

СОГЛАСОВАНО

**Директор ОП ГНМЦ
АО «Нефтеавтоматика»**



М.В. Крайнов

06 2024 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Установки поверочные CP-Compact-EXPERT

Методика поверки

НА.ГНМЦ.0803-24 МП

**г. Казань
2024 г.**

РАЗРАБОТАНА

Обособленным подразделением Головной научный
метрологический центр АО «Нефтеавтоматика» в
г. Казань

(ОП ГНМЦ АО «Нефтеавтоматика»)

ИСПОЛНИТЕЛИ:

Ильясов И.Ф.

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на установки поверочные СР-Compact-EXPERT (далее - УП) и устанавливает объем, порядок и методику проведения первичной и периодической поверок УП.

Примечания:

1 После ремонта калиброванного участка УП и (или) после замены одного (или нескольких) детектора(ов) проводят внеочередную поверку.

2 При внеочередной поверке, вызванной ремонтом калиброванного участка УП и (или) после замены одного (или нескольких) детектора (ов) операции по 10.4 не проводят.

3 В интервале между поверками УП допускается при необходимости проводить замену СИ температуры и давления, устанавливаемых на места для установки на входном и выходном коллекторах УП, с оформлением листа регистрации замены согласно приложению В. При замене СИ температуры и(или) давления проведение внеочередной поверки УП не требуется.

Максимальное значение диапазона измерений не может превышать максимального значения, указанного в описании типа УП.

Поверка УП осуществляется методом косвенных измерений в соответствии с требованиями части 2 Государственной поверочной схемы для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356, к Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма) ГЭТ 3-2020 при применении рабочих эталонов, заимствованных из других государственных поверочных схем.

Метод определения вместимости калиброванного участка УП основан на методе прямых измерений объема поверочной жидкости с применением мерника. Поверочную жидкость, вытесненную из УП при движении поршня по калиброванному участку от одного детектора до другого, направляют в мерник и измеряют ее объем.

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

Т а б л и ц а 1

Наименование характеристики	Значение характеристики
Номинальное значение вместимости измерительного участка, дм ³	от 20 до 650 ¹⁾
Диапазон объемного расхода жидкости, м ³ /ч	от 0,07 до 3900 ²⁾
Пределы допускаемой относительной погрешности (доверительные границы суммарной погрешности) при измерении (воспроизведении единицы) объема жидкости (вместимости) в потоке, %	±0,05
Среднее квадратическое отклонение случайной составляющей погрешности, %	±0,015
¹⁾ - Действительное значение вместимости калиброванного участка УП определяется при её поверке	
²⁾ - Конкретное значение указано в паспорте на УП	

2 Сокращения

В настоящем документе приняты следующие сокращения:

- ПК – персональный компьютер;
- ГПС – государственная поверочная схема;
- МХ – метрологические характеристики;
- ПР – преобразователь расхода;
- СИ – средства измерений;
- СОИ – система сбора и обработки информации;
- СКО – среднеквадратическое отклонение;
- УП – установка поверочная СР-Compact-EXPERT;
- ФИФ ОЕИ – федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

3 Перечень операций поверки средства измерений

3.1 При проведении поверки выполняют следующие операции, приведенные в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Наименование операции	Номер раздела документа по поверке	Проведение операции при	
		первичной поверке	периодической поверке
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке	8	Да	Да
Опробование	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	10	Да	Да

3.2 Поверку УП прекращают при получении отрицательных результатов при проведении той или иной операции.

4 Требования к условиям проведения поверки

4.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С 20±10;
- поверочная жидкость вода питьевая, дистиллированная;
- температура поверочной жидкости, °С 20±10.

П р и м е ч а н и е:

Допускается применять воду подземных и поверхностных источников, имеющих мутность не более 1500 мг/дм³, определяемую в химической лаборатории.

4.2 Подтверждение метрологических требований проводят при двух значениях поверочного расхода:

- при расходе Q_1 , м³/ч, определяют метрологические характеристики УП;
- при расходе Q_2 , м³/ч, проводят проверку отсутствия протечек поверочной жидкости.

4.2.1 Значение расхода Q_1 , при котором определяют метрологические характеристики УП, и значение расхода Q_2 , при котором выполняют контроль отсутствия протечек, устанавливают исходя из следующих условий:

- значения расхода Q_1 и Q_2 должны обеспечивать равномерное движение поршня УП;

- значение расхода Q_1 должно не менее чем в два раза превышать значение Q_2 ;

- значения расхода выбирают в пределах диапазона, в котором нормируются метрологические характеристики УП согласно описанию её типа.

4.2.2 Рекомендуются выбирать значение расхода Q_2 максимально приближенным к значению минимального расхода, указанного в эксплуатационном документе и описании типа на УП.

4.3 СИ температуры и давления, установленные на УП, должны быть утвержденного типа и поверены.

4.4 Наличие вблизи УП, мерника(ов), накопительной емкости или поверяемой УП нагревательных приборов или отопительных систем, способствующих одностороннему нагреванию мерника (накопительной емкости) или поверяемой УП, не допускается.

4.5 При проведении поверки необходимо исключить воздействие внешних вибраций и тряски, потоков воздуха, сквозняков.

4.6 Изменение температуры поверочной жидкости по абсолютной величине не должно превышать $0,2^{\circ}\text{C}$ за время наполнения мерника.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 Средства поверки приведены в таблице 3.

Т а б л и ц а 3

Наименование раздела методики поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Пример возможного средства поверки
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон 1-го разряда в соответствии с частью 3 ГПС, утвержденной приказом Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2356), с пределами допускаемой относительной погрешности $\pm 0,02 \%$.	Мерник металлический эталонный (№79857-20)
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	СИ температуры (датчик температуры, термометр) с пределами допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ (цена деления термометра $0,1^{\circ}\text{C}$ в соответствии с ГОСТ 28498)	Термометры ртутные стеклянные лабораторные ТЛ-4 (№303-91)
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	СИ избыточного давления (датчик давления, манометр) с пределами допускаемой приведенной погрешности не более $\pm 0,5 \%$ (класс точности 0,6)	Манометры МТИф (№64929-16)
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Колбы, цилиндры 1-го класса точности	Колбы мерные первого класса точности (№90598-23), Цилиндры мерные 1-го класса точности (№92794-24)

Продолжение таблицы 3

10 Определение метрологических характеристик средства измерений	СИ температуры воздуха с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры, находящаяся в пределах $\pm 1^{\circ}\text{C}$	Термометры стеклянные ТС-7П (№89481-23)
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	СИ времени (секундомер) с пределами допускаемой абсолютной погрешности измерений времени $\pm 1,0$ с	Секундомер механический однострелочный СО (№83109-21)

П р и м е ч а н и е:

Вместимость и количество мерников подбирают в зависимости от вместимости калиброванного участка УП.

6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки соблюдают требования, определяемые документами:

- в области охраны труда;
- в области промышленной безопасности;
- в области пожарной безопасности;
- в области соблюдения правильной и безопасной эксплуатации электроустановок;
- в области охраны окружающей среды.

6.2 Оборудование и СИ, используемые при поверке, должны иметь эксплуатационные документы.

6.3 Наибольшее давление при поверке не должно превышать значения, указанного в эксплуатационных документах на вспомогательное оборудование и СИ. Использование элементов монтажа или шлангов, не прошедших гидравлические испытания, запрещается.

6.4 Надписи и условные знаки, выполненные для обеспечения безопасной эксплуатации СИ и оборудования, должны быть читаемыми и доступными для осмотра и идентификации.

6.5 К СИ и используемому при поверке оборудованию обеспечивают свободный доступ. При необходимости предусматривают лестницы и площадки, соответствующие требованиям безопасности.

6.6 Освещенность должна обеспечивать отчетливую видимость применяемых СИ, снятие показаний СИ и соответствовать санитарным нормам.

6.7 При появлении течи и других ситуаций, нарушающих нормальный ход поверочных работ, поверку прекращают до устранения нарушений.

7 Внешний осмотр средства измерений

При внешнем осмотре поверяемой УП устанавливают:

- соответствие внешнего вида УП описанию и изображению, приведенному в описании типа;
- комплектность УП соответствует технической документации;

- на компонентах УП отсутствуют механические повреждения и дефекты покрытия, ухудшающие внешний вид и препятствующие применению;
- надписи и обозначения на компонентах УП четкие и соответствуют технической документации.
- отсутствие нарушений герметичности кабельных вводов в детекторы, видимых механических повреждений кабелей;
- целостность и отсутствие механических повреждений теплоизоляции калиброванного участка, соответствие состояния теплоизоляции требованиям эксплуатационной документации - для УП, эксплуатируемой при отрицательной температуре окружающей среды;
- целостность кожухов, защищающих детекторы от атмосферных осадков, соответствие состояния кожухов требованиям эксплуатационной документации - для УП, эксплуатируемых на открытом воздухе.

8 Подготовка к поверке

8.1 При проведении поверки установки применяют метод измерений вместимости калиброванного участка установки, основанный на том, что поверочную жидкость, вытесняемую из установки при движении поршня по измерительному участку от одного оптического детектора положения поршня до другого, направляют в мерник и измеряют ее объем.

8.2 При поверке установки определяют вместимости измерительного калиброванного участка УП, в режимах Downstream (по потоку) и Upstream (против потока). По заявлению владельца УП допускается определять только одно значение вместимости измерительного (калиброванного) участка УП.

8.3 Перед проведением поверки УП, которая находилась в эксплуатации, проверяют степень очистки ее внутренней поверхности. Чистоту внутренней поверхности установки после промывки считают удовлетворительной, если в пробе воды, отобранной из установки в стеклянный сосуд, отсутствуют следы нефти, нефтепродуктов, жидких углеводородов и т. д.

8.4 Подготовку средств поверки и УП к поверке осуществляют в соответствии с их эксплуатационными документами. Проверяют у средств поверки наличие действующих свидетельств об аттестации эталонов и/или наличие сведений о результатах поверки СИ, включенных в ФИФ ОЕИ.

8.5 Выполняют монтаж технологической схемы поверки в соответствии с требованиями эксплуатационных документов на УП, средства поверки и вспомогательное оборудование. Рекомендуемые схемы монтажа приведены на рисунках 1, 2 и 3. В рекомендуемые схемы монтажа допускается вносить изменения, не нарушающие технологический процесс поверки.

В приведенных схемах монтажа используются следующие обозначения:

Т, Р - СИ температуры и давления соответственно;

FE - ПР;

КР - кран регулирующий;

К - кран запорный;

Н - насос;

КЭ - кран электромагнитный;

Ф - фильтр;

Д1-Д2 - детекторы УП.

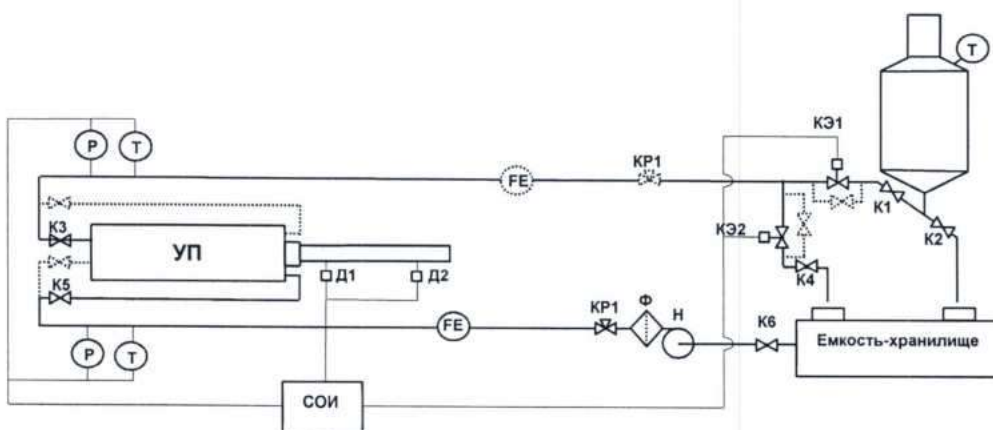


Рисунок 1 - Схема монтажа УП и средств поверки при использовании мерника с нижним заполнением

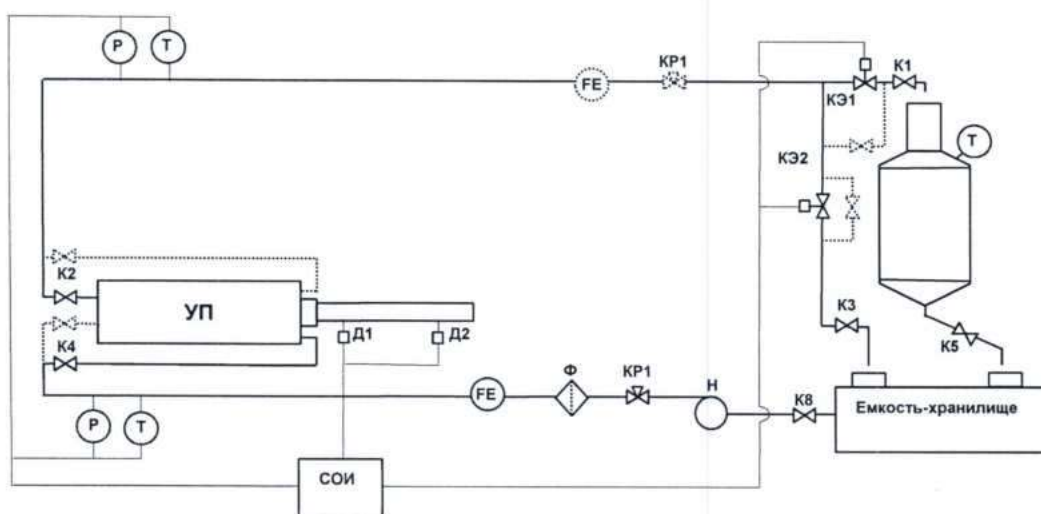


Рисунок 2 - Схема монтажа УП и средств поверки при использовании мерника с верхним заполнением

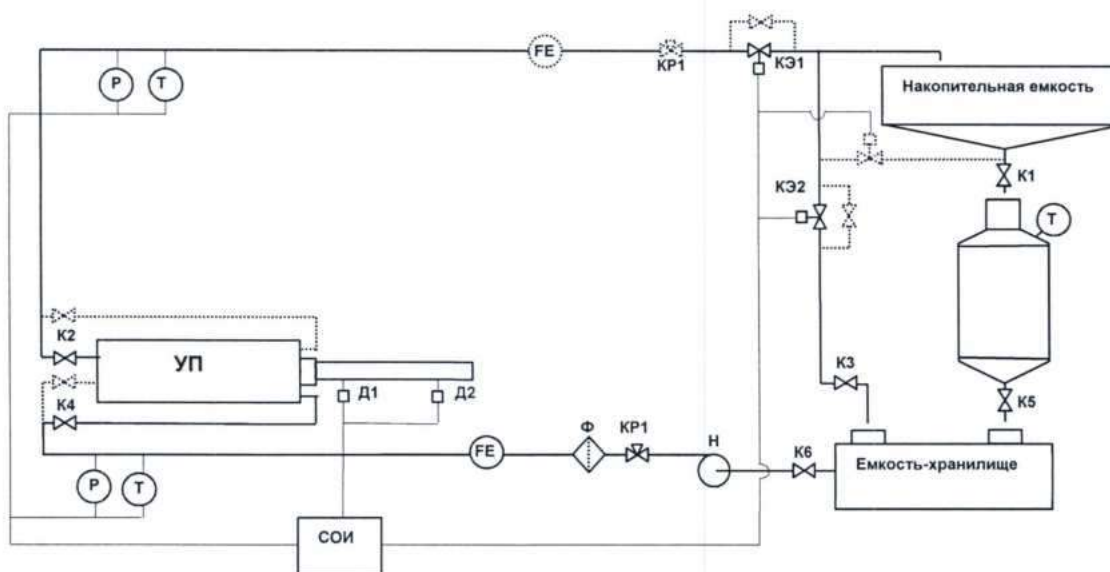


Рисунок 3 - Схема монтажа УП и средств поверки при использовании накопительной емкости и мерника с верхним заполнением

Заполняют технологическую схему поверки поверочной жидкостью. Проверяют герметичность технологической схемы поверки. Проверку проводят внешним осмотром. Схему считают герметичной, если спустя 10 мин после установления расхода и давления не наблюдается течи и капель через фланцевые, резьбовые, сварные соединения и сальники.

При применении для поверки накопительной емкости проверяют ее на герметичность и смачивают следующим образом: заполняют ее поверочной жидкостью и выдерживают 5 мин. Не допускаются течи поверочной жидкости и запотевания швов, течи или падение капель через кран сливной трубы.

Проверяют герметичность УП, соединительных трубопроводов и задвижек. Проверку производят внешним осмотром при выбранном значении поверочного расхода и давлении на выходе УП не менее 0,1 МПа. Систему считают герметичной, если через 10 мин после установления расхода и давления не наблюдается течи и капель поверочной жидкости через фланцевые, резьбовые и сварные соединения и сальники.

Стабилизацию температуры контролируют по показаниям СИ температуры, установленных на входе и выходе УП, на выходе мерника. Температуру считают стабильной, если ее изменение за время, необходимое для одного измерения (один проход поршня от одного детектора до другого или за одно заполнение мерника), по абсолютной величине не превышает 0,2°C.

При применении СОИ, имеющего соответствующее программное обеспечение (алгоритмы) для автоматической обработки результатов измерений, выполняют операцию подтверждения соответствия ПО заявленным идентификационным данным в соответствии с описанием типа СИ. В память СОИ вводят исходные данные согласно протоколу поверки или проверяют достоверность и правильность ранее введенных исходных данных.

9 Опробование УП

С помощью регулятора расхода устанавливают через технологическую схему поверки расход поверочной жидкости Q_1 . Установленное значение расхода контролируют по показаниям ПР с пределами допускаемой погрешности измерений до $\pm 5\%$. Допускается значение расхода определять по формуле

$$Q = \frac{V_0^{п.п}}{T_{уп}} \cdot 3600, \quad (1)$$

где $V_0^{п.п}$ - вместимость калиброванного участка поверяемой УП, определенная по результатам предыдущей поверки (из протокола предыдущей поверки), м³;

$T_{уп}$ - время прохождения поршнем УП калиброванного участка, с.

П р и м е ч а н и е:

При первичной поверке УП в формуле (1) вместо $V_0^{п.п}$ используют значение номинальной вместимости калиброванного участка УП из эксплуатационного документа.

Проверяют действие и взаимодействие компонентов технологической схемы поверки.

Выполняют пуск поршня УП. При прохождении поршнем первого по ходу детектора в СОИ должен начаться отсчет времени движения поршня T_i . При прохождении поршнем УП второго детектора отсчет времени T_i должен остановиться.

Результат считают положительным, если при визуальном контроле наблюдается переключение направления движения поверочной жидкости, а на дисплее СОИ наблюдается изменение счета времени.

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

10.1 Определение вместимости калиброванного участка при температуре 20°C и избыточном давлении 0 МПа.

10.1.1 Определение вместимости калиброванного участка УП V_0 , м³, выполняют для стандартных условий (при температуре 20 °С и избыточном давлении 0 МПа) выполняя семь измерений ($n=7$) для режимов, указанных в 8.2.

Вместимость калиброванного участка УП при стандартных условиях (температура 20°C, избыточное давление 0 МПа) при i -м измерении с использованием одного мерника, V_{0i} , м³, определяют по формуле

$$V_{0i} = \frac{V_{mi} \cdot Ctdw_i \cdot Ctsm_i}{Ctsp_i \cdot Cpsp_i \cdot Cplp_i}, \quad (2)$$

где V_{mi} - объем поверочной жидкости в мернике при i -м измерении, м³.

$Ctsp_i$ – поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок УП и инварового стержня (планки крепления детекторов) на вместимость калиброванного участка УП при i -м измерении;

$Cpsp_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления поверочной жидкости на вместимость калиброванного участка УП при i -м измерении;

$Ctsm_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок мерника на вместимость мерника при i -м измерении;

$Cplp_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на объем поверочной жидкости в УП при i -м измерении;

$Ctdw_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние разности температуры в мернике и УП на объем поверочной жидкости при i -м измерении.

Значение $Ctsp_i$ определяют по формуле

$$Ctsp_i = (1 + \alpha_k \cdot (\bar{t}_{yi} - 20)) \cdot (1 + \alpha_{пл} \cdot (t_{cti} - 20)), \quad (3)$$

где $\alpha_{пл}$ - коэффициент линейного расширения материала планки крепления детекторов или инварового стержня УП, 1/°С (принимают согласно приложению Г);

α_k - квадратичный коэффициент расширения материала стенок УП, 1/°С (принимают согласно приложению Г);

t_{cti} - температура окружающего воздуха возле детекторов УП, °С;

$\bar{t}_{yi}$ - среднее значение температуры поверочной жидкости в УП за i -е измерение, °С, определяемое по формуле

$$\bar{t}_{yi} = \frac{t_{yi \text{ вх}} + t_{yi \text{ вых}}}{2}, \quad (4)$$

где $t_{yi \text{ вх}}$, $t_{yi \text{ вых}}$ - температура на входе и выходе УП во время i -го измерения, °С.

Значение коэффициента $Cpsp_i$ определяют по формуле

$$Cpsp_i = 1 + \frac{D + \bar{P}_{yi}}{E \cdot S}, \quad (5)$$

где D - внутренний диаметр калиброванного участка поверяемой УП, мм (берут из эксплуатационного документа на УП);

E - модуль упругости материала стенок поверяемой УП, МПа (принимают согласно приложению Г);

s - толщина стенок УП, мм (берут из эксплуатационного документа УП);

$\bar{P}_{yi}$ - среднее значение давления в УП за i -е измерение, МПа, определяемое по формуле

$$\bar{P}_{yi} = \frac{P_{yi \text{ вх}} + P_{yi \text{ вых}}}{2}, \quad (6)$$

где $P_{yi \text{ вх}}$, $P_{yi \text{ вых}}$ - давление на входе и выходе УП во время i -го измерения, °С.

Значение коэффициента $Ctsm_i$ для температуры поверочной жидкости в мернике при i -м измерении $\bar{t}_{0mi}$, °С определяют по формуле

$$Ctsm_i = 1 + 3 \cdot \alpha_m \cdot (\bar{t}_{0mi} - 20) = 1 + \alpha_{m0} \cdot (\bar{t}_{0mi} - 20), \quad (7)$$

где α_m , α_{m0} - коэффициенты линейного и объемного расширения материала стенок мерника соответственно, 1/°С (принимают согласно приложению Г);

$\bar{t}_{0mi}$ - значение температуры поверочной жидкости в мернике при i -м измерении, °С.

Значение коэффициента $Cplp_i$ определяют по формуле

$$Cplp_i = \frac{1}{1 - \bar{P}_{yi} \cdot F}, \quad (8)$$

где F - коэффициенты сжимаемости воды, 1/МПа. $F = 49,1 \cdot 10^{-5}$ 1/МПа.

Значение коэффициента $Ctdw_i$ для значений плотности поверочной жидкости ρ_{mi} , ρ_{yi} определяют по формуле

$$Ctdw_i = \frac{\rho_{mi}}{\rho_{yi}}, \quad (9)$$

где ρ_{mi} , ρ_{yi} - значения плотности поверочной жидкости в мернике и в УП при i -м измерении, соответственно, кг/м³, определяют для значений температуры $\bar{t}_{0mi}$ и $\bar{t}_{yi}$ по формуле

$$\rho_i = 999,8395639 + 0,06798299989 \cdot t_i - 0,09106025564 \cdot t_i^2 + 0,0001005272999 \cdot t_i^3 - 0,000001126713526 \cdot t_i^4 + 0,00000000659 \cdot t_i^5 \quad (10)$$

Определяют среднее значение вместимости калиброванного участка УП при стандартных условиях (температура 20°С, избыточное давление 0 МПа), V_0 , м³, по формуле

$$V_0 = \frac{\sum_{i=1}^n V_{0i}}{n}, \quad (11)$$

где n - количество измерений при определении вместимости измерительного калиброванного участка УП ($n=7$).

Вместимость калиброванного участка УП при стандартных условиях (температура 20°С, избыточное давление 0 МПа) при i -м измерении с использованием более одного мерника, V_{0i} , м³, определяют по формуле

$$V_{0i} = \sum_{j=1}^{m_j} \sum_{k=1}^{m_k} V_{0mijk}, \quad (12)$$

где m_j - количество заполнений мерников за i -е измерение;
 m_k - количество мерников, используемых при j -м наполнении мерников;
 V_{0mijk} - объем поверочной жидкости в k -м мернике при i -м измерении и j -м наполнении при стандартных условиях (температура 20°C, избыточное давление 0 МПа), определяемое по формуле

$$V_{0mijk} = \frac{V_{mijk} \cdot Ctdw_{ijk} \cdot Ctstm_{ijk}}{Ctsp_{ijk} \cdot Cpsp_i \cdot Cplp_i}, \quad (13)$$

где V_{mijk} - объем поверочной жидкости в k -м мернике при i -м измерении и j -м наполнении, м³;

$Ctsp_{ijk}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние температуры стенок УП и инварового стержня (планки крепления детекторов) на вместимость калиброванного участка УП при i -м измерении и j -м наполнении k -го мерника, определяемый по формуле (3);

$Cpsp_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления поверочной жидкости на вместимость калиброванного участка УП при i -м измерении, определяемый по формуле (5);

$Cplp_i$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние давления на объем поверочной жидкости в УП при i -м измерении, определяемый по формуле (8);

$Ctdw_{ijk}$ - поправочный коэффициент, учитывающий влияние разности температуры в мернике и УП на объем поверочной жидкости при i -м измерении, определяемый по формуле (9);

$Ctstm_{ijk}$ - значение коэффициента, учитывающего влияние температуры стенок k -го мерника на объем мерника при i -м измерении и j -м наполнении k -го мерника определяют по формуле

$$Ctstm_{ijk} = 1 + 3 \cdot \alpha_m \cdot (t_{0mijk} - 20) = 1 + \alpha_{m0} \cdot (t_{0mijk} - 20), \quad (14)$$

где t_{0mijk} - значение температуры поверочной жидкости в k -м мернике, °C.

Если при наполнении какого-либо мерника уровень поверочной жидкости окажется выше (ниже) отметки шкалы, то

$$V_{mijk} = V_{mniijk} + \Delta V_{mniijk}, \quad (15)$$

где V_{mniijk} - объем поверочной жидкости в k -м мернике, соответствующий отметке номинальной вместимости мерника на шкале или горловине мерника при i -м измерении и j -м наполнении, м³;

ΔV_{mniijk} - объем отклонения от номинальной вместимости в k -м мернике, определяемый по шкале мерника или при сливе в мерную посуду (при доливке из мерной посуды, с обратным знаком) поверочной жидкости, м³.

10.2 Определение относительной погрешности (доверительных границ суммарной погрешности) определения вместимости УП

10.2.1 СКО случайной составляющей погрешности УП S_{0y} , %, определяют по формуле

$$S_{0y} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{0i} - V_0)^2}{n-1}} \cdot \frac{100}{V_0} \quad (16)$$

Проверяют выполнение условия:

$$S_{0y} \leq 0,015 \% \quad (17)$$

В случае невыполнения условия (17) выявляют и устраняют причины, выявляют промахи в соответствии с приложением Д.

Допускают не более одного промаха. В противном случае поверку прекращают. После исключения промаха выполняют дополнительное измерение.

Проводят повторное определение СКО случайной составляющей погрешности УП по (16) и проверку выполнения условия (17). При повторном невыполнении условия (17) поверку прекращают.

10.2.2 Определяют границы суммарной систематической составляющей погрешности УП $\theta_{\Sigma 0}$, %, по формуле

$$\theta_{\Sigma 0} = |\theta_m| + |\theta_t|, \quad (18)$$

где θ_m - пределы допускаемой основной относительной погрешности мерника, %;
 θ_t - границы составляющих неисключенных систематических погрешностей, обусловленных погрешностью измерений температуры, %, вычисляемые по формулам:

$$\theta_t = \beta_{\text{ж}} \cdot \sqrt{\Delta t_0^2 + \Delta t_y^2} \cdot 100, \quad (19)$$

где $\beta_{\text{ж}}$ - коэффициент объемного расширения поверочной жидкости, $1/^\circ\text{C}$ (для воды $\beta_{\text{ж}} = 2,6 \cdot 10^{-4} 1/^\circ\text{C}$);

Δt_0 - пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры при измерении температуры поверочной жидкости в поверяемой УП, $^\circ\text{C}$;

Δt_y - пределы допускаемой абсолютной погрешности СИ температуры при измерении температуры поверочной жидкости в мернике, $^\circ\text{C}$;

10.2.3 Определяют границы случайной составляющей погрешности определения среднего значения вместимости УП θ_{V0} , %, по формуле

$$\theta_{V0} = t_{0,99} \cdot S_x, \quad (20)$$

где $t_{0,99}$ - квантиль распределения Стьюдента при доверительной вероятности $p = 0,99$ и числе измерений n (при $n = 7$ принимают равным 3,707);

S_x - СКО среднего арифметического среднего значения вместимости УП, %, определяемое по формуле

$$S_x = \frac{S_0}{\sqrt{n}} \quad (21)$$

10.2.4 Определяют относительную погрешность (доверительные границы суммарной погрешности) определения вместимости УП δ_0 , %, по формуле

$$\delta_0 = K \cdot S_{\Sigma}, \quad (22)$$

где S_{Σ} - СКО суммы неисключенных систематических и случайных

погрешностей, %, определяют по формуле

$$S_{\Sigma} = \sqrt{S_{\Theta}^2 + S_x^2}, \quad (23)$$

S_{Θ} - СКО суммы составляющих неисключенной систематической погрешности, %, определяют по формуле

$$S_{\Theta} = \frac{\Theta_{\Sigma 0}}{\sqrt{3}} \quad (24)$$

K - коэффициент для нахождения доверительных границ суммы случайных и неисключенных систематических погрешностей, определяют по формуле

$$K = \frac{\Theta_{V0} + \Theta_{\Sigma 0}}{S_{\Theta} + S_x}. \quad (25)$$

Проверяют выполнение условия

$$\delta_0 \leq 0,05 \quad (26)$$

Результаты поверки УП являются положительными, если выполняется условие (26).

10.3 Проверка отсутствия протечек

10.3.1 Регулятором расхода устанавливают значение расхода Q_2 , выбранное для проверки отсутствия протечек в соответствии с 4.2.

10.3.2 Выполняют три измерения по 10.1 и определяют вместимость калиброванного участка УП при стандартных условиях (температура 20°C, избыточное давление 0 МПа), $V_{0i}^{\text{прот}}$, м³, по формуле (2).

10.3.3 Определяют по формуле (11) среднее значение вместимости калиброванного участка УП при стандартных условиях (температура 20°C, избыточное давление 0 МПа), $V_0^{\text{прот}}$, м³.

10.3.4 Определяют относительное отклонение вместимости калиброванного участка УП $V_0^{\text{прот}}$ от значения, полученного при определении метрологических характеристик УП, δ_V , %, по формуле

$$\delta_V = \frac{V_0^{\text{прот}} - V_0}{V_0} \cdot 100 \quad (27)$$

10.3.5 Проверяют выполнение условия

$$|\delta_V| \leq 0,0175 \quad (28)$$

При невыполнении условия (28) проводят анализ результатов измерений.

Если $\delta_V > 0$ и $|\delta_V| > 0,0175$, то это свидетельствует о наличии протечек поверочной жидкости в УП и необходимости их устранения.

Если $\delta_V < 0$ и $|\delta_V| > 0,0175$, то это свидетельствует о допущенных ошибках при выполнении измерений и необходимости повторения измерений после устранения причин, вызвавших ошибки.

10.4 Определение относительного отклонения вместимости калиброванного участка УП от значения, полученного при предыдущей поверке

10.4.1 Относительное отклонение вместимости калиброванного участка УП от значения вместимости, полученного при предыдущей поверке, δ_{00} , %,

определяют по формуле

$$\delta_{00} = \frac{V_0 - V_0^{п.п}}{V_0} \cdot 100, \quad (29)$$

где $V_0^{п.п}$ - значение вместимости калиброванного участка УП, определенное по результатам предыдущей поверки, м³.

Примечание:

При первичной поверке или после ремонта УП δ_{00} не определяют.

Проверяют выполнение условия

$$\delta_{00} \leq |0,05| \% \quad (30)$$

При невыполнении условия (26) анализируют полученные результаты, устраняют причины возникновения и проводят повторную поверку УП. При повторном невыполнении условия (26) поверку прекращают.

Примечания:

1 Вычисления по п.п. 10.1 – 10.4 проводят автоматически при наличии в СОИ соответствующей программы, аттестованной в установленном порядке.

2 Вычисления по п.п. 10.1 – 10.4 допускается проводить на ПК, используя электронные таблицы «Excel», при этом результаты измерений вводят с клавиатуры.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При положительных результатах поверки оформляется протокол поверки форма которого приведена в приложении А. К протоколу прилагают перечень средств измерений и детекторов, установленных на УП, оформленный по форме, приведенной в приложении Б. Установка пломб на УП осуществляется согласно ее описанию типа. Для исключения возможности несанкционированных настройки и вмешательства, которые могут привести к изменению вместимости (объема) измерительного участка, производится пломбировка кожуха блока оптических детекторов положения поршня. Установка пломбы осуществляется нанесением знака поверки давлением на свинцовую (пластмассовую) пломбу с нанесением знака поверки, установленную на контровочную проволоку, согласно схеме приведенной в ОТ.

11.2 В случае отрицательных результатов поверки СИ оформляется извещение о непригодности к применению СИ.

11.3 Свидетельство о поверке или извещение о непригодности оформляют в соответствии с действующим порядком проведения поверки СИ на территории РФ.

Сведения о результатах поверки, передаются в ФИФ ОЕИ.

Примечания:

1 За значение нижнего диапазона измерений УП принимается расход $Q^{прот}$, при котором проверялось отсутствие протечек поверочной жидкости.

За значение верхнего диапазона измерений УП принимается наибольший расход УП, значение которого приведено в описания типа УП.

2 Значения вместимости, м³, записывают, вычисляют и заносят в протокол поверки до семи знаков после запятой.

3 Расход, м³/ч, измеряют (или вычисляют) и записывают в протокол поверки с одним знаком после запятой.

4 Температуру, °С, и давление, МПа, измеряют (вычисляют) и заносят в протокол поверки с двумя знаками после запятой.

5 Время, с, измеряют с двумя знаками после запятой.

- 6 Значения поправочных коэффициентов вносят в протокол поверки округленными до шестого знака после запятой.
- 7 Значение СКО случайной составляющей погрешности, %, вносят в протокол поверки округленными до третьего знака после запятой.
- 8 Значения погрешностей, %, и СКО случайной составляющей погрешности, %, вычисляют до четвертого знака после запятой, в протокол поверки записывают значения, округленные до трех знаков после запятой.
- 9 Значение относительного отклонения вместимости калиброванного участка УП, определяемое по (23) в протокол поверки записывают до четырех знаков после запятой.

Приложение А
(рекомендуемое)
Форма протокола поверки

Тип поверяемой УП: _____, Тип мерника: _____, Температура воздуха: _____ °C
 Заводской №: _____, Заводской №: _____, Температура жидкости: _____ °C
 Место проведения поверки: _____, Поверочный расход, м³/ч: $Q_1 =$
 Поверочная жидкость: _____, $Q_2 =$

Таблица А.1 - Исходные данные

$V_M, \text{ м}^3$	$\alpha_M (\alpha_0), \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$D, \text{ мм}$	$S, \text{ мм}$	$E, \text{ МПа}$	$\alpha_{пл}, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha_K, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$\alpha_{пл}, \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$	$t_{0,99}$	$\theta_M, \%$	$\beta_{ж}, 1/^\circ\text{C}$	$F, 1/\text{МПа}$

Таблица А.2 - Результаты измерений и вычислений

Направление движения поршня	Номера измерений (i)	Мерник			УП			$Ctsp_i$	$Cpsp_i$	$Ctsm_i$	$Cplp_i$	$Ctdw_i$	$V_{0i}, (V_{0i}^{прот}), \text{ м}^3$	$(V_{0i} - V_0)^2$
		$V_{Mi}, \text{ м}^3$	$\bar{t}_{0Mi}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\bar{t}_{yi}, \text{ } ^\circ\text{C}$	$\bar{P}_{yi}, \text{ МПа}$	$t_{cTi}, \text{ } ^\circ\text{C}$								
	1													
														
	7													
Проверка отсутствия протечек														
	1													
	2													
	3													

Приложение А

Таблица А.3 - Результаты проверки

[illegible]

Закключение: По результатам _____ поверки УП к дальнейшей эксплуатации _____
(первичной, периодической) (пригодна, не пригодна)

Поверитель:	должность, организация	подпись	инициалы, фамилия
-------------	------------------------	---------	-------------------

Дата поверки:

Приложение Б
(обязательное)

Перечень средств измерений и детекторов, установленных на УП

(приложение к протоколу поверки от « ____ » _____ 20__ г. № _____)

Наименование средств измерений	Тип, марка	Заводской номер	Дата поверки	Номер свидетельства о поверке*
Средства измерений температуры:				
Средства измерений давления:				
Детекторы				
		—	—	—
* Заполняется при наличии свидетельства о поверке				

Подпись лица, проводившего поверку _____ (Ф.И.О)

Дата поверки: « ____ » _____ 20__ г.

(обязательное)

Лист регистрации замены средств измерений, установленных на УП типа _____ зав. № _____
в интервале между поверками УП _____

[illegible]

Дата поверки: « _____ » _____ 20__ г.

Приложение Г (справочное)

Значения коэффициентов линейного, квадратичного и объемного расширений, модулей упругости материала стенок УП и мерника

Коэффициенты линейного, квадратичного и объемного расширений, модули упругости материала стенок УП и мерника определяют по таблице Г.1.

Таблица Г.1

Материал	$\alpha_{\text{л}} (\alpha_{\text{пл}}, \alpha_{\text{м}}), 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_{\text{к}}, 1/^\circ\text{C}$	$\alpha_0, 1/^\circ\text{C}$	$E, \text{МПа}$
Сталь углеродистая	$1,12 \cdot 10^{-5}$	$2,23 \cdot 10^{-5}$	$3,35 \cdot 10^{-5}$	$2,068 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 304	$1,73 \cdot 10^{-5}$	$3,46 \cdot 10^{-5}$	$5,18 \cdot 10^{-5}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая 316	$1,58 \cdot 10^{-5}$	$3,19 \cdot 10^{-5}$	$4,77 \cdot 10^{-5}$	$1,931 \cdot 10^5$
Сталь нержавеющая РН 17-4 SS	$1,08 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-5}$	$3,24 \cdot 10^{-5}$	$1,965 \cdot 10^5$
Инвар	$1,44 \cdot 10^{-6}$			
П р и м е ч а н и е: Если в эксплуатационных документах на УП и мерник приведены конкретные значения $\alpha_{\text{пл}}, \alpha_{\text{л}}, \alpha_{\text{м}}, \alpha_{\text{к}}, \alpha_0$ и E, то для расчетов используют приведенные значения.				

Приложение Д

(справочное)

Методика анализа результатов измерений и выявления промахов

При получении выборки из 7 результатов измерений вместимости УП: $V_{01}, V_{02}, \dots, V_{0i}$. Вначале необходимо выделить значения, резко отличающиеся от остальных, и попытаться выяснить причину их появления (ошибки, допущенные при измерениях, неисправность используемых СИ, несоблюдение условий поверки, которые повлияли на результаты и т.д.). Если причина будет установлена, то результаты могут быть аннулированы и измерения проведены вновь после устранения причин.

Если причину выявить не удастся, то проверяют аномальность указанных значений следующим образом:

- определяют относительное СКО (S_n)

$$S_n = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (V_{0i} - V_0)^2}{n-1}}, \quad (\text{Д.1})$$

- для каждого измерения определяют соотношение

$$u_i = \left| \frac{V_{0i} - V_0}{S_n} \right|, \quad (\text{Д.2})$$

- для ряда значений " u_i ", вычисленных по (Д.2), выбирают максимальное " $u_{i \max}$ " и " $u_{i \min}$ ", которые сравнивают с величинами " $h_{\max}$ " и " $h_{\min}$ ", соответственно.

Для объема выборки из 7 измерений $h_{\max} = 2,139$, $h_{\min} = 2,020$.

Если $u_{i \max} \geq 2,139$ и $u_{i \min} \leq 2,020$, то сомнительные результаты должны быть исключены из выборки как промахи.