с изменением №1 «ГСИ. Преобразователи плотности поточные. Методика поверки на месте эксплуатации».

10.2.4 Определение погрешности измерений динамической вязкости жидкости

Если демонтаж поверяемого плотномера-вискозиметра возможен, то процедуру поверки проводят в соответствии с п. 10.1.3.

При отсутствии возможности осуществить демонтаж поверяемого плотномера-вискозиметра с места эксплуатации периодическую поверку проводят путем сличения показаний поверяемого плотномера-вискозиметра с показаниями эталонного средства измерений. В качестве эталонного средства измерений применяют вискозиметр Штабингера SVM 3000. Отбор пробы осуществляют в соответствии с ГОСТ 2517-2012 «Нефть и нефтепродукты. Методы отбора проб».

10.2.4.1 Производят измерения на поверяемом плотномере-вискозиметре в соответствии с РЭ. Фиксируют в протоколе поверки температуру и результаты измерений.

10.2.4.2 Производят отбор пробы. Выполняют измерения вязкости отобранной пробы на вискозиметре Штабингера SVM 3000 в соответствии с требованиями руководства по эксплуатации, при температуре, зафиксированной в п. 10.2.3.1 настоящей методики.

10.2.4.3 Рассчитывают погрешность измерений вязкости по формуле (3), если диапазон измерений динамической вязкости от 0,5 до 10,0 мПа·с включительно, по формуле (4), если диапазон измерений динамической вязкости от 10 до 12500 мПа·с.

10.2.4.4 Результаты поверки считают положительными, если значение погрешности не превышает заявленных пределов, представленных в таблице 1.

10.3 Определение метрологических характеристик плотномера-вискозиметра, применяющегося в резервуаре, при периодической поверке

10.3.1 Если поверяемый плотномер-вискозиметр применяется по месту эксплуатации в резервуаре и возможен его демонтаж, то определение погрешности измерений динамической вязкости жидкости, плотности жидкости и плотности газа производят согласно п. 10.1.

10.3.2 Если демонтаж поверяемого плотномера-вискозиметра невозможен, то определение погрешности измерений динамической вязкости жидкости, плотности жидкости и плотности газа производят согласно п. 10.2.

10.4. Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

В результате анализа характеристик, полученных в результате поверки, делается вывод о пригодности дальнейшего использования средства измерений. Критериями пригодности являются:

- соответствие всем критериям п. 7 при внешнем осмотре;
- корректная работа средства измерений при опробовании п. 8;
- соответствие программного обеспечения по п. 9;
- положительный результат поверки по п. 10.

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 на 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 на поверку (рекомендуемая форма протокола приведена в Приложении А).

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при его оформлении).

ПРОТОКОЛ № _____ от «__» _____ 202_ г.

Наименование средства измерений (эталоны), тип	
Регистрационный номер в Федеральном информационном фонде	
Заводской (серийный) номер или буквенно-цифровое обозначение	
Дата предыдущей поверки	
Год выпуска (если имеется информация)	
Заказчик (наименование и юридический адрес)	
Изготовитель (если имеется информация)	
Владелец (наименование и юридический адрес)	
Серия и номер знака предыдущей поверки (при наличии)	
Дата предыдущей поверки	
Адрес места выполнения поверки (если поверка выполняется на территории Заказчика)	

Вид поверки

МП 2302-0021-2024 «ГСИ. Плотномер-вискозиметры СМАРТ. Методика поверки»

Методика поверки

Средства поверки:

Наименование и регистрационные номера эталона, СИ, СО в Федеральном информационном фонде	Метрологические характеристики

Условия поверки:

Наименование параметра	Требования НД	Измеренные значения
температура окружающего воздуха, °С	от + 18 °С до + 28	
относительная влажность воздуха, %	не более 90	
атмосферное давление, кПа	от 84,0 до 106,7	

Результаты поверки:

- Внешний осмотр
- Подтверждение соответствия ПО
- Определение погрешности измерений плотности плотномер-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 0 до 200 кг/м³

№ п/п	Результат измерения температуры термометром, °С	Результат измерения давления, МПа	Измеренное значение температуры, °С	Значение плотности из справочных данных ГСССД, кг/м ³	Измеренное значение плотности, кг/м ³	Погрешность, кг/м ³

- Определение погрешности измерений плотности плотномер-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 420 до 700 кг/м³

№ п/ п	Результат измерения температуры термометром, °C	Результат измерения давления, МПа	Измеренное значение температуры, °C	Значение плотности поверочной жидкости по показаниям эталонного средства измерений, кг/м ³	Измеренно е значение плотности, кг/м ³	Погрешность, кг/м ³

5. Определение погрешности измерений плотности плотномера-вискозиметра с диапазоном измерений плотности от 620 до 2000 кг/м³

№ п/ п	Значение плотности поверочной по показаниям эталонного средства измерений, кг/м ³	Результат измерения температуры термометром, °C	Измеренное значение температуры, °C	Измеренно е значение плотности жидкости, кг/м ³	Погрешность, кг/м ³

6. Определение погрешности измерений вязкости жидкости

№ п/ п	Значение плотности поверочной жидкости по показаниям эталонного средства измерений, мПа·с	Результат измерения температуры термометром, °C	Результат измерения температуры плотномером, °C	Измеренно е значение вязкости жидкости, мПа·с	Погрешность, мПа·с / %

7. Дополнительная информация:

Поверку провел

Подпись

Фамилия, имя и отчество (при наличии)

Дата поверки

Конец протокола

Пример расчета действительной плотности аргона

При использовании таблиц стандартных справочных данных «Аргон. Плотность. Энтальпия. Изобарная и изохорная теплоемкости, энтропия и скорость звука в диапазоне температур от 83,806 К до 1200 К и давлений от 0,1 МПа до 1000 МПа, включая критическую область» ГСССД 396-2022 выбирают ближайшие значения температуры и давления к измеренным.

Пусть измеренная температура $t_{изм} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, а давление $P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$.

Составляют таблицу данных с ближайшими табличными значениями (таблица II ГСССД 396-2022) выше и ниже измеренных температуры и давления и соответствующие им значения плотности.

Таблица Б.1

		$P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$	
		$P_1=2\text{ МПа}$	$P_2=3\text{ МПа}$
$t_{изм} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_1 = 280\text{ (}t_1 = 6,85\text{ }^{\circ}\text{C)}$	$\rho_1=34,888$	$\rho_2=52,727$
	$T_2 = 300\text{ (}t_2 = 26,85\text{ }^{\circ}\text{C)}$	$\rho_3=32,414$	$\rho_4=48,876$

Методом интерполяции вычисляем значения плотности ρ' (кг/м^3) при $t_1 = 6,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$ по формуле:

$$\rho' = \rho_1 + \left(\frac{P_{изм} - P_1}{P_2 - P_1} \right) \cdot (\rho_2 - \rho_1);$$

$$\rho' = 34,888 + \left(\frac{2,5 - 2}{3 - 2} \right) \cdot (52,727 - 34,888) = 43,807.$$

Аналогично вычисляют значения плотности ρ'' (кг/м^3) при $t_2 = 26,85\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$ по формуле:

$$\rho'' = \rho_3 + \left(\frac{P_{изм} - P_1}{P_2 - P_1} \right) \cdot (\rho_4 - \rho_3);$$

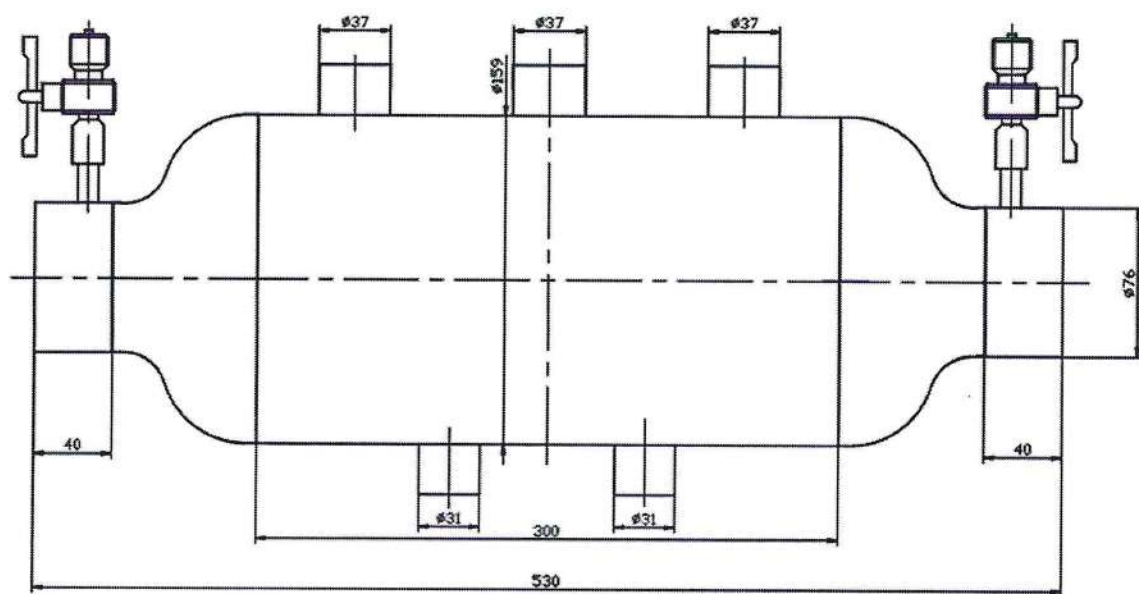
$$\rho'' = 32,414 + \left(\frac{2,5 - 2}{3 - 2} \right) \cdot (48,876 - 32,414) = 40,645.$$

Вычисляют значение плотности ρ (кг/м^3) при $t_{изм} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$ по формуле:

$$\rho = \rho' + \left(\frac{t_{изм} - t_1}{t_2 - t_1} \right) \cdot (\rho'' - \rho');$$

$$\rho = 43,807 + \left(\frac{20 - 6,85}{26,85 - 6,85} \right) \cdot (40,645 - 43,807) = 41,728.$$

Действительное значение плотности, рассчитанное по таблице стандартных справочных данных при $t_{изм} = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении $P_{изм} = 2,5\text{ МПа}$ составляет $41,728\text{ кг/м}^3$.



Габаритный чертеж камеры испытательной 530.000.000

Схема подключения трубопроводов системы подачи пробы жидкости в измерительную ячейку анализатора DMA HP

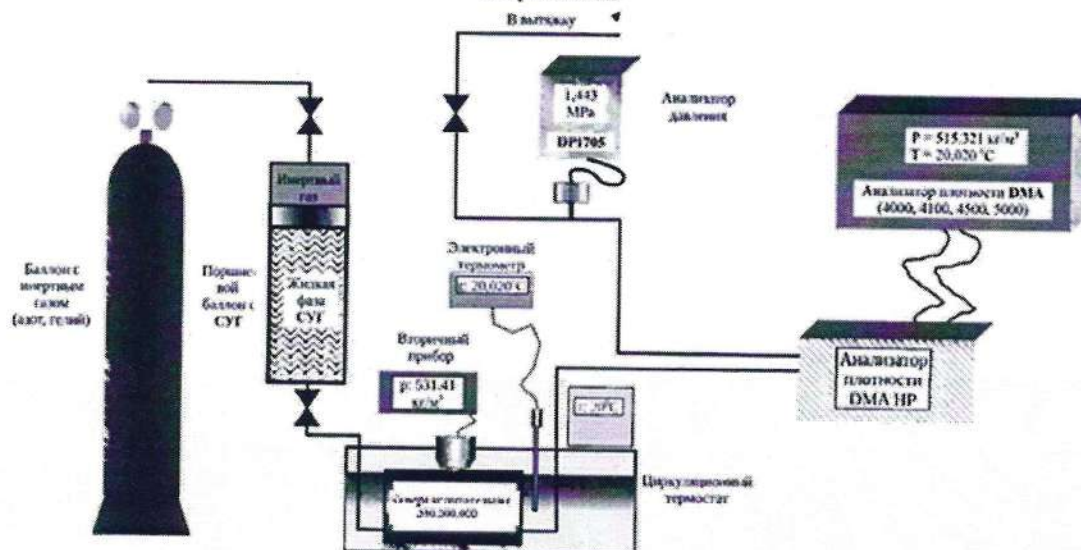


Схема подключения трубопроводов системы подачи пробы жидкости в измерительную ячейку анализатора плотности жидкостей DMA HP