

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ»
(ФГБУ «ВНИИМС»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

по производственной метрологии

А.Е. Коломин



« 25 » 10 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры электромагнитные СИМАГ 23

**Методика поверки
МП 208-054-2023**

г. Москва
2023 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	3
2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	3
3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	4
4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	4
5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	4
6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	6
7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	6
9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	7
10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	7
11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	16
ПРИЛОЖЕНИЕ А	17
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	18

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Настоящая методика распространяется на расходомеры электромагнитные СИМАГ 23 (далее – расходомеры), предназначенные для измерений объема и объемного расхода жидкости, и устанавливает объем, методы и средства их первичной и периодической поверок.

1.2 Реализация данной методики обеспечивает метрологическую прослеживаемость расходомеров к:

- Государственному первичному специальному эталону единиц массы и объема жидкости в потоке, массового и объемного расходов жидкости ГЭТ 63-2019, в соответствии с ГПС для средств измерений массы и объема жидкости в потоке, объема жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объемного расходов жидкости, согласно Приказу Росстандарта от 26.09.2022 №2356, для средств измерений, поверка которых осуществляется на воде.

1.3 Методика описывает два метода поверки: проливной и беспроливной. Для первичной поверки может использоваться только проливной метод.

1.4 В методике поверки реализованы методы передачи единиц величин непосредственным сличением и методом косвенных измерений.

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

2.1 При проведении поверки выполняются операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

Наименование операции	Номер пункта/раздела МП	Проведение операции при		
		первичной поверке	периодической проливной поверке	периодической имитационной поверке
Внешний осмотр средства измерений	Раздел 7	Да	Да	Да
Подготовка к поверке	8.1	Да	Да	Да
Опробование средства измерений	8.2	Да	Да	Нет
Проверка программного обеспечения средства измерений	Раздел 9	Да	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Раздел 10	Да	Да	Да
Определение относительной погрешности измерений объемного расхода и объема	10.1.1	Да	Да	Нет
Определение приведенной к переходному расходу погрешности измерений объемного расхода	10.1.2	Да	Да	Нет
Определение относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в частотный выходной сигнал	10.1.3	Да	Да	Нет
Определение приведенной к диапазону токового выхода погрешности преобразования объемного расхода в токовый	10.1.4	Да	Да	Нет

выходной сигнал				
Определение погрешностей расходомера с помощью Установки Поток-Т при периодической поверке	10.2.1	Нет	Нет	Да
Определение погрешностей расходомера с помощью Устройства имитационно-поверочного Артчек при периодической поверке	10.2.2	Нет	Нет	Да

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

При проведении поверки расходомеров должны быть соблюдены следующие условия:

- относительная влажность окружающего воздуха от 30 % до 80 %;
- атмосферное давление от 84 до 106 кПа;
- температура окружающей среды от 15 °С до 30 °С;
- температура поверочной среды от 15 °С до 30 °С.

4 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ

К проведению поверки расходомеров допускают поверителей, изучивших настоящую методику поверки, руководство по эксплуатации на расходомеры, эксплуатационную документацию на средства поверки и вспомогательные технические средства, а также прошедших инструктаж по технике безопасности.

5 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

При проведении поверки применяют следующие средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 2.

Таблица 2 – Средства измерений и вспомогательное оборудование, применяемое при поверке

Операции поверки требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 10.1.1 п. 10.1.2	Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) жидкости 1 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 в диапазоне расходов соответствующем диапазону расходов поверяемого расходомера	Установка поверочная Эрмитаж рег. № 71416-18
п. 10.1.1 п. 10.1.2	Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) жидкости 2 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 в диапазоне расходов соответствующем диапазону расходов поверяемого расходомера	Установка поверочная Эрмитаж рег. № 71416-18
п. 10.1.1 п. 10.1.2	Рабочий эталон единиц объемного расхода (объема) жидкости 3 разряда в соответствии с приказом Росстандарта от 26.09.2022 № 2356 в диапазоне расходов соответствующем диапазону расходов поверяемого расходомера	Установка поверочная Эрмитаж рег. № 71416-18

8.1.1 8.1.2	Средство измерений сопротивления изоляции электрических цепей Диапазон измерений сопротивления постоянному току от 0,01 до 100 МОм	Мегаомметр Е6-24 рег. № 47135-11
8.2.2	Средство измерений избыточного давления Диапазон измерений: от 0 до 4 МПа, КТ 2,5	Манометр ТМ рег. № 25913-08
10.1.3, 10.2.1.2	Средство измерений частоты электрических сигналов Диапазон измерений от 0,1 до 3000 Гц Пределы допускаемой относительной погрешности: $(5 \cdot 10^{-7} + 1/f_{\text{изм}}/\tau_{\text{сч}})$	Частотомер электронно-счетный ЧЗ-63/1 рег. № 9084-90
10.1.4, 10.2.1.3	Средство измерений силы постоянного тока Диапазон измерений от 0 до 20 мА Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm (0,00015 \cdot I + 2 \text{ е.м.р})$	Калибратор токовой петли Fluke 715, рег. № 29194-05
10.2.1	Установка для имитационной поверки электромагнитных расходомеров, счетчиков - расходомеров. Диапазон имитируемых расходов от 0,01 до 90000 м ³ /ч. Пределы допускаемой относительной погрешности при поверке приборов, по объемному расходу и объему 0,2 %	Установка Поток-Т рег. № 14519-13
10.2.2	Устройство имитационно-поверочное Артчек	Устройство имитационно-поверочное Артчек рег. № 79585-20
Раздел 8 Раздел 9 Раздел 10	Измеритель влажности, температуры окружающего воздуха и атмосферного давления, диапазон измерений температуры от +10 до +30 °С с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ °С; диапазон измерений влажности от 30 до 80 % с пределами допускаемой основной абсолютной погрешности ± 3 %; диапазон измерений давления от 84 до 106 кПа с пределами допускаемой абсолютной погрешности $\pm 0,5$ кПа	Термогигрометр ИВА-6 рег. № 46434-11
Примечание: Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

6 ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

6.1 При подключении расходомера к испытательному оборудованию необходимо соблюдать общие требования безопасности, установленные в документах ГОСТ 12.2.007.0-75, ГОСТ 12.3.019-80, «Правила эксплуатации электроустановок потребителей», «Правила охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

6.2 Монтаж и демонтаж электрических цепей расходомера и средств поверки должно проводиться только при отключенном питании всех устройств.

6.3 Поверитель должен соблюдать правила пожарной безопасности, действующие на предприятии.

6.4 Монтаж и демонтаж расходомеров должны производиться при отсутствии давления в измерительной линии.

7 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

7.1 При внешнем осмотре проверяют соответствие расходомера следующим требованиям:

- внешний вид, комплектность и маркировка должны соответствовать описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемое средство измерений;
- на расходомере не должно быть внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность.

Результат внешнего осмотра считается положительным, если установлено, что:

- внешний вид, комплектность и маркировка соответствуют описанию типа и эксплуатационной документации на поверяемый расходомер;
- на расходомере не обнаружено внешних механических повреждений и дефектов, влияющих на его работоспособность и препятствующих чтению надписей и маркировки.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ

8.1 При подготовке к поверке выполняют следующие работы:

- подготавливают поверяемый расходомер и средства поверки в соответствии с эксплуатационной документацией;
- проверяют правильность монтажа электрических цепей, согласно эксплуатационным документам.

8.1.1 Проверяют сопротивление изоляции электродов расходомера относительно корпуса сенсора мегаомметром при напряжении 500 В. На внутренней поверхности и фланцах сенсора расходомера не должно быть следов влаги или электропроводящего поверхностного налета. Перед измерением убедиться в отсутствии напряжения в проверяемых электрических цепях. Один зажим мегаомметра с обозначением «земля» соединяют с корпусом ППР, а другой с влажным тканевым тампоном прижимают изоляционным материалом к контактной поверхности электродов.

Примечания:

- для расходомеров раздельного исполнения измерение сопротивлений изоляции проводят после отключения кабелей, соединяющих катушку и электроды первичного преобразователя расхода с электронным блоком.

- для расходомеров компактного исполнения измерение сопротивлений изоляции проводят после отключения на разъеме под крышкой металлического корпуса электронного блока проводов, ведущих к катушке и электродам первичного преобразователя расхода.

8.1.2 Проверяют сопротивление изоляции цепей питания расходомера относительно корпуса путем измерения сопротивления между двумя закороченными входами цепи питания на разъеме электронного блока и:

- металлическим корпусом для компактного исполнения расходомера;
- контактом «GND» на плате электронного блока для раздельного исполнения расходомера.

8.1.3 В соответствии с руководством по эксплуатации и паспортом на расходомер проводят проверку правильности установленных коэффициентов: внутреннего диаметра

первичного преобразователя расхода, наибольшей частоты или веса импульса выходного сигнала, диапазона измерений расхода.

8.2 При опробовании расходомера производят следующие операции (только для проливной поверки):

8.2.1 Устанавливают расходомер на поверочную установку в соответствии с эксплуатационной документацией и требованиям к прямым участкам. Удаляют воздух из участка трубопровода поверочной установки, на котором установлен поверяемый расходомер.

8.2.2 Проверяют герметичность фланцевых соединений и узлов гидравлической системы рабочим давлением. Выдерживают заполненный водой расходомер в течении 10 минут.

8.2.3 При необходимости проводят коррекцию нуля расходомера.

8.2.4 Пропускают через прибор расход в диапазоне от $0,1 \cdot Q_{max}$ до $0,5 \cdot Q_{max}$, где Q_{max} – перегрузочный расход.

Результат поверки по данному разделу считается положительным, если:

- сопротивление изоляции электродов относительно корпуса не менее 100 МОм;
- сопротивление изоляции цепей питания не менее 40 МОм;
- расходомер функционирует в штатном режиме (отсутствуют диагностические сообщения об ошибках, надписи на дисплее легко читаемы);
- падение давления в проточной части расходомера течение 10 минут под действием рабочего давления не превышает 0,01 МПа и на корпусе сенсора расходомера не наблюдается образование капель и течи воды;
- при увеличении или уменьшении расхода средствами поверочной установки соответствующим образом изменяются показания на дисплее электронного блока расходомера.

9 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Проверка программного обеспечения (далее – ПО) производится путем входа в соответствующий раздел меню пользователя с помощью клавиатуры расходомера («Параметры»⇒«О приборе»⇒«Версия ПО»)

Таблица 3 - Идентификационные данные (признаки) ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	Симаг-23
Номер версии (идентификационный номер) ПО	4.XX.X
Примечание: Обозначение X в записи номера версии ПО заменяет символы, отвечающие за метрологически незначимую часть.	

Результат поверки по данному разделу считается положительным, если значения идентификационного наименования и номера версии ПО, зафиксированные в расходомере, соответствуют значениям, указанным в таблице 3.

10 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

10.1 Проливной метод

Определение погрешностей расходомера при измерении объема (объемного расхода) жидкости проливным методом с помощью поверочной установки проводится при измерениях объема путем сличения показаний расходомера и поверочной установки.

10.1.1 Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода и объёма

Определение относительных погрешностей измерений объёма δ_V выполняется при значениях поверочного расхода, выбранных из рабочего диапазона расходомера в двух точках: (20-25) % от $Q_{ном}$ и (40-100) % от $Q_{ном}$, где $Q_{ном}$ - номинальный расход для данного типоразмера, указанный в Приложении Б.

Для расходомеров с сенсорами $D_u \geq 300$ мм допускается проводить поверку расходомеров на расходах (10-25) % от $Q_{ном}$ и (30-100) % от $Q_{ном}$;

Для расходомеров с сенсорами $300 \text{ мм} < D_u \leq 800$ мм, если максимальный расход поверочной установки меньше $Q_{ном}$ (но не менее $0,2 \cdot Q_{ном}$), допускается в качестве наибольшего поверочного расхода установить максимальный расход установки;

Для расходомеров с сенсорами $D_u > 800$ мм, допускается в качестве наибольшего поверочного расхода установить максимальный расход установки.

Время проведения (накопления) одного измерения должно быть не менее 60 секунд или не менее 2500 импульсов.

Количество измерений на каждом поверочном расходе зависит от соотношения пределов допускаемых погрешностей рабочего эталона и средства измерений, поэтому вначале необходимо определить это соотношение α_p по формуле:

$$\alpha_p = \frac{\delta_{эт}}{\delta_{си}} \quad (1)$$

где

$\delta_{эт}$ – пределы допускаемой погрешности метода измерений эталонного объема (расхода);

$\delta_{си}$ – пределы допускаемой относительной погрешности поверяемого расходомера, согласно сведениям из его описания типа.

Если $\alpha_p > 1/2$, то поверку прекращают.

Если $\alpha_p \leq 1/3$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 3-х.

Если $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то количество измерений при каждом значении поверочного расхода должно быть не менее 5-ти.

10.1.1.1 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей рабочего эталона и средства измерений $\alpha_p \leq 1/3$, то относительную погрешность измерений объёма δ_{V_i} при i -ом измерении (не менее трех измерений) определить по формуле:

$$\delta_{V_i} = \frac{V_i - V_{эт}}{V_{эт}} \cdot 100, \% \quad (2)$$

где

V_i – объем по расходомеру, м^3 ;

$V_{эт}$ – объем по поверочной установке, м^3 ;

i – порядковый номер измерения.

Результаты поверки расходомера при измерении объема и объемного расхода по данному пункту считаются положительными, если полученные значения относительной погрешности при измерении объема в диапазоне расходов $Q_i \leq Q \leq Q_{\max}$ на каждом поверочном расходе при каждом измерении не превышают значения предела допускаемой относительной погрешности, указанной в таблице 4.

Таблица 4 – Значения пределов допускаемой погрешности

Наименование характеристики	Значение для класса точности			
	A (A1)	B (B1)	C (C1)	D (D1)
Пределы допускаемой, приведенной к переходному расходу, погрешности измерений объёмного расхода в диапазонах расходов, %				
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$ ¹⁾	±1	±0,5	±0,25	±0,2
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$ для расходомеров с Ду от 2 до 8 мм	±1	±0,5	±0,3	±0,25
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$ при имитационной поверке ²⁾ с «Поток-Т»	±1	±0,6	±0,5	±0,5
$Q_{\min} \leq Q < Q_t$ при имитационной поверке ²⁾ с «Артчек»	±1	±0,75	±0,75	±0,75
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объёмного расхода и объёма, в диапазонах расходов, %				
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ ³⁾	±1	±0,5	±0,25	±0,2
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ для расходомеров с Ду от 2 до 8 мм	±1	±0,5	±0,3	±0,25
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ при имитационной поверке ²⁾ с «Поток-Т»	±1	±0,6	±0,5	±0,5
$Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ при имитационной поверке ²⁾ с «Артчек»	±1	±0,75	±0,75	±0,75

10.1.1.2 Если соотношение пределов допускаемых погрешностей рабочего эталона и средства измерений $1/3 < \alpha_p \leq 1/2$, то для каждой j -й точки поверочного расхода определить среднее значение относительной погрешности δ_{Vj} , полученной для серии из « n » измерений:

$$\delta_{Vj} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \delta_{Vij} \quad (3)$$

где

j - индекс для обозначения номера точки поверочного расхода;

i - индекс для обозначения порядкового номера отдельного измерения в j -й точке поверочного расхода;

n – количество отдельных измерений в j -й точке поверочного расхода.

Определить СКО S_j среднего значения относительной погрешности δ_{Vj} по формуле:

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\delta_{Vij} - \delta_{Vj})^2}{(n - 1)}} \quad (4)$$

Если полученное значение $S_j > 0,16$ %, то поверку приостанавливают, определяют и устраняют причину повышенного СКО¹ и повторяют серию измерений для j -ой точки расхода. Если повторно полученное значение СКО удовлетворяет условию $S_j \leq 0,16$ %, то поверку продолжают, иначе поверку прекращают.

Определить неисключенную систематическую погрешность расходомера θ_Σ по формуле:

$$\theta_\Sigma = 1,1 \cdot \sqrt{\delta_{\Sigma T}^2 + \delta_{Vmax}^2} \quad (5)$$

где δ_{Vmax} – наибольшее из абсолютных значений δ_{Vj} .

¹⁾ Типичные причины повышения СКО: наличие воздуха в системе, повышенная вибрация подводящих трубопроводов, недостаточно жёсткое закрепление расходомера.

Определить границы случайной составляющей погрешности расходомера ε по формуле:

$$\varepsilon = t_{0,95} \cdot S_{\max} \quad (6)$$

где S_{\max} – наибольшее из значений S_j ;

$t_{0,95}$ – коэффициент Стьюдента для n измерений при доверительной вероятности $P=0,95$, выбрать из таблицы 5.

Таблица 5 – Значения коэффициентов Стьюдента $t_{0,95}$

Количество измерений, n	Значение $t_{0,95}$	Количество измерений, n	Значение $t_{0,95}$
5	2,776	9	2,306
6	2,571	10	2,262
7	2,447	11	2,228
8	2,365	12	2,201

Вычислить отношение θ_{Σ}/S_{\max} .

Если $\theta_{\Sigma}/S_{\max} < 0,8$, то неисключенной систематической погрешностью по сравнению со случайной составляющей можно пренебречь и принять за границу погрешности $\delta_V = \varepsilon$.

Если $\theta_{\Sigma}/S_{\max} > 8$, то случайной составляющей погрешности по сравнению с систематической можно пренебречь и принять за границу погрешности $\delta_V = \theta_{\Sigma}$.

Если отношение θ_{Σ}/S_{\max} находится внутри интервала $0,8 \dots 8,0$, то определить по таблице 6 значение коэффициента $Z_{0,95}$ (МИ 2083). Допускается линейная интерполяция значения $Z_{0,95}$, если значение θ_{Σ}/S_{\max} находится между табличными данными.

Таблица 6 – Значения коэффициента $Z_{0,95}$

θ_{Σ}/S_{\max}	0,8	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z_{0,95}$	0,76	0,74	0,71	0,73	0,76	0,78	0,79	0,80	0,81

Определить относительную погрешность расходомера при измерении объема δ_V по формуле:

$$\delta_V = Z_{0,95} \cdot (\theta_{\Sigma} + \varepsilon) \quad (7)$$

Результаты поверки расходомера при измерении объема и объемного расхода по данному пункту считаются положительными, если полученное значение относительной погрешности при измерении объема в диапазоне расходов $Q_t \leq Q \leq Q_{\max}$ не превышает значения предела допускаемой относительной погрешности, указанного в таблице 4.

10.1.2 Определение приведенной к переходному расходу погрешности измерений объемного расхода

Определение приведенной к переходному расходу погрешности измерений объемного расхода γ_q проводят на поверочной установке вне зависимости от полученного значения α_p (не менее трех измерений) на расходе Q_{\min} с допуском $+10\%$, где Q_{\min} – минимальный расход, указанный для конкретного типоразмера расходомера в Приложении Б, по формуле:

$$\gamma_{qi} = \frac{Q_i - Q_{\text{эт}}}{Q_t} \cdot 100, \% \quad (8)$$

где

Q_i – значение расхода, полученное расходомером, м³/ч;

$Q_{\text{эт}}$ – значение расхода, полученное эталоном, м³/ч;

Q_t – значение переходного расхода расходомера, м³/ч (Приложение Б).

Результаты поверки расходомера при измерении объемного расхода по данному пункту считаются положительными, если полученные значения приведенной погрешности при измерении объемного расхода в диапазоне расходов $Q_{\min} \leq Q < Q_t$ при каждом измерении не превышают значения предела допускаемой приведенной к переходному расходу погрешности, указанного в таблице 4.

Примечание:

1) При положительных результатах поверки по оценке пределов допускаемой относительной погрешности измерений расходомером объема, расходомер признается прошедшим поверку для измерений объема и объемного расхода жидкости.

2) Если предполагается проведение последующих периодических поверок расходомера с применением на месте эксплуатации Установки «Поток-Т», то после проведения проливной поверки расходомера с положительным результатом необходимо произвести с помощью Поток-Т измерения в соответствии с МИ 3164 и запись в паспорт расходомера калибровочных факторов K_M и K_F .

3) В случае если предполагается применение Устройства имитационно-поверочного Артчек для периодических поверок расходомера в эксплуатации, то при положительном результате проливной поверки необходимо произвести с помощью Артчек измерения и запись ряда параметров в специально выделенную область памяти расходомера. Для этого Артчек подключают к расходомеру комплектом кабелей в соответствии с руководством по эксплуатации Артчек, переходят в меню Артчек «НАСТРОЙКИ» \Rightarrow «ПЕРВИЧНАЯ ПОВЕРКА» и следуют указаниям на дисплее Артчек. Измерения необходимых параметров происходят в автоматическом режиме. Запись измеренных параметров в выделенную область памяти расходомера производится поверителем нажатием кнопки «СОХРАНИТЬ». Повторная запись не допускается.

10.1.3 Определение относительной погрешности преобразования значения объёмного расхода в частотный выходной сигнал

Частотомер подключить к частотному выходу расходомера. В меню расходомера последовательно задать имитацию следующих 3-х расходов: $Q_{\text{эт}1} = 0,1 \cdot Q_{\text{max}}$; $Q_{\text{эт}2} = 0,5 \cdot Q_{\text{max}}$; $Q_{\text{эт}3} = Q_{\text{max}}$. Каждому из имитируемых расходов $Q_{\text{эт}i}$, м³/ч, должна соответствовать частота на выходе расходомера $F_{\text{э}ti}$, Гц, которая вычисляется по формуле:

$$F_{\text{э}mi} = \frac{Q_{\text{э}ti}}{Q_{\text{уст}}} \cdot F_{\text{уст}} \quad (9)$$

где

$F_{\text{уст}}$ – верхний предел установленной частоты в расходомере. Параметр настраивается в меню расходомера, Гц;

$Q_{\text{уст}}$ – значение объемного расхода, соответствующее верхнему пределу частоты $F_{\text{уст}}$. Параметр настраивается в меню расходомера, м³/ч;

При каждом имитированном расходе $Q_{эti}$ измерить значение частоты $F_{эti}$ на частотном выходе расходомера. Относительную погрешность преобразования значения объемного расхода δ_{Fi} в частотный выходной сигнал определяют по формуле:

$$\delta_{Fi} = \frac{(F_i - F_{эmi})}{F_{эmi}} \cdot 100, \%, \quad (10)$$

где

F_i – значение частоты, измеренное частотомером, Гц.

Результат поверки по данному пункту считается положительным, если на каждом из имитируемых расходов при каждом измерении значения относительной погрешности преобразования значения объемного расхода в частотный выходной сигнал не превышают $\pm 0,05 \%$.

10.1.4 Определение приведенной к диапазону токового выхода погрешности преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал

Средство измерений силы постоянного тока подключить к токовому выходу расходомера. В меню расходомера задать имитацию следующих 3-х расходов: $Q_{эт1}=0,1 \cdot Q_{max}$; $Q_{эт2}=0,5 \cdot Q_{max}$; $Q_{эт3}=Q_{max}$. Каждому из имитируемых расходов $Q_{эti}$, м³/ч, должна соответствовать сила тока на выходе расходомера $I_{эmi}$, мА, которая вычисляется по формуле:

$$I_{эmi} = \frac{16 \cdot Q_{эmi}}{Q_{уст}} + 4 \quad (11)$$

где

$Q_{уст}$ – значение объемного расхода, соответствующее верхнему пределу токового сигнала 20 мА. Параметр настраивается в меню расходомера, м³/ч;

Приведенную к диапазону токового выхода погрешность преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал γ_i определяют по формуле:

$$\gamma_i = \frac{I_i - I_{эт}}{16} \cdot 100, \%, \quad (12)$$

где I_i – сила тока, измеренная средством измерений силы постоянного тока, мА.

Результат поверки по данному пункту считается положительным, если на каждом из имитируемых расходов при каждом измерении значение приведенной к диапазону токового выхода погрешности преобразования объемного расхода в токовый выходной сигнал не превышают $\pm 0,5 \%$ ($\pm 0,05 \%$ опция).

10.2 Имитационный беспроливной метод

10.2.1 Определение погрешностей расходомера с помощью Устройства имитационно-поверочного Артчек при периодической поверке

Настоящий пункт методики описывает беспроливной метод периодической поверки и распространяется на расходомеры, прошедшие ранее с положительным результатом первичную, периодическую либо внеочередную поверку проливным методом, после которой с помощью Артчек были выполнены измерения и запись установленного ряда параметров в специально выделенную область памяти электронного блока расходомера.

Артчек подключить к электронному блоку расходомера комплектом кабелей, включить питание. После загрузки ПО Артчек наблюдать на его дисплее информацию о

подключенном расходомере (рисунок 1), сверить данную информацию с паспортными данными. В случае расхождения информации с паспортными данными поверку прекратить.

Перейти в меню Артчек «НАСТРОЙКИ»⇒«ПЕРВИЧНАЯ ПОВЕРКА» (рисунок 2, 3). При этом Артчек считывает из специально выделенной области памяти расходомера метрологические параметры, записанные с помощью Артчек при предыдущей проливной поверке.

Если эти параметры были ранее записаны в расходомер, то их значения спустя несколько секунд выводятся на экран Артчек (рисунок 4).

Если метрологические параметры не были ранее записаны в расходомер, то выводится предупредительное сообщение об отсутствии начальных значений (рисунок 5). В этом случае имитационная поверка не может быть выполнена и ее следует прекратить.

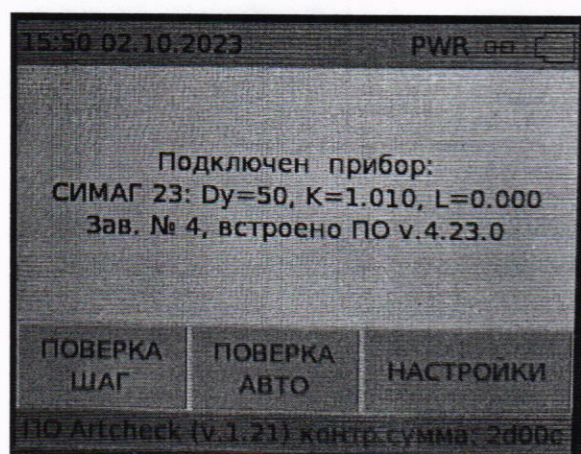


Рисунок 1 – Вид экрана с информацией о подключенном расходомере

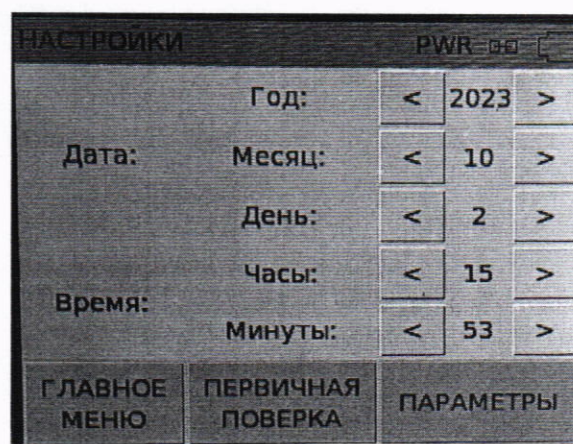


Рисунок 2 – Вид меню «НАСТРОЙКИ»

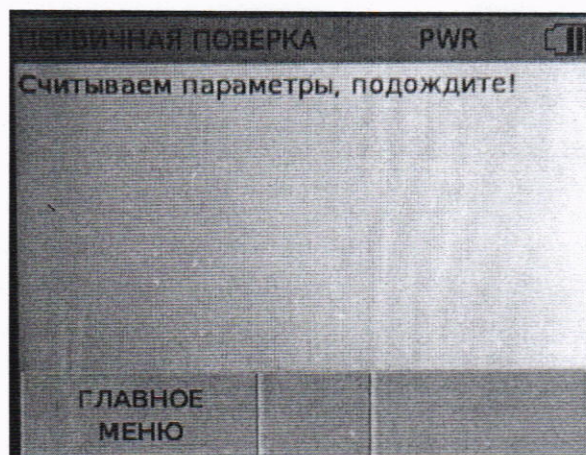


Рисунок 3 – Вид меню «ПЕРВИЧНАЯ ПОВЕРКА»

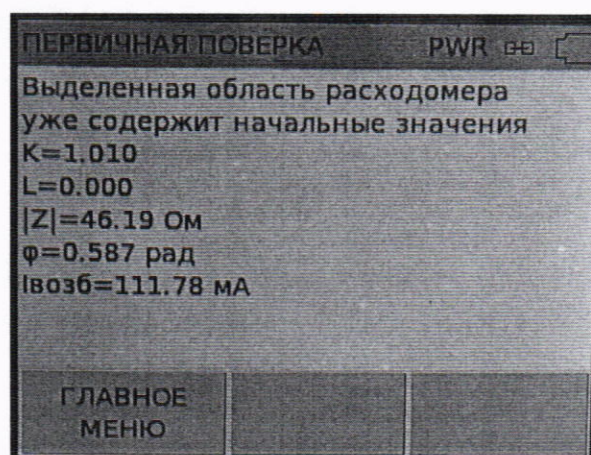


Рисунок 4 – Вид экрана индикации метрологических параметров

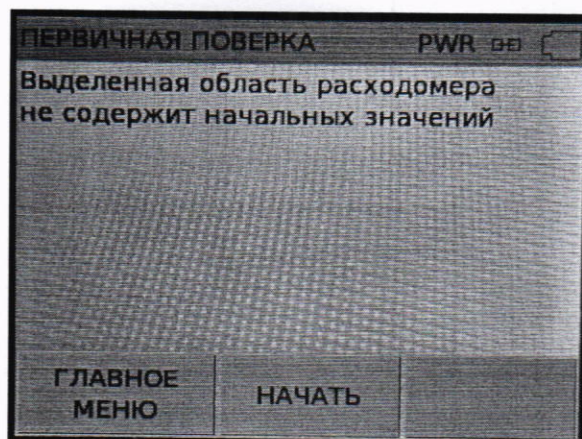


Рисунок 5 – Вид экрана с предупредительным сообщением

После вывода значений параметров на дисплей (рисунок 4), необходимо удостовериться, что имеют ненулевые значения следующие параметры:

- калибровочный коэффициент K расходной характеристики;
- модуль $|Z|$ и фаза φ полного комплексного сопротивления катушки возбуждения расходомера;
- амплитуда тока возбуждения катушки $I_{\text{возб}}$.

Отключить питание Артчек и расходомера, рассоединить комплект кабелей. Демонтировать сенсор расходомера с трубопровода и выполнить следующие подготовительные операции:

- удалить возможные рыхлые отложения с внутренней поверхности сенсора без повреждения футеровки;
- протереть футеровку тканью, не допуская царапин;
- проверить место примыкания электродов к футеровке на предмет равномерности зазора, наличия посторонних включений;
- промыть эти места струей воды;
- проверить состояние электродов (механические повреждения, коррозия, неравномерный износ);
- протереть поверхность электродов раствором щавелевой кислоты, сполоснуть водой;
- установить на сенсор с одной стороны фланцевую заглушку и залить водой, полученной в результате отбора измеряемой среды с места нахождения измерительного участка, либо водой, близкой по составу к измеряемой среде. При отсутствии технической возможности получения необходимого количества измеряемой среды с объекта допускается залить сенсор водопроводной питьевой водой. Температура залитой воды перед началом поверки должна быть в пределах от 15 до 30 °С;
- аккуратным помешиванием, не касаясь футеровки и электродов, добиться максимального удаления пузырьков воздуха из воды, убедиться в отсутствии в воде инородных взвешенных частиц;
- погрузить в воду по оси симметрии сенсора на глубину, на которой находятся измерительные электроды сенсора, внешний электрод из материала с высокой удельной электрической проводимостью (медь, алюминий), верхний конец которого электрически соединен с сенсором (Рисунок 6).

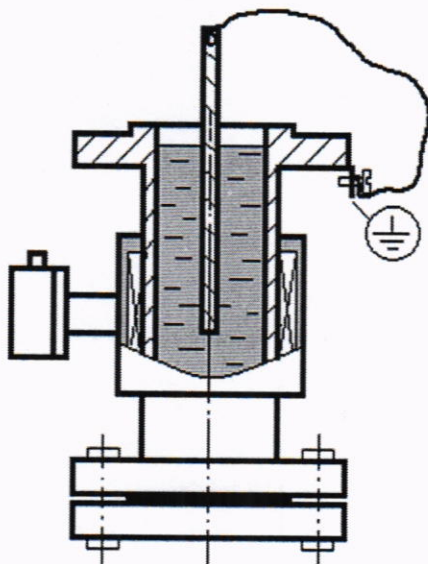


Рисунок 6 - Проверка целостности и определение величины небаланса сопротивлений электродов расходомера с помощью внешнего электрода

Примечание: Допускается при выполнении указанных подготовительных операций и при поверке не производить демонтаж сенсора расходомера с трубопровода, если одновременно выполняются следующие условия:

- существует электрический контакт измерительных электродов сенсора с поверхностью трубопровода через измеряемую среду вне зоны футеровки;
- трубопровод выполнен из токопроводящего материала и/или установлены заземляющие кольца. В этом случае роль внешнего электрода может выполнять ответный фланец или заземляющее кольцо;
- условия окружающей среды соответствуют требуемым условиям проведения поверки и условиям применения устройства Артчек.

Для проведения полного цикла поверки расходомера необходимо:

- подключить устройство Артчек к расходомеру;
- включить питание расходомера и устройства Артчек. Обеспечить прогрев обоих приборов в течении 30 минут. После установления рабочего режима Артчек перейти в меню «ПОВЕРКА АВТО» для проведения всего цикла поверки в автоматическом режиме или «ПОВЕРКА ШАГ» для пошагового режима. После выбора режима и запуска процесса поверки устройство Артчек определяет исправность расходомера и погрешности расходомера по следующим пунктам:

10.2.2.1 Проверка целостности электродов расходомера (распознавание обрыва цепи электродов или короткого замыкания);

10.2.2.2 Определение величины небаланса сопротивлений электродов расходомера;

10.2.2.3 Определение значения модуля $|Z|$ импеданса Z катушки возбуждения расходомера;

10.2.2.4 Определение значения фазового угла ϕ импеданса Z катушки возбуждения расходомера;

10.2.2.5 Определение амплитуды тока возбуждения катушек расходомера;

10.2.2.6 Определение стабильности и линейности усилителя сигналов с электродов;

10.2.2.7 Определение погрешности преобразования расхода в частотный сигнал;

10.2.2.8 Определение погрешности преобразования расхода в токовый сигнал.

Устройство Артчек производит сравнение значений измеренных им величин со значениями, хранящимися в выделенной области памяти расходомера либо с установленными

предельно допустимыми значениями (зависит от типа измеренного параметра) и автоматически формирует протокол поверки в формате PDF.

Поверитель может сохранить сформированный протокол поверки в памяти устройства Артчек для дальнейшего копирования на компьютер и/или вывода на печать.

Результат поверки по данному пункту считается положительным, если после сравнения устройством Артчек значений измеренных им со значениями, хранящимися в выделенной области памяти расходомера, либо с установленными предельно допустимыми значениями, в протоколе поверки по каждому пункту 10.2.2.1 – 10.2.2.8 настоящей методики указаны символы «+» в колонке результат.

При положительных результатах поверки по п.10.2.2 расходомеры допускаются к применению с пределами допускаемых относительной и приведенной погрешностей измерений объемного расхода и объема в соответствии с таблицей 4.

11 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

11.1 Результаты поверки по пункту 10.1 оформляют протоколом произвольной формы.

11.2 Результаты поверки, проведенной по п. 10.2.1 оформляют протоколом, который формируется программным обеспечением Установки Поток-Т.

11.3 Результаты поверки выполненные при помощи Устройства имитационно-поверочного Артчек, оформляются протоколом по форме приложения А.

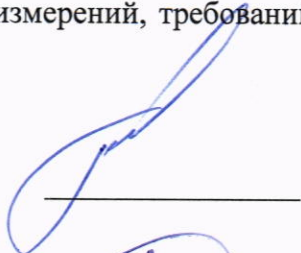
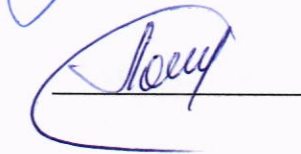
11.4 Сведения о результатах поверки расходомера передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

11.5 При положительных результатах поверки расходомера по заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается свидетельство о поверке, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке», или делается соответствующая запись с нанесением знака поверки, заверяемая подписью поверителя в паспорте расходомера. При передаче сведений о результатах поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, проведенной по пунктам 10.2.1, 10.2.2, в комментариях необходимо указать с какой погрешностью измерений расходомер признается годным к применению.

11.6 При отрицательных результатах поверки, расходомер к эксплуатации не допускается. По заявлению владельца средства измерений или лица, предоставившего средство измерений на поверку, выдается извещение о непригодности, оформленное в соответствии с приказом Минпромторга России от 31.07.2020 № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

Начальник отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»

Ведущий инженер
отдела 208
ФГУП «ВНИИМС»

Б.А. Иполитов

Д.П. Ломакин

Форма протокола периодической поверки
№ _____ от " _____ " _____ 20__ г.
электромагнитного расходомера (ЭМР)

Наименование, тип, модель ЭМР		Расходомеры электромагнитные СИМАГ 23			
Серийный/заводской номер ЭМР		Дата изготовления			
Регистрационный номер в ФИФ по ОЕИ		Класс точности			
Диаметр условного прохода ППР, мм		К	L		
Минимальный расход, м³/ч		Максимальный расход, м³/ч			
Наименование методики поверки		ГСИ. Расходомеры электромагнитные СИМАГ 23. Методика поверки МП 208-054-2023			
Место проведения поверки					
Средства поверки	Устройство имитационно-поверочное Артчек, S/N: _____, поверено до _____				
Условия поверки	температура _____, °C; влажность _____ %; атмосферное давление _____ мм рт. ст.				

Сенсор расходомера (ППР)					
№ п/п МП	Тестовое задание	Начальное значение	Измеренное значение	Допуск	Результат
10.2.2.1	Целостность электродов	—	—	(1,8–101) кОм	
10.2.2.2	Небаланс сопротивления электродов, Ом	—		±100 Ом	
10.2.2.3	Модуль импеданса Z , Ом			±2,0 %	
10.2.2.4	Фазовый сдвиг импеданса φ, рад			±2,0 %	
10.2.2.5	Амплитуда тока возбуждения катушки			±0,5 %	

Конвертер расходомера (ВПР)					
№ п/п МП	Тестовое задание	Тестовый сигнал	Допуск	Погрешность	Результат
10.2.2.6	Усилитель сигнала с электродов (10 %)	10% шк. [код]	±0,5 %		
	(50 %)	50% шк. [код]	±0,5 %		
	(90 %)	90% шк. [код]	±0,5 %		
10.2.2.7	Частотный выход по расходу (10 %)	код =200,0 [Гц]	±0,05 %		
	(50 %)	код =1000,0 [Гц]	±0,05 %		
	(90 %)	код =1800,0 [Гц]	±0,05 %		
10.2.2.8	Токовый выход по расходу (10 %)	код =5,60 [мА]	±0,5 %		
	(50 %)	код =12,00 [мА]	±0,5 %		
	(90 %)	код =18,40 [мА]	±0,5 %		

Результат проверки: _____ (годен/негоден)

Поверитель: _____ (ФИО), _____ (подпись), _____ (дата)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б.1 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса А

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
5	0,00353	0,01060	0,70686	0,88357
6	0,00509	0,01527	1,01788	1,27235
8	0,00905	0,02714	1,80956	2,26195
10	0,01414	0,04241	2,82743	3,53429
15	0,03181	0,09543	6,36173	7,95216
20	0,05655	0,16965	11,3097	14,1372
25	0,08836	0,26507	17,6715	22,0893
32	0,14476	0,43429	28,9529	36,1911
40	0,22619	0,67858	45,2389	56,5487
50	0,35343	1,06029	70,6858	88,3573
65	0,59730	1,79189	119,459	149,324
70	0,69272	2,07816	138,544	173,180
80	0,90478	2,71434	180,956	226,195
100	1,41372	4,24115	282,743	353,429
125	2,20893	6,62680	441,786	552,233
150	3,18086	9,54259	636,173	795,216
200	5,65487	16,9646	1130,97	1413,72
250	8,83573	26,5072	1767,15	2208,93
300	12,7234	38,1703	2544,69	3180,86
350	17,3180	51,9541	3463,61	4329,51
400	22,6195	67,8584	4523,89	5654,87
450	28,6278	85,8833	5725,55	7156,94
500	35,3429	106,029	7068,58	8835,73
600	50,8938	152,681	10178,8	12723,5
700	69,2721	207,816	13854,4	17318,0
800	90,4779	271,434	18095,6	22619,5
900	114,511	343,533	22902,2	28627,8
1000	141,372	424,115	28274,3	35342,9
1200	203,575	610,726	40715,0	50893,8
1400	279,680	839,040	56110,0	69920,0
1600	361,912	1085,73	72382,3	90477,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.2 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса А1

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
5	0,00442	0,01325	0,70686	0,88357
6	0,00636	0,01909	1,01788	1,27235
8	0,01131	0,03393	1,80956	2,26195
10	0,01767	0,05301	2,82743	3,53429
15	0,03976	0,11928	6,36173	7,95216
20	0,07069	0,21206	11,3097	14,1372
25	0,11045	0,33134	17,6715	22,0893
32	0,18096	0,54287	28,9529	36,1911
40	0,28274	0,84823	45,2389	56,5487
50	0,44179	1,32536	70,6858	88,3573
65	0,74662	2,23986	119,459	149,324
70	0,86590	2,59770	138,544	173,180
80	1,13097	3,39292	180,956	226,195
100	1,76715	5,30144	282,743	353,429
125	2,76117	8,28350	441,786	552,233
150	3,97608	11,9282	636,173	795,216
200	7,06859	21,2058	1130,97	1413,72
250	11,0447	33,1340	1767,15	2208,93
300	15,9043	47,7129	2544,69	3180,86
350	21,6476	64,9427	3463,61	4329,51
400	28,2744	84,8231	4523,89	5654,87
450	35,7847	107,354	5725,55	7156,94
500	44,1787	132,536	7068,58	8835,73
600	63,6173	190,852	10178,8	12723,5
700	86,5902	259,770	13854,4	17318,0
800	113,097	339,292	18095,6	22619,5
900	143,139	429,417	22902,2	28627,8
1000	176,715	530,144	28274,3	35342,9
1200	254,469	763,407	40715,0	50893,8
1400	349,600	1048,80	56110,0	69920,0
1600	452,390	1357,17	72382,3	90477,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.3 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса В

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
2	0,00113	0,00339	0,11310	0,14137
2,5	0,00177	0,00530	0,17670	0,22089
4	0,00452	0,01357	0,45239	0,56549
5	0,00707	0,02121	0,70686	0,88357
6	0,01018	0,03054	1,01788	1,27235
8	0,01810	0,05429	1,80956	2,26195
10	0,02827	0,08482	2,82743	3,53429
15	0,06362	0,19085	6,36173	7,95216
20	0,11310	0,33929	11,3097	14,1372
25	0,17671	0,53014	17,6715	22,0893
32	0,28953	0,86859	28,9529	36,1911
40	0,45239	1,35717	45,2389	56,5487
50	0,70686	2,12058	70,6858	88,3573
65	1,19459	3,58378	119,459	149,324
70	1,38544	4,15632	138,544	173,180
80	1,80956	5,42868	180,956	226,195
100	2,82743	8,48230	282,743	353,429
125	4,41786	13,2536	441,786	552,233
150	6,36173	19,0852	636,173	795,216
200	11,3098	33,9293	1130,97	1413,72
250	17,6714	53,0143	1767,15	2208,93
300	25,4469	76,3406	2544,69	3180,86
350	34,6361	103,908	3463,61	4329,51
400	45,2390	135,717	4523,89	5654,87
450	57,2555	171,767	5725,55	7156,94
500	70,6858	212,058	7068,58	8835,73
600	101,788	305,364	10178,8	12723,5
700	138,544	415,632	13854,4	17318,0
800	180,956	542,868	18095,6	22619,5
900	229,022	687,067	22902,2	28627,8
1000	282,743	848,230	28274,3	35342,9
1200	407,150	1221,45	40715,0	50893,8
1400	559,360	1678,08	56110,0	69920,0
1600	723,823	2171,47	72382,3	90477,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.4 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса В1

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
2	0,00141	0,00424	0,11310	0,14137
2,5	0,00221	0,00663	0,17670	0,22089
4	0,00565	0,01696	0,45239	0,56549
5	0,00884	0,02651	0,70686	0,88357
6	0,01272	0,03817	1,01788	1,27235
8	0,02262	0,06786	1,80956	2,26195
10	0,03534	0,10603	2,82743	3,53429
15	0,07952	0,23856	6,36173	7,95216
20	0,14137	0,42412	11,3097	14,1372
25	0,22089	0,66268	17,6715	22,0893
32	0,36191	1,08573	28,9529	36,1911
40	0,56549	1,69646	45,2389	56,5487
50	0,88357	2,65072	70,6858	88,3573
65	1,49324	4,47971	119,459	149,324
70	1,73180	5,19541	138,544	173,180
80	2,26195	6,78584	180,956	226,195
100	3,53429	10,6029	282,743	353,429
125	5,52233	16,5670	441,786	552,233
150	7,95216	23,8565	636,173	795,216
200	14,1372	42,4115	1130,97	1413,72
250	22,0893	66,2680	1767,15	2208,93
300	31,8086	95,4258	2544,69	3180,86
350	43,2951	129,885	3463,61	4329,51
400	56,5487	169,646	4523,89	5654,87
450	71,5694	214,708	5725,55	7156,94
500	88,3573	265,072	7068,58	8835,73
600	127,235	381,704	10178,8	12723,5
700	173,180	519,541	13854,4	17318,0
800	226,195	678,584	18095,6	22619,5
900	286,278	858,833	22902,2	28627,8
1000	353,429	1060,29	28274,3	35342,9
1200	508,938	1526,81	40715,0	50893,8
1400	699,200	2097,60	56110,0	69920,0
1600	904,779	2714,34	72382,3	90477,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.5 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса С

Ду, мм	$Q_{\min}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_t, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{ном}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\max}, \text{м}^3/\text{ч}$
2	0,00226	0,00679	0,11310	0,14137
2,5	0,00353	0,01060	0,17670	0,22089
4	0,00905	0,02714	0,45239	0,56549
5	0,01425	0,04275	0,70686	0,88357
6	0,02052	0,06157	1,01788	1,27235
8	0,03619	0,10857	1,80956	2,26195
10	0,05700	0,17101	2,82743	3,53429
15	0,12826	0,38478	6,36173	7,95216
20	0,22802	0,68406	11,3097	14,1372
25	0,35628	1,06884	17,6715	22,0893
32	0,5837	1,7512	28,9529	36,1911
40	0,9121	2,7362	45,2389	56,5487
50	1,4251	4,2754	70,6858	88,3573
65	2,4084	7,2253	119,459	149,324
70	2,7932	8,3797	138,544	173,180
80	3,6483	10,945	180,956	226,195
100	5,7000	17,101	282,743	353,429
125	8,9070	26,721	441,786	552,233
150	12,826	38,478	636,173	795,216
200	22,802	68,406	1130,97	1413,72
250	35,628	106,88	1767,15	2208,93
300	51,300	153,91	2544,69	3180,86
350	69,830	209,49	3463,61	4329,51
400	91,210	273,62	4523,89	5654,87
450	115,43	346,30	5725,55	7156,94
500	142,51	427,54	7068,58	8835,73
600	205,22	615,65	10178,8	12723,5
700	279,32	837,97	13854,4	17318,0
800	364,83	1094,5	18095,6	22619,5
900	461,74	1385,2	22902,2	28627,8
1000	570,00	1710,1	28274,3	35342,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.6 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса С1

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
2	0,00283	0,00848	0,11310	0,14137
2,5	0,00442	0,01325	0,17670	0,22089
4	0,01131	0,03393	0,45239	0,56549
5	0,01767	0,05301	0,70686	0,88357
6	0,02545	0,07634	1,01788	1,27235
8	0,04524	0,13572	1,80956	2,26195
10	0,07069	0,21206	2,82743	3,53429
15	0,15904	0,47713	6,36173	7,95216
20	0,28274	0,84823	11,3097	14,1372
25	0,44179	1,32536	17,6715	22,0893
32	0,72382	2,17147	28,9529	36,1911
40	1,13097	3,39292	45,2389	56,5487
50	1,76715	5,30144	70,6858	88,3573
65	2,98648	8,95943	119,459	149,324
70	3,46361	10,3908	138,544	173,180
80	4,52389	13,5717	180,956	226,195
100	7,06858	21,2057	282,743	353,429
125	11,0447	33,1340	441,786	552,233
150	15,9043	47,7130	636,173	795,216
200	28,2743	84,8230	1130,97	1413,72
250	44,1786	132,536	1767,15	2208,93
300	63,6172	190,852	2544,69	3180,86
350	86,5902	259,771	3463,61	4329,51
400	113,097	339,292	4523,89	5654,87
450	143,139	429,416	5725,55	7156,94
500	176,715	530,144	7068,58	8835,73
600	254,469	763,407	10178,8	12723,5
700	346,361	1039,08	13854,4	17318,0
800	452,389	1357,17	18095,6	22619,5
900	572,555	1717,67	22902,2	28627,8
1000	706,858	2120,57	28274,3	35342,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.7 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса D

Ду, мм	Q_{\min} , м ³ /ч	Q_t , м ³ /ч	$Q_{\text{ном}}$, м ³ /ч	Q_{\max} , м ³ /ч
2	0,00471	0,01414	0,11310	0,14137
2,5	0,00736	0,02209	0,17670	0,22089
4	0,01885	0,05655	0,45239	0,56549
5	0,02945	0,08836	0,70686	0,88357
6	0,04241	0,12723	1,01788	1,27235
8	0,07540	0,22619	1,80956	2,26195
10	0,11781	0,35343	2,82743	3,53429
15	0,26507	0,79522	6,36173	7,95216
20	0,47124	1,41372	11,3097	14,1372
25	0,73631	2,20893	17,6715	22,0893
32	1,20637	3,61911	28,9529	36,1911
40	1,88496	5,65487	45,2389	56,5487
50	2,94524	8,83573	70,6858	88,3573
65	4,97746	14,9324	119,459	149,324
70	5,77268	17,3180	138,544	173,180
80	7,53982	22,6195	180,956	226,195
100	11,7810	35,3429	282,743	353,429
125	18,4078	55,2233	441,786	552,233
150	26,5072	79,5216	636,173	795,216
200	47,1239	141,372	1130,97	1413,72
250	73,6311	220,893	1767,15	2208,93
300	106,029	318,086	2544,69	3180,86
350	144,317	432,951	3463,61	4329,51
400	188,496	565,487	4523,89	5654,87
450	238,565	715,694	5725,55	7156,94
500	294,524	883,573	7068,58	8835,73
600	424,115	1272,35	10178,8	12723,5
700	577,268	1731,80	13854,4	17318,0
800	753,982	2261,95	18095,6	22619,5
900	954,259	2862,78	22902,2	28627,8
1000	1178,10	3534,29	28274,3	35342,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход

ПРИЛОЖЕНИЕ Б (Продолжение)

Таблица Б.8 – Диапазоны измерений для типовых Ду расходомеров класса D1

Ду, мм	$Q_{\min}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_t, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\text{ном}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$Q_{\max}, \text{м}^3/\text{ч}$
2	0,00565	0,01696	0,11310	0,14137
2,5	0,00884	0,02651	0,17670	0,22089
4	0,02262	0,06786	0,45239	0,56549
5	0,03534	0,10603	0,70686	0,88357
6	0,05089	0,15268	1,01788	1,27235
8	0,09048	0,27143	1,80956	2,26195
10	0,14137	0,42411	2,82743	3,53429
15	0,31809	0,95426	6,36173	7,95216
20	0,56549	1,69646	11,3097	14,1372
25	0,88357	2,65072	17,6715	22,0893
32	1,44764	4,34293	28,9529	36,1911
40	2,26195	6,78584	45,2389	56,5487
50	3,53429	10,6029	70,6858	88,3573
65	5,97295	17,9189	119,459	149,324
70	6,92721	20,7816	138,544	173,180
80	9,04779	27,1434	180,956	226,195
100	14,1372	42,4115	282,743	353,429
125	22,0893	66,2680	441,786	552,233
150	31,8086	95,4259	636,173	795,216
200	56,5487	169,646	1130,97	1413,72
250	88,3573	265,072	1767,15	2208,93
300	127,234	381,703	2544,69	3180,86
350	173,180	519,541	3463,61	4329,51
400	226,195	678,584	4523,89	5654,87
450	286,278	858,833	5725,55	7156,94
500	353,429	1060,29	7068,58	8835,73
600	508,938	1526,81	10178,8	12723,5
700	692,721	2078,16	13854,4	17318,0
800	904,779	2714,34	18095,6	22619,5
900	1145,11	3435,33	22902,2	28627,8
1000	1413,72	4241,15	28274,3	35342,9

1) Q_{\min} – минимальный расход2) Q_t – переходной расход3) $Q_{\text{ном}}$ – номинальный расход4) Q_{\max} – перегрузочный расход