

**ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ
(ФГУП "ВНИИМС")**

УТВЕРЖДАЮ
Заместитель директора
ФГУП "ВНИИМС"



В.Н. Яншин

06

2015 г.

УСТРОЙСТВО РАСХОДОМЕРНОЕ УР-1.0

Методика поверки

г.р. 61833-15

2015 г.

Настоящий документ распространяется на устройство расходомерное УР-1.0 (далее УР), и устанавливает методику первичной и периодической поверок.

УР подлежит первичной поверке при выпуске из производства и после ремонта и периодической поверке в процессе эксплуатации и хранения.

Поверку УР проводят организации, аккредитованные на право поверки согласно ПР 50.2.014.

Межповерочный интервал – не более 2 лет.

Периодическую поверку УР рекомендуется проводить в реальных условиях эксплуатации – на испытательных стендах, где установлены регуляторы расхода газа (РРГ).

1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1

№	Наименование операции	Номер пункт методики поверки	Проведение операции при	
			первичной поверке	периодической поверке
1	Проверка соответствия документации, внешнего вида, комплектности, маркировки	4.1	да	да
2	Проверка герметичности внутренних газовых объёмов УР.	4.2	да	да
3	Определение объёмов V_1 и V_2 мерной колбы и погрешности их измерения	4.3	да	да
4	Определение внутренних газовых объёмов мерного блока УР и погрешности их измерения	4.4	да	да
5	Определение относительной погрешности измерения интервалов времени	4.5	да	да
6	Определение диапазона расходов		да	нет
7	Определение погрешности объемного расхода газа	4.6	да	да
8	Определение относительной погрешности канала измерения напряжения	4.7	да	да
9	Идентификация программного обеспечения (ПО)	5	да	да
10	Проверка конструкции средства измерений		да	нет

2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

2.1. При проведении поверки применяют средства измерений, испытательное оборудование и вспомогательные средства:

- Весы лабораторные электронные CAS модель CAUX 220. Погрешность: до 50 г ± 1 мг; от 50 до 200 г ± 2 мг;
- Термометр ртутный стеклянный лабораторный, ТЛ-4 № 2 зав №579, ТУ 25-2021.003-88, ц.д. 0,1 °С; от 0 до плюс 55 °С; 1 класс.
- Барометр БРС-1М-1, 6Г2.832.037 ТУ; от 60 кПа до 110 кПа, погрешность ± 33 Па
- Термогигрометр электронный "CENTER-310". Относительная влажность (при температуре 25 °С) ПГ $\pm 2,5$ %. Температура ПГ $\pm 0,7$ °С
- Частотомер электронно-счётный ЧЗ-63/1, диапазон измеряемых промежутков времени от 0,1 до 10^4 с, пределы допускаемого относительного отклонения частоты кварцевого генератора $\pm 5 \cdot 10^{-7}$.
- Компаратор напряжений Р3003, класс точности 0,0005, от 10 нВ до 11,111110 В.

2.2. Допускается использовать другие средства поверки, обеспечивающие измерение параметров с требуемой точностью.

2.3. Средства измерений должны быть поверены, испытательное оборудование - аттестовано. Средства измерений, входящие в состав устройства, должны быть поверены и иметь действующие свидетельства о поверке.

2.4. Перечисленные средства измерений и испытательное оборудование должны работать в нормальных для них условиях, оговоренных в соответствующей нормативной документации.

3. УСЛОВИЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 Требования безопасности

3.1.1 При подготовке и выполнении измерений должны соблюдаться требования "Правила ПТЭ и ПТБ электроустановок потребителей" до 1000 В.

3.1.2 При подготовке и выполнении измерений должны соблюдаться требования, изложенные в соответствующей стендовой эксплуатационной документации.

3.2. Требования к квалификации оператора

3.2.1 К выполнению измерений и их обработке допускаются лица:

- имеющие высшее специальное образование;
- изучившие конструкцию и принципы работы УР и другого оборудования используемого при проведении данных работ;
- освоившие работу на персональных вычислительных машинах с программным обеспечением, которое используется при выполнении подготовительных работ и проведении измерений по данной методике;
- ознакомленные с принципом действия, конструкцией изделия, эксплуатационной документацией на испытательное оборудование, прошедшие инструктаж по технике безопасности и имеющие право работы с электроустановками напряжением до 1000 В с группой не ниже 3, а также имеющие право работы с сосудами высокого давления.

3.3 Требования к помещениям

3.3.1 Все виды работ с используемым оборудованием проводить при нормальных климатических условиях (ГОСТ 15150-69):

- температура окружающей среды от 15 до 35 °С;
- атмосферное давление от 84,0 до 107 кПа (от 630 до 800 мм рт. ст.);
- относительная влажность до 80 %.

3.3.2 В помещениях должны обеспечиваться следующие условия:

- стабильность атмосферного давления;
- стабильность температуры окружающего воздуха;
- отсутствие вибраций и других факторов влияющих на стабильность измерений.

3.4 Требования к применяемым технологическим газам и жидкостям

3.4.1 Газы должны соответствовать:

- газообразный ксенон по ГОСТ 10219;
- газообразный аргон по ТУ21-12.

3.4.2 Жидкости должны соответствовать:

- вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

3.5 Средства измерений и вспомогательное оборудование

3.5.1 Метрологическое обеспечение работ должно соответствовать ГОСТ РВ 1.1

3.5.2 При проведении работ применяют оборудование аттестованное в соответствии с ГОСТ Р 8.568, поверенные или прошедшие калибровку средства измерений.

3.5.3 Пригодность измерительных приборов и контрольно-измерительных инструментов должна быть подтверждена наличием на приборах специальных отметок или указаниями в паспортах.

3.6 Подготовка УР к поверке

3.6.1 Устанавливают УР на горизонтальную поверхность, отклонение вертикальной оси УР на угол не более 5° и выдерживают УР при данной местной температуре в течение полутора – двух часов.

Перечень сокращений, условных обозначений и терминов.

БПУ УР	- блок питания и управления устройства расходомерного;
РРГ	- регулятор расхода газа;
ИПУ РРГ	- источник питания и управления РРГ;
УР	- устройство расходомерное;
ЗУ РМ	- запорное устройство рабочей магистрали;
ЗУ ГМ	- запорное устройство градуировочной магистрали;
Л	- лазер;
МК	- мерная стеклянная колба;
МБ УР	- мерный блок устройства расходомерного;
НКУ	- нормальные климатические условия;
РШК	- расширительная камера;
РДК	- разделительная камера;
ДВ	- дистиллированная вода;
ПК	- персональный компьютер;
РТ	- рабочее тело;
СПРТ	- система подачи рабочего тела;
ФУЖ	- фотоэлектрический определитель уровня жидкости;
ФР	- фоторезистор;
ЭК	- электромагнитный клапан;
ЭР	- электромагнитное реле;
V _р	- внутренний газовый объем МБ УР
V ₁	- объем № 1 мерной колбы;
V ₂	- объем № 2 мерной колбы;
-0 -1 -2	- индексы, обозначающие соответственно начальные и конечные сечения объемов №1 и №2 мерной колбы, в которых установлены ФУЖ.

4. ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

4.1 Проверка соответствия документации, внешнего вида, комплектности, маркировки.

При проверке устанавливают:

- отсутствие механических повреждений и других повреждений устройства, препятствующих проведению поверки;

- соответствие комплектности устройства технической документации на него;

- соответствие маркировки и надписей требованиям эксплуатационной документации.

Результаты проверки считаются положительными, если вышеуказанные пункты выполняются.

4.2 Проверка герметичности внутренних газовых объёмов устройства.

Проверку герметичности внутренних газовых объёмов проводят путём заполнения их рабочим газом с абсолютным давлением выше атмосферного, но не более 110 кПа.

Контроль ведется по показаниям барометра БРС-1М, установленного непосредственно в устройстве.

Результаты проверки считаются положительными, если падения давления не наблюдается.

4.3 Определение объёмов мерной колбы и погрешности их измерений.

Объём V_1 определяют по массе дистиллированной воды (ДВ), заключённой между начальным и конечным сечениями V_1 .

Определение массы ДВ проводят по схеме, представленной на рисунке 1.

4.3.1 Дистиллированную воду по ГОСТ 6709 в технологическом сосуде помещают рядом с МБ УР на два-три часа, чтобы температура воды в технологическом сосуде и температура МК были одинаковы (рисунок 1).

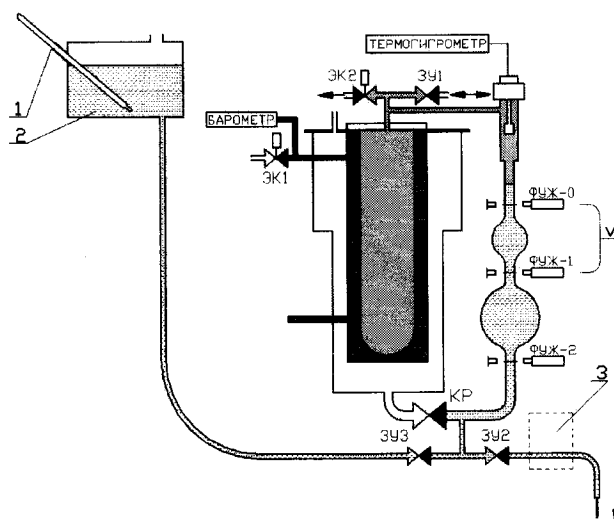


Рисунок 1. Принципиальная схема для определения массы ДВ в объёме V_1 .

1 – термометр ТЛ-4 № 2; 2 – технологический сосуд с ДВ; 3 – запорное устройство с электромагнитным реле (ЭР).

Уровень ДВ в технологическом сосуде выше уровня воды в МК в исходном состоянии. В технологическом сосуде с ДВ установлен термометр ТЛ-4 № 2 для определения температуры воды в процессе получения пробы массы воды. При получении пробы массы ДВ объёмов V_1 и V_2 мерной колбы используется специальная программа для управления электромагнитным реле (3). Сливной резиновый шланг заканчивается капиллярной трубкой с

внутренним диаметром (0,3 - 0,5) мм. Капиллярная трубка необходима для того, чтобы при пережатии коромыслом резиновой трубки вода не вытекала из сливного шланга.

В исходном состоянии уровень воды в МК находится выше уровня, в котором расположен ФУЖ-0. Для получения пробы ДВ, коромысло "взводится" из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК (рисунок 2), при этом, уровень ДВ понижается. При срабатывании ФУЖ-0 выдаётся импульс на включение ЭР (2). При включении ЭР, сердечник (3), на котором покоится коромысло с грузом (4), втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

Под сливной шланг устанавливают предварительно подготовленную мерную тару (1) для сбора пробы массы воды. Мерная тара – пластиковый стаканчик, покрытый пищевой плёнкой для предотвращения испарения ДВ в процессе и после наполнения пробы. Массу мерной тары определяют взвешиванием на весах. Коромысло "взводится" из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК в мерную тару. Вода из V_1 поступает в мерную тару.

При прохождении уровня воды через сечение, в котором расположен ФУЖ-1,

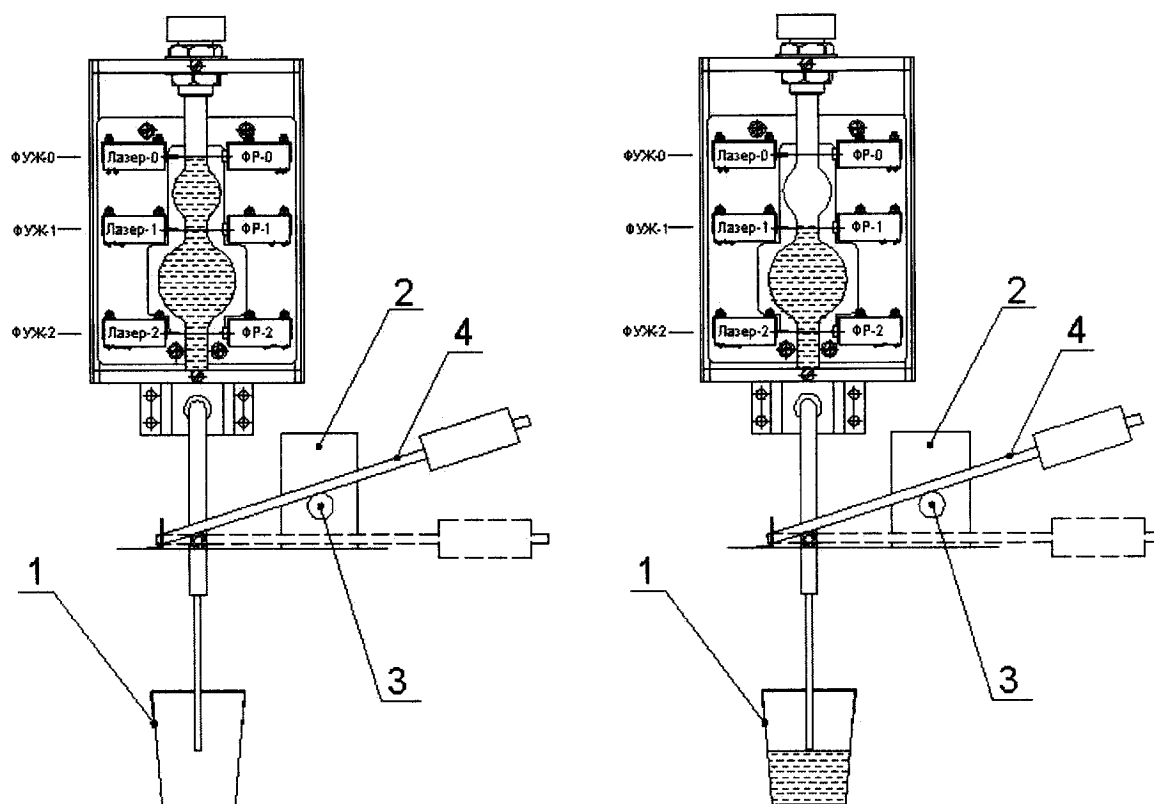


Рисунок 2 - Схема работы запорное устройство с электромагнитным реле (ЭР).

выдаётся импульс на включение ЭР. При включении ЭР сердечник, на котором покоится коромысло с грузом, втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

Мерная тара извлекается из-под сливного шланга, отверстие в пищевой плёнке заклеивается кусочком скотча (масса скотча входит в массу мерной тары), и затем повторно взвешивается для определения массы пробы ДВ в мерной таре.

4.3.2 Процедура получения пробы массы ДВ для объёма V_1 между сечениями ФУЖ-0 и ФУЖ-1 осуществляют в следующем порядке:

4.3.2.1 Открывают ЗУЗ (рисунок 1) и заполняют ДВ весь объём МК таким образом, чтобы в объёме не образовалось воздушных пузырей (несколько раз проливают объём -

заполняют шланг, капиллярную трубку и МК), а затем, коромыслом перекрывают резиновый шланг, чтобы уровень воды находился выше уровня ФУЖ-0 на (10 - 20) мм.

4.3.2.2 Закрывают ЗУЗ.

4.3.2.3 На панели управления УР включают клавишу "лазер" и устанавливают управление ЭР на срабатывание от ФУЖ-0.

4.3.2.4 Открывают шланг, установив коромысло с грузом на подвижный сердечник ЭР, – вода из МК сливается в технологический сосуд. При прохождении мениска воды через луч лазера выдается импульс на включение ЭР. Сердечник ЭР, на котором покоится коромысло с грузом, втягивается, коромысло освобождается и пережимает сливной шланг.

4.3.2.5 Убирают технологический сосуд.

4.3.2.6 Капиллярной трубкой протыкают пищевую плёнку, покрывающую предварительно взвешенную мерную тару и устанавливают трубку таким образом, чтобы, при заполнении водой, срез капиллярной трубки находился под зеркалом воды.

4.3.2.7 Открывают шланг, установив коромысло с грузом на подвижный сердечник ЭР, – вода из объёма V_1 сливается в мерную тару. При прохождении мениска воды через луч лазера ФУЖ-1 выдается импульс на включение ЭР. Сердечник ЭР, на котором покоится коромысло с грузом, втягивается, коромысло освобождается и пережимает сливной шланг.

4.3.2.8 После пережима шланга, извлекают капиллярную трубку из мерной тары и кусочком скотча заклеивают отверстие в пищевой плёнке.

4.3.2.9 Определяют массу пробы ДВ в мерной таре путём повторного взвешивания на весах.

4.3.2.10 Массу воды определяют с точностью ± 1 мг, а температура воды с точностью $\pm 0,1$ °С, используя термометр ТЛ-4 № 2.

4.3.3 Повторяют п. 4.3.2 для набора статистики 20 – 25 раз. Определяют среднее значение и рассчитывают случайную составляющую погрешности по методике п. 4.3.5. По значению плотности ДВ при температуре ДВ во время измерений определяют значение объёма V_1 между сечениями ФУЖ-0 и ФУЖ-1.

4.3.4 Повторяют п. 4.3.2 и 4.3.3 для объёма V_2 между сечениями ФУЖ-0 и ФУЖ-2.

4.3.5 Методика расчёта объёмов мерной колбы.

По полученному массиву данных измерения массы ДВ и её температуры проводят расчёт плотности ДВ по формуле, соответствующей таблице плотности, согласно ГСССД 98-86

$$\rho = 999,951 + 0,052t - 7,654 \cdot 10^{-3} t^2 + 3,833 \cdot 10^{-5} t^3, \text{ [кг/м}^3\text{]}$$

где t – температура воды, °С.

По полученной плотности и данным измерений массы ДВ рассчитывают значения объёмов мерной колбы и погрешности их измерений в следующей последовательности в соответствии с ГОСТ 8.207:

Среднее арифметическое результатов наблюдений

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{A.1})$$

Оценка среднего квадратического отклонения результата измерения

$$s = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{A.2})$$

Оценивают наличие грубых промахов и исключают их по условию

$$\max_{i=1..n} \frac{|X_i - \bar{X}|}{S^*} \geq T(0.05, n) \quad (A.3)$$

Рассчитывают новое среднее значение результата измерения по формуле (A.1) и определяют оценку его среднего квадратического отклонения по формуле (A.2)

Доверительные границы случайной погрешности определяют по формуле

$$\delta_{сл} = \pm t(P, f) \cdot S, \text{ где } P=0,95, \text{ а } f=n-1 \quad (A.4)$$

Вычисляют относительную случайную составляющую погрешности измерений

$$\varepsilon_{сл} = \pm \delta_{сл} / V_{1cp} \cdot 100\% \quad (A.5)$$

Вычисляют относительную систематическую составляющую погрешности измерений

$$\varepsilon_{сист} = \pm (\varepsilon_m^2 + \varepsilon_p^2)^{1/2} \cdot 100\% \quad (A.6)$$

где $\varepsilon_m = \delta_m / m$, $\varepsilon_p = \delta_p / p$

Относительную погрешность объема V_1 и V_2 определяют расчётным методом по формуле

$$\varepsilon = (\varepsilon_{сл}^2 + \varepsilon_{сист}^2)^{1/2}, \quad (A.7)$$

где

$\varepsilon_{сл}$ – случайная составляющая погрешности измерений;

$\varepsilon_{сист}$ – систематическая составляющая погрешности приборов.

УР считают выдержавшим поверку по данному параметру, если относительная погрешность определения объема V_1 мерной колбы не превышает $\pm 0,25$ %, объема V_2 мерной колбы не превышает $\pm 0,1$ %.

4.4. Определение внутреннего газового объема мерного блока УР

При поверке необходимо контролировать постоянство температуры и постоянство влажности, равной 100 %, в воздушной полости разделительной камеры УР.

4.4.1 Определение внутреннего газового объема V_p МБ УР газодинамическим способом.

Внутренний газовый объем V_p МБ УР определяют по закону Бойля – Мариотта по формуле

$$P_1 V_1 = P_2 V_2$$

По известной величине объема V_1 мерной колбы, начального и конечного давления в газовой полости определяют внутренний газовый объем V_p МБ УР.

Принципиальная схема по определению V_p представлена на рисунке 3.

При определении объема V_p МБ УР используют специальную программу для управления электромагнитным реле (ЭР). При прохождении мениска воды через сечение в котором установлен ФУЖ электронная система выдает электрический импульс, в результате которого срабатывают определенные системы.

В исходном состоянии (рисунок 3, положение 1) – КР перекрыт, уровень жидкости находится ниже уровня в котором установлен ФУЖ-1, давление в газовом объеме – атмосферное, дренажные ЭК1 и ЭК2 закрыты, на входном трубопроводе установлена заглушка.

При помощи медицинского шприца заполненного ДВ через запорное устройство ЗУ3 заполняют МК до уровня выше уровня ФУЖ-0 (рисунок 3, положение 2), давление в газовой полости повышается выше атмосферного, запорное устройство ЗУ3 закрывается, а ЗУ2 открывается.

Коромысло "взводится" из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК в технологическую тару. Уровень воды в МК понижается.

При прохождении мениска воды через луч лазера ФУЖ-0 выдается импульс на включение ЭР (2) (рисунок 2).

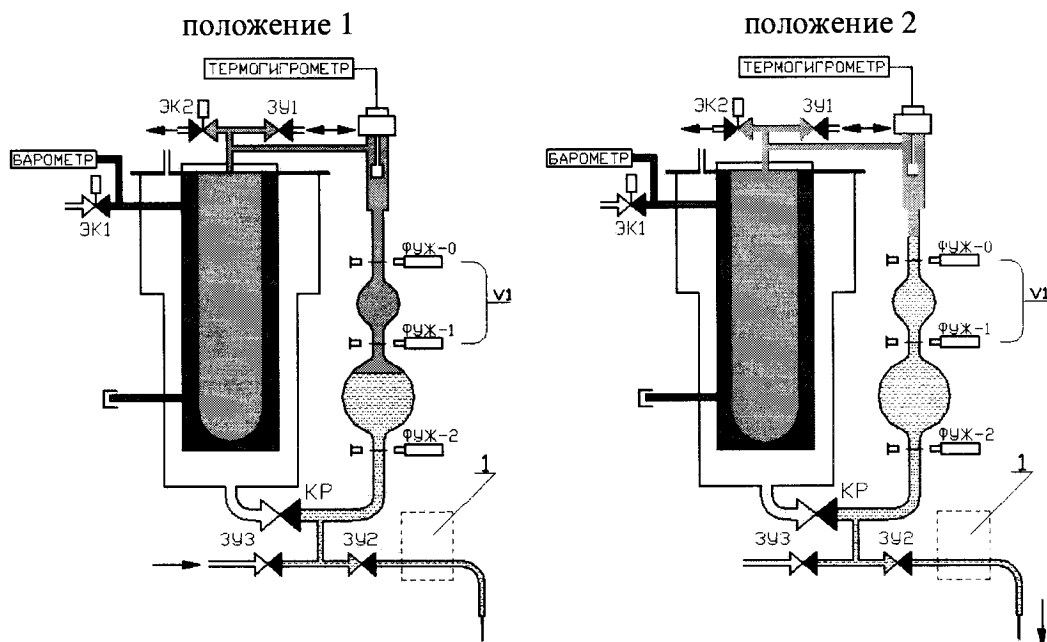


Рисунок 3 - Схема определения объема V_p МБ УР.
1 – запорное устройство с электромагнитным реле (ЭР).

При включении ЭР, сердечник (3), на котором покоится коромысло с грузом (4), втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

После пережатия сливного шланга фиксируют показание давления газа, а также, для контроля постоянства, фиксируют температуру и влажность внутри измеряемого объема.

Далее, коромысло "взводится" из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК в технологическую тару. Уровень воды в МК понижается.

При прохождении мениска воды через луч лазера ФУЖ-1 выдается импульс на включение ЭР. При включении ЭР, сердечник, на котором покоится коромысло с грузом, втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

После пережатия сливного шланга фиксируют показание давления газа, а также, для контроля постоянства, фиксируют температуру и влажность внутри измеряемого объема.

4.4.2 Определение объема V_p газодинамическим способом осуществляют в следующем порядке:

4.4.2.1 Приводят МБ УР в исходное состояние для определения внутреннего газового объема. Как показано на рисунок 3, положение 1 – КР перекрыт, ЗУ2 открыт, сливной резиновый шланг пережат коромыслом запорного устройство с электромагнитным реле, уровень жидкости находится на 10-15 мм ниже уровня в котором установлен ФУЖ-1, давление в газовом объеме – атмосферное, дренажные ЭК1 и ЭК2 закрыты, на входном трубопроводе установлена заглушка.

4.4.2.2 При помощи медицинского шприца заполненного ДВ через запорное устройство ЗУ3 заполняют МК выше уровня ФУЖ-0 на 10-15 мм (рисунок 3, положение 2), давление в газовой полости выше атмосферного.

4.4.2.3 Закрывают ЗУЗ.

4.4.2.4 Коромысло перемещают из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК в технологическую тару. Уровень воды в МК понижается.

4.4.2.5 При прохождении мениска воды через луч лазера ФУЖ-0 выдается импульс на включение ЭР. При включении ЭР, сердечник реле втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

4.4.2.6 Через 1-2 минуты фиксируют показания:

- температуры;
- относительной влажности;
- атмосферного давления.

4.4.2.7 Коромысло перемещают из состояния пережатого сливного шланга на сердечник ЭР, открывая сливной шланг для прохода воды из МК в технологическую тару. Уровень воды в МК понижается.

4.4.2.8 При прохождении мениска воды через луч лазера ФУЖ-0 выдается импульс на включение ЭР. При включении ЭР, сердечник реле втягивается и освобождает коромысло, которое в свою очередь пережимает сливной резиновый шланг.

4.4.2.9 Через 1-2 минуты фиксируют показания:

- температуры;
- относительной влажности;
- атмосферного давления.

4.4.3 Повторяют п. 4.4.2 для набора статистики 10 - 15 раз. На основании полученных данных определяют среднее значение величины объёма V_p и рассчитывают погрешность определения объёма V_p МБ УР по методике изложенной ниже.

4.4.4 Методика определения внутреннего газового объёма V_p МБ УР газодинамическим способом.

Методика основана на измерении изменения давления газа при изменении его объёма на известную величину. По начальному и конечному давлению во внутреннем газовом объёме V_p можно выразить величину объёма V_p через объём мерной колбы V_1 следующей формулой

$$V_p = \frac{P_2 \cdot V_1}{P_1 - P_2}$$

где

P_1 - давление в газовой полости в момент срабатывания ФУЖ-1;

P_2 - давление в газовой полости в момент срабатывания ФУЖ-0.

Проведя многократные измерения, рассчитывают среднее значение внутреннего газового объёма V_p , относительную погрешность определения V_p в соответствии с ГОСТ 8.207:

Среднее арифметическое результатов наблюдений по формуле (А.1)

Оценка среднего квадратического отклонения результата измерения по формуле (А.2)

Оценивают наличие грубых промахов и исключают их по условию (А.3)

Рассчитывают новое среднее значение результата измерения по формуле (А.1) и определяют оценку его среднего квадратического отклонения по формуле (А.2)

Доверительные границы случайной погрешности определяют по формуле (А.4)

Вычисляют относительную случайную составляющую погрешности измерений

$$\varepsilon_{сл} = \pm \delta / V_{pcp} \cdot 100\%$$

Вычисляют относительную систематическую составляющую погрешности измерений

$$\varepsilon_{сист} = \pm (2\varepsilon_p^2)^{1/2} \cdot 100\%$$

где $\varepsilon_p = \delta_p / P$

Относительную погрешность внутреннего газового объема V_p определяют расчётным методом по формуле (А.7).

УР считают выдержавшим поверку по данному параметру, если относительная погрешность объема V_p не превышает $\pm 1 \%$.

4.5 Определение относительной погрешности измерений интервалов времени

При поверке необходимо контролировать постоянство температуры и постоянство влажности, равной 100 %, в воздушной полости разделительной камеры УР.

4.5.1 Для определения относительной погрешности времени вытеснения жидкости из объемов V_1 и V_2 мерной колбы, собирают схему приближённую к штатной, как показано на рисунке 4.

4.5.2 К баллону с технологическим газом (ксенон или аргон) подсоединяют двухступенчатый редуктор (для уменьшения колебания давления на входе в РРГ), к выходу редуктора второй ступени подсоединяют РРГ, выход РРГ подсоединяют к входному трубопроводу УР.

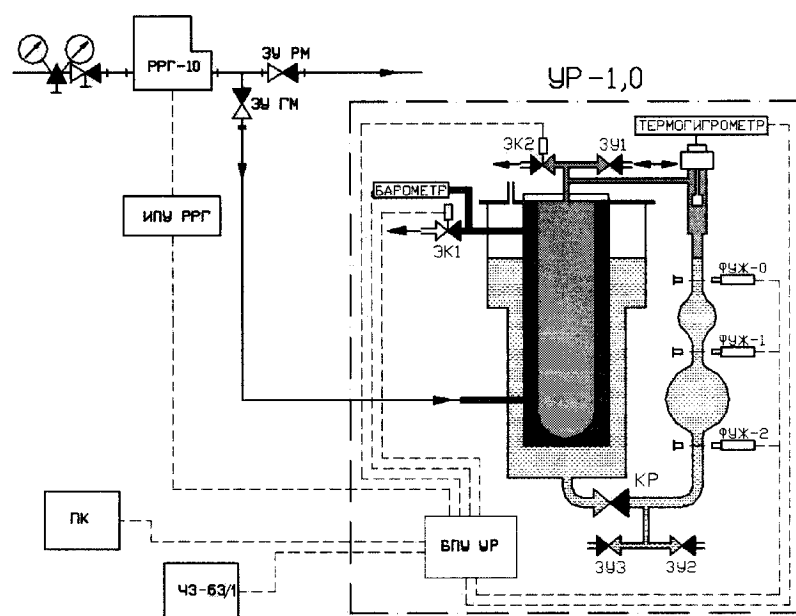


Рисунок 4 - Схема установки для определения случайной составляющей погрешности интервала времени, вытеснения жидкости из объемов V_1 и V_2

РРГ-10 – регулятор расхода газа; ЗУ РМ – запорное устройство рабочей магистрали; ЗУ ГМ – запорное устройство градуировочной магистрали; ИПУ РРГ – источник питания и управления РРГ; ПК – персональный компьютер; ЧЗ-63/1 – частотомер электронно-счётный; БПУ УР – блок питания и управления УР.

4.5.3 К выходным клеммам ФУЖ подсоединяют частотомер ЧЗ-63/1 для точной фиксации интервала времени вытеснения жидкости из объемов V_1 и V_2 мерной колбы.

4.5.4 Проводят 20-30 циклов измерений при максимальном расходе для объемов мерной колбы V_1 и V_2 .

В процессе измерений фиксируют значения интервала времени вытеснения жидкости из объема V_1 и V_2 по компьютеру и частотомеру ЧЗ-63/1.

4.5.5 По методике п. 4.5.6 проводят расчёты погрешности измерения интервалов времени по внутренним часам ПК, принимая за эталонные – значения интервалов времени частотомера ЧЗ-63/1.

4.5.6 Получают результаты измерений интервалов времени между срабатываниями отметчиков положения уровней ФУЖ-0 и ФУЖ-1 по показаниям частотомера ЧЗ-63/1 и вычисленные компьютером по внутренним часам.

Затем находят разности $\delta_i = t_{\text{ПК}} - t_{\text{ЧЗ-63}}$

По массиву разностей вычисляют

$$\delta_{cp} = \frac{1}{n} \cdot \sum_i \delta_i$$

и оценивают среднее квадратическое отклонение разностей показаний частотомера и ПК в соответствии с ГОСТ 8.207

$$S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum (\delta_i - \delta_{cp})^2}$$

Относительная погрешность измерения интервалов времени

$$\varepsilon_t = S/t_{cp \text{ ПК}} \cdot 100\%$$

УР считают выдержавшим поверку по данному параметру, если относительная погрешность времени ПК не превышает $\pm 0,02 \%$.

4.6 Определение погрешности объемного расхода газа

При поверке необходимо контролировать постоянство температуры и постоянство влажности, равной 100 %, в воздушной полости разделительной камеры УР.

4.6.1 Методика расчёта погрешности нахождения расхода.

4.6.1.1 Расчёт объемного расхода газа.

Объемный расход газа находят по формуле

$$G_v = V_n/t \quad (\text{Б.1})$$

где

V_n – объем тестируемого газа при использовании V_1 или V_2 , м³;

t – промежуток времени между моментами прохождения уровня жидкости через начальное и конечное сечения объема V_1 или V_2 , с.

Объем газа при использовании V_1 МБ УР определяют по формуле

$$V_n = V_1 + V_p(P_2 - P_1)/P_2 \quad (\text{Б.2})$$

где

V_p – внутренний газовый объем УР, м³;

V_1 – объем мерной колбы между сечениями ФУЖ-0 и ФУЖ-1, м³;

P_1 – давление газа в объеме МБ УР в момент срабатывания ФУЖ-0, Па;

P_2 – давление газа в объеме МБ УР в момент срабатывания ФУЖ-1, Па.

При использовании объема V_2 для сечений ФУЖ-0 и ФУЖ-2 выражение аналогичное (Б.2) будет получено при замене величины V_1 на V_2 .

4.6.1.2 Систематическая погрешность измерений расхода при косвенном методе в соответствии с МИ 2083 складывается из погрешности измерений временного интервала между фотоэлектрическими датчиками уровня жидкости, и погрешности расчёта объема газа V_n . Погрешность определения объема газа рассчитывают исходя из уравнения (Б.2)

$$\frac{dQ_i}{Q} = \frac{\partial Q}{\partial x_i} \frac{x_i}{Q} \frac{dx_i}{x_i} = D_{x_i} \cdot \frac{dx_i}{x_i},$$

где

Dx_i - коэффициент влияния на относительную погрешность объема газа относительной погрешности i -го параметра.

Коэффициент влияния определяется по частным производным зависимости объема газа от параметра или прямым расчётом по формуле (Б.2) с малым изменением величины параметра.

Суммарную ошибку расчёта объема газа определяют по формуле

$$\varepsilon_{V_n} = \sqrt{\sum_{i=1}^n (Dx_i \cdot \varepsilon_i)^2}, \%$$

где

ε_i - относительная погрешность параметра;

ε_{V_n} - относительная систематическая погрешность измерения объема газа в мерной колбе.

Суммарная систематическая погрешность измерения объемного расхода в соответствии с формулой (Б.1) для объема V_1 и V_2 составит

$$\varepsilon_{\text{сист}}^2 = \varepsilon_{V_n}^2 + \varepsilon_t^2, \%$$

где

ε_t - погрешность измерений интервала времени (п.4.5).

4.6.1.3 Случайную погрешность определения объемного расхода находят, проведя серию измерений для объема V_1 с номинальным расходом 4,5 см³/мин и для объема V_2 с номинальным расходом 34,0 см³/мин.

Для этого собирают схему, приближённую к штатной, как показано на рисунке 4, исключив из схемы частотомер ЧЗ-63/1.

Рассчитывают для каждой серии измерений относительную случайную погрешность определения расхода в соответствии с ГОСТ 8.207:

Среднее арифметическое результатов наблюдений по формуле (А.1)

Оценка среднего квадратического отклонения результата измерений по формуле (А.2)

Оценивают наличие грубых промахов и исключают их по условию (А.3)

Рассчитывают новое среднее значение результата измерения по формуле (А.1) и определяют оценку его среднего квадратического отклонения по формуле (А.2)

Доверительные границы случайной погрешности определяют по формуле (А.4)

Относительную случайную погрешность определения объемного расхода рассчитывают по формуле

$$\varepsilon_{\text{сл}} = \pm \delta_{\text{сл}} / Gv \cdot 100\%$$

4.6.2.4 Относительную погрешность объемного расхода газа Gv определяют по формуле (А.7)

4.6.3 УР считают выдержавшим поверку по данному параметру, если относительная погрешность объемного расхода Gv не превышает $\pm 0,5 \%$ при использовании объема V_1 и не превышает $\pm 0,2 \%$ при использовании объема V_2 .

4.7 Определение относительной погрешности канала измерения напряжения УР

4.7.1 Для осуществления поверки подключают к каналу измерения напряжения калибратор Р3003 и на вход АЦП задают последовательность значений: (1.0; 2.0; 4.0; 6.0; 8.0; 10) В.

Записывают на ПК выходные значения канала измерения в количестве не менее 700 точек на каждой ступени градуировки.

4.7.2. Вычисляют составляющие погрешности и доверительные границы в соответствии с методикой, изложенной в МИ-2440-97 для произвольного закона распределения, по программе «Погрешность канала ИИС.vi», которая написана в среде графического программирования LabVIEW. Программа реализует следующий алгоритм.

4.7.3. По массиву записанных значений X_i в каждой точке диапазона рассчитывают погрешности D_i

$$D_i = X_i - X_{\text{э}},$$

где $X_{\text{э}}$ – значение электрической величины, задаваемое эталоном.

4.7.4. Затем вычисляют

- среднее значение погрешности

$$D_a = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n};$$

- оценка второго центрального момента

$$M_2 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_a)^2}{n};$$

- оценка четвёртого центрального момента

$$M_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_a)^4}{n};$$

- оценка выборочного эксцесса

$$E_c = \frac{M_4}{M_2^2};$$

- параметр “p” находится из уравнения

$$E_c - \frac{\Gamma(1/p)\Gamma(5/p)}{(\Gamma(1/p))^2} = 0,$$

где $\Gamma(p)$ – гамма-функция.

Если полученное значение $p = 1$, это свидетельствует о возможном наличии грубого промаха и за l_p -оценку систематической составляющей погрешности принимают выборочную медиану.

Если получено значение $p \geq 15$, это может свидетельствовать о наличии двухмодального закона распределения погрешности. В частности, это имеет место при наличии сетевой наводки на измерительный канал.

4.7.5. Находят l_p -оценку систематической составляющей погрешности из условия

$$D_{sp} = \arg \min_f \sum_{i=1}^n |D_i - f|^p$$

То есть за D_{sp} принимают такое значение f , при котором сумма в приведенном выражении минимальна. В частном случае при $p = 0$ $D_{sp} = D_a$.

4.7.6. Вычисляют l_p -оценку среднеквадратического отклонения (СКО) случайной составляющей погрешности

$$S_p = \left[\frac{p}{n-1} \right]^{1/p} \left[\frac{\Gamma(3/p)}{\Gamma(1/p)} \right]^{1/p} \sqrt[p]{\sum_{i=1}^n |D_i - D_{sp}|^p}$$

Если $p = 2$, оценка СКО равна

$$S_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D_a)^2}{n-1}}$$

4.7.7. Находят границы доверительного интервала для систематической составляющей погрешности D_{sp} при доверительной вероятности $P = 0.95$ по формуле

$$D_{sp} - t \frac{S_p}{\sqrt{(n-1)}} \leq D_s \leq D_{sp} + t \frac{S_p}{\sqrt{(n-1)}},$$

где

$$t = \frac{0.4446 + 1.1146(a-n)}{1 + 0.57(a-n)} + 0.154 \frac{p-2}{p-0.6266};$$

$$a = \frac{2.357(p-2)}{p+0.316}.$$

4.7.8. Находят границы доверительного интервала для СКО случайной составляющей погрешности при доверительной вероятности $P = 0.95$ по формуле

$$S_p \sqrt{\frac{n-1}{\chi_2^2}} \leq S \leq S_p \sqrt{\frac{n-1}{\chi_1^2}},$$

где

$$\chi_1^2 = (n-1) \left[1 - \frac{1.2 + a_1 n}{1 - b_1 n} \right];$$

$$\chi_2^2 = (n-1) \left[1 + \frac{c_0 + c_1 n}{1 + c_1 n} \right];$$

$$a_1 = \frac{0.0189 - 0.0013p}{1 + 0.068p}; \quad b_1 = \frac{0.0388 - 0.266p}{1 + 2.27p};$$

$$c_0 = \frac{4.93 + 0.464p}{1.16p - 1}; \quad c_1 = \frac{0.024p - 0.1255}{1 - 1.474p}; \quad c_2 = \frac{0.431 + 0.095p}{1.414p - 1}.$$

4.7.9. Вычисляют толерантные пределы с доверительной вероятностью $P = 0.95$ для интервала, который содержит не менее 95 % возможных значений погрешности, по формуле

$$(D_{sp} - \chi S_p) \leq D \leq (D_{sp} + \chi S_p),$$

где

$$\chi = \frac{a_0 + a_2 n}{1 + b_2 n}; \quad a_0 = \frac{-(2.787 + 1.8244p)}{1 + 0.03007p};$$

$$a_2 = -\frac{0.8282 + 0.576p}{1 + 0.106p}; \quad b_2 = -\frac{0.264 + 0.286p}{1 + 0.072p}.$$

4.7.10. По вычисленным границам определяют максимальное по модулю значение погрешности δ_0 в процентах от диапазона измерения.

$$\Delta = \frac{|D_{\max}| \cdot 100}{X_{\max} - X_{\min}}$$

4.7.11. УР считают выдержавшим поверку по данному параметру, если относительная погрешность канала измерения напряжения УР не превышает $\pm 0,3\%$.

5. ПРОВЕРКА ИДЕНТИФИКАЦИОННЫХ ДАННЫХ ПО

После запуска УР проверяем номер версии ПО нижнего уровня, который отображается на панели оператора.

Результат проверки считается положительным, если отображается номер версии программного обеспечения не ниже:

Таблица 2.

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Flow Mesuring Device
Номер версии (идентификационный номер) ПО	не ниже 2.2.5.2
Цифровой идентификатор ПО	D20092033E4FB373EAD3E90E9EF8BC3B
Другие идентификационные данные, если имеются	-

7. ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1. Результаты поверки заносят в протокол по форме, изложенной в приложении А, к которому прилагают протокол-распечатку результатов проверки.

7.2. При получении положительных результатов поверки в паспорте УР делают запись о соответствии УР параметрам, указанным в эксплуатационной документации.

Записи заверяют подписью лица, проводившего поверку, и ставят оттиски поверительного клейма.

УР, прошедшее поверку с положительными результатами, подлежит клеймению в соответствии с ПР50.2.006 и допускается к эксплуатации.

7.3 При отрицательных результатах поверки УР подлежит ремонту и повторной поверке и допускается к эксплуатации только при положительных результатах повторной поверки.

7.4 Если при отрицательных результатах поверки УР не подлежит ремонту, то выдают извещение о непригодности его к эксплуатации с указанием причин в соответствии с ПР50.2.006.

Приложение А

Форма протокола поверки устройства

Протокол № _____ поверки УР-1.0

Принадлежащего _____

Год выпуска _____

Заводской номер _____

Условия поверки:

Температура окружающего воздуха

°C

Атмосферное давление

кПа

Относительная влажность

%

Средства поверки _____

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Результаты внешнего осмотра _____

2. Результаты проверки герметичности _____

3. Результаты идентификации ПО _____

4. Результаты определения метрологических характеристик:

Результаты определения

объемов V_1 и V_2 мерной колбы и погрешности их измерения _____

Результаты определения внутреннего газового объема V_R мерного блока УР и погрешности его измерения _____

Результаты определения

относительной погрешности измерения интервалов времени _____

Результаты определения

погрешности объемного расхода газа _____

Результаты определения

погрешности канала измерения напряжения УР _____

Заключение _____

Поверитель _____

Дата _____