



ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР ПРИКЛАДНОЙ МЕТРОЛОГИИ – РОСТЕСТ»
(ФБУ «НИЦ ПМ – РОСТЕСТ»)**

СОГЛАСОВАНО

Заместитель генерального директора
ФБУ «НИЦ ПМ – Ростест»

С.А. Денисенко



« 01 » 02 2025 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Расходомеры вихревые AFLOWT VT

Методика поверки

РТ-МП-270-208-2025

г. Москва
2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 Общие положения	3
2 Перечень операций поверки	4
3 Требования к условиям проведения поверки	5
4 Метрологические и технические требования к средствам поверки	5
5 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки	6
6 Внешний осмотр СИ	6
7 Подготовка к поверке и опробование СИ	6
8 Проверка программного обеспечения СИ	6
9 Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	7
10 Оформление результатов поверки	10
Приложение А	12

1. Общие положения

1.1. Настоящая методика распространяется на расходомеры вихревые AFLOWT VT (далее – расходомеры), изготавливаемые АО «Взлет», г. Санкт-Петербург и «Q&T Instrument Co., Ltd», КНР, и устанавливает объём и методы их первичной и периодической поверок.

1.2. При проведении поверки прослеживаемость поверяемых средств измерений (далее – СИ) обеспечивается:

- к государственному первичному специальному эталону единицы массы и объёма жидкости в потоке, массового и объёмного расходов жидкости ГЭТ 63-2019 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений массы и объёма жидкости в потоке, объёма жидкости и вместимости при статических измерениях, массового и объёмного расходов жидкости, утверждённой приказом Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356;

- к государственному первичному эталону единиц объёмного и массового расходов газа ГЭТ118-2017 обеспечивается в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений объёмного и массового расходов газа, утверждённой приказом Росстандарта от 11 мая 2022 № 1133;

- к государственному первичному эталону единицы давления – паскаля ГЭТ 23-2010 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа, утверждённой приказом Росстандарта от 20 октября 2022 г. № 2653;

- к государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 °С до 3200 °С ГЭТ34-2020 и государственному первичному эталону единицы температуры – кельвина в диапазоне от 0,3 К до 273,16 К ГЭТ35-2021 в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений температуры, утверждённой приказом Росстандарта от 19 ноября 2024 г. № 2712.

1.3. Передача расходомерам единиц температуры, давления, объёма (массы) жидкости в потоке, объёмного (массового) расходов жидкости и газа осуществляется методом прямых измерений.

1.4. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведённые в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические требования

Наименование параметра	Значение параметра		
	VT370	VT450	VT470
Номинальный диаметр ¹⁾ , DN	от 20 до 200	от 80 до 1600	от 15 до 300
Диапазон измерений объёмного (массового ²⁾) расхода жидкости, м ³ /ч (т/ч)	-	от 6 до 70000 (от 6 до 70000)	от 0,5 до 2500 (от 0,5 до 2500)
Диапазон измерений объёмного (массового ²⁾) расхода газа, пара, м ³ /ч (кг/ч)	от 6 до 8000 (от 6,8 до 80400)	от 60 до 400000 (от 67,7 до 4020000)	от 5 до 16000 (от 5,6 до 272000)
Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера при измерении объёма (массы) жидкости в потоке и объёмного (массового) расхода ³⁾ жидкости, %	-	±1,5; ±2,0; ±2,5	±0,75; ±1,0; ±1,5; ±2,0
Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера при измерении объёма и объёмного расхода ³⁾ газа, пара, δ_0 , %	±1,0; ±1,5; ±2,0; ±2,5	±1,5; ±2,0; ±2,5	±1,0; ±1,5; ±2,0

Пределы допускаемой относительной погрешности расходомера при измерении объема и объемного расхода газа, приведенных к стандартным условиям ^{3),4)} , %	$\pm\sqrt{\delta_0 + \delta_t + \delta_p + \delta_\rho}$
Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры газа, Δ_t , °C	$\pm(0,3 + 0,005 \cdot t)$
Пределы допускаемой основной приведенной (к верхнему пределу диапазона измерений) погрешности измерений давления газа, при температуре окружающего воздуха +20 °C, γ_p , %	$\pm 0,2$
Пределы допускаемой дополнительной приведенной (к верхнему пределу диапазона измерений) погрешности преобразования и вычисления значений давления измеряемой среды, вызванной отклонением температуры окружающего воздуха от +20 °C, $\gamma_{p\text{доп}}$, %/10 °C	$\pm 0,01$
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности газа, δ_ρ , %	$\pm 0,3$
¹⁾ Модель VT470: DN15 – DN300 для фланцевого/бесфланцевого исполнения, DN15 – DN100 для резьбового исполнения; ²⁾ Массовый расход зависит от плотности среды; ³⁾ По заказу; ⁴⁾ δ_t – пределы допускаемой относительной погрешности измерений температуры среды, %; γ_p – пределы допускаемой приведенной погрешности измерений давления среды, %; δ_p – пределы допускаемой относительной погрешности измерений давления среды, %; δ_ρ – пределы допускаемой относительной погрешности измерений плотности среды, %.	

2. Перечень операций поверки

При проведении поверки должны выполняться операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень операций поверки

Наименование операции	Номер раздела (пункта) методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1. Внешний осмотр СИ	6	да	да
2. Подготовка к поверке и опробование СИ	7	да	да
3. Проверка программного обеспечения СИ	8	да	да
4. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям	9	да	да

5. Оформление результатов поверки	10	да	да
-----------------------------------	----	----	----

3. Требования к условиям проведения поверки

3.1. При проведении поверки в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха от 10 °С до 30 °С;
- скорость изменения температуры окружающего воздуха не более 2 °С/мин;
- скорость изменения температуры используемой при поверке среды не более 0,3 °С/мин;
- содержание свободного газа в жидкости не допускается;
 - требования к прямым участкам:
 - а) 7·DN до расходомера;
 - б) 3·DN после расходомера.

4. Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства измерений и вспомогательное оборудование, указанное в таблице 3.

Таблица 3 – Средства измерений и вспомогательное оборудование

Пункт МП	Метрологические и технические требования к эталонам, средствам поверки и оборудованию, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
7, 9	СИ температуры окружающей среды в диапазоне измерений от 10 °С до 30 °С, ПГ ±0,5 °С; СИ относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 %, ПГ ±5 %; СИ атмосферного давления в диапазоне от 80 до 106 кПа, ПГ ±0,5 кПа	Термогигрометр ИВА-6, регистрационный номер в Федеральном информационном фонде (далее – рег. №) 46434-11
9.1	Рабочий эталон 2-го разряда согласно приказа Росстандарта от 26 сентября 2022 г. № 2356	Установка поверочная автоматизированная УПРС+, рег. № 77099-19
9.2	Рабочий эталон 1-го разряда согласно приказа Росстандарта от 11 мая 2022 г. № 1133	Установка поверочная УПГ, рег. № 37319-10
9.3	Рабочий эталон 3-го разряда, согласно приказу Росстандарта от 19 ноября 2024 г. № 2712	Термометр ПТСВ, рег. № 32777-06
9.4	Рабочий эталон 4-го разряда, согласно приказу Росстандарта от 20 октября 2022 г. № 2653	Преобразователь давления эталонный ПДЭ-020, рег. № 58668-14
Примечание – Допускается использовать при поверке другие утверждённые и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утверждённого типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.		

При проведении поверки должны выполняться следующие требования безопасности:

- к проведению поверки допускаются лица, прошедшие инструктаж по технике безопасности на рабочем месте и имеет группу по технике электробезопасности не ниже второй;
- вся аппаратура, питающаяся от сети переменного тока, должна быть заземлена;
- все разъёмные соединения линий электропитания и линий связи должны быть исправны;
- соблюдать требования безопасности, указанные в технической документации наверяемые СИ, применяемые средства поверки и вспомогательное оборудование.

6. Внешний осмотр СИ

Результаты внешнего осмотра считаются положительными, если выполняются следующие требования:

- соответствие комплектности эксплуатационной документации;
- соответствие внешнего вида СИ описанию типа;
- отсутствие механических повреждений, препятствующих проведению поверки;
- наличие заводских номеров и маркировки.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

7. Подготовка к поверке и опробование СИ

7.1. Подготовить СИ и эталоны к проведению измерений в соответствии с руководством по эксплуатации.

7.2. Опробование совместить с определением метрологических характеристик.

7.3. Проверить соответствие условий поверки по п. 3.

7.4. Установить расходомер на поверочную установку и выдержать в течение 5 минут расход поверочной среды, равный примерно $(0,3 - 0,9) \cdot Q_{\max}$ (где $Q_{\max}$ – наибольшее значение объёмного расхода для данного типа расходомера) для удаления воздуха из контура измерений.

7.5. Герметичность расходомера подтверждается отсутствием течи и каплевывделений в местах соединений во время опробования на поверочную установку. В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

7.6. При поверке на газе (воздухе) расходомер должен быть выдержан во включённом состоянии на работающей установке не менее 5 минут.

8. Проверка программного обеспечения СИ

8.1. Вывести на дисплей расходомера данные о программного обеспечения в соответствии с руководством по эксплуатации.

Результат проверки считают положительным, если номер версии соответствует указанной в таблице 4. В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

Таблица 4 – Идентификационные данные программного обеспечения

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	VZVT
Номер версии (идентификационный номер) ПО	9.x
Примечание – «x» может принимать значение от 0 до 9 и не относится к метрологически значимой части ПО.	

9. Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям

При проведении поверки руководствуются положениями п. 9.1 для жидкостных исполнений расходомера или п. 9.2 для газовых. При указанных в паспорте K -факторах для двух сред поверку допускается проводить только на одной из них.

9.1. Определение относительной погрешности измерений объёмного или массового расхода (объёма или массы) жидкости

Схема подключения контрольно-измерительной аппаратуры приведена в руководстве по эксплуатации.

Определение относительной погрешности проводят на значениях расхода, соответствующих: $(0,09 - 0,15) \cdot G_{\max}$, $(0,25 - 0,45) \cdot G_{\max}$, $(0,5 - 0,9) \cdot G_{\max}$.

Расходомеры с первичными преобразователями, у которых диаметр больше или равен DN300, допускается поверять на расходах $(0,09 - 0,15) \cdot G_{\max}$, $(0,15 - 0,25) \cdot G_{\max}$, $(0,35 - 0,7) \cdot G_{\max}$.

Время проведения каждого измерения должно быть не менее 120 секунд или 1000 импульсов.

На каждом расходе проводят не менее трёх измерений.

Относительную погрешность измерений объёмного (массового) расхода δ_Q , % или объёма (массы) δ_V , %, определяют по формулам

$$\delta_Q = \frac{Q_i - Q_s}{Q_T} \cdot 100, \quad (1)$$

$$\delta_V = \frac{V_i - V_s}{V_s} \cdot 100, \quad (2)$$

где Q_i – расход по расходомеру, $\text{дм}^3/\text{ч}$ ($\text{кг}/\text{ч}$);
 Q_s – расход по поверочной установке, $\text{дм}^3/\text{ч}$ ($\text{кг}/\text{ч}$);
 V_i – объём (масса) по расходомеру, дм^3 (кг);
 V_s – объём (масса) по поверочной установке, дм^3 (кг).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности не превышают пределов, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

При положительном результате поверки погрешности измерений объёма (массы) жидкости расходомеры считаются прошедшими поверку погрешности измерений объёмного (массового) расхода жидкости. При положительном результате поверки погрешности измерений объёмного (массового) расхода жидкости расходомеры считаются прошедшими поверку погрешности измерений объёма (массы) жидкости.

9.2. Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода газа и объёмного расхода газа, приведённого к стандартным условиям

Определение относительной погрешности проводят на значениях расхода, соответствующих: $Q_{\min}$, $0,25 \cdot Q_{\max}$, $0,5 \cdot Q_{\max}$.

Расходомеры с первичными преобразователями, у которых диаметр больше или равен DN300, допускается поверять на расходах $Q_{\min}$, $0,2 \cdot Q_{\max}$, $0,4 \cdot Q_{\max}$.

Значения расходов устанавливают с допуском ± 10 %.

Примечание – При невозможности установить необходимый расход на установках с критическими соплами допускается устанавливать расход максимально близкий к рассчитанным значениям.

Относительную погрешность измерений объёмного расхода δQ , %, в каждой точке определить по формуле (1).

9.2.1 Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода газа

Значения объёмного расхода, полученные по показаниям расходомера Q_i , м³/ч, привести к условиям измерений на поверочной установке Q_3 , м³/ч, по формуле

$$Q_i = Q_3 \cdot \frac{P_3 \cdot T_i \cdot z_i}{P_i \cdot T_3 \cdot z_3}, \quad (3)$$

где P_3 – давление среды на участке эталонных преобразователей, Па;
 P_i – давление среды на участке расходомера, Па;
 T_3 – температура среды на участке эталонных преобразователей, К;
 T_i – температура среды на участке расходомера, К;
 z_3 – фактор сжимаемости среды, рассчитанный при температуре и давлении на участке эталонных преобразователей;
 z_i – фактор сжимаемости среды, рассчитанный при температуре и давлении на участке расходомера.

Фактор сжимаемости среды рассчитывается по формуле

$$z = \frac{1000 \cdot P}{\rho \cdot R \cdot T}, \quad (4)$$

где P – давление среды на данном участке, Па;
 ρ – плотность среды, кг/м³;
 T – температура среды на данном участке, К;
 R – газовая постоянная воздуха ($R = 0,287117$), кДж/(кг·К).

Плотность воздуха ρ , кг/м³, с учётом химической формулы (состава воздуха) рассчитывается по формуле

$$\rho = \frac{M}{V_M} = \frac{M}{22,4}, \quad (5)$$

где M – молекулярная масса, г/моль;
 V_M – молярный объём, дм³/моль.

Молярная масса влажного воздуха M , кг/кмоль, в зависимости от температуры T , К, давления P , МПа, относительной влажности ϕ , %, рассчитывается в соответствии с ГСССД 167-94 «Таблицы стандартных справочных данных. Влажный воздух. Термодинамические свойства в диапазоне температур 200...400 К, давлений 0,1...10 МПа и относительной влажности 0,2...1,0».

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности не превышают пределов, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

9.2.2 Определение относительной погрешности измерений объёмного расхода газа, приведённого к стандартным условиям (массового расхода)

Допускается проводить одновременно с п. 9.2.1.

Расчёты выполняются аналогично, при этом расход по установке и расход по расходомеру приводятся к стандартным значениям: давление 101325 Па, температура 293,16 К (+20 °С).

Относительную погрешность измерений массового расхода δ_{Qmi} , %, при i -ом измерении рассчитывают по относительной погрешности измерений объёмного расхода δ_{Qi} , %, с учётом погрешности вычисления плотности газа (воздуха) $\delta_{\rho i}$ при i -ом измерении по формуле

$$\delta_{Qmi} = \sqrt{\delta_{Qi}^2 + \delta_{\rho i}^2}, \quad (6)$$

где $\delta_{\rho i}$ – относительная погрешность измерений плотности воздуха, %, определяемая по формуле

$$\delta_{\rho i} = \sqrt{\delta_{qKi}^2 + \delta_{q\pi i}^2 + \delta_{qTi}^2}, \quad (7)$$

где $\delta_{q\pi i}$ – относительная погрешность измерений давления, %;
 δ_{qTi} – относительная погрешность измерений температуры, %;
 δ_{qKi} – относительная погрешность вычисления плотности, %, равная расширенной неопределённости расчётной плотности (фактора сжимаемости) согласно таблице 1 методики ГСССД МР 242-2015 «Методика ГСССД. Методика расчётного определения термодинамических свойств и коэффициента динамической вязкости сухого воздуха при температурах 60...1000 К и давлениях до 100 МПа».

Результаты поверки по данному пункту считают положительными, если относительная погрешность измерений объёмного или массового расхода не превышает значений, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

9.3. Определение погрешности расходомера при измерении температуры

Определение погрешности расходомера при измерении температуры проводят только для расходомеров укомплектованных встроенным преобразователем температуры.

Определение погрешности расходомера при измерении температуры допускается проводить двумя способами:

- при подключении к поверочной установке, в состав которой входит рабочий эталон единицы температуры;
- при применении рабочего эталона единицы температуры.

9.3.1 Определение погрешности расходомера при измерении температуры во время воспроизведения расхода на поверочной установке

Погрешность расходомера при измерении температуры определяют по показаниям датчика температуры, входящего в состав рабочего эталона расхода, и показаниям расходомера. Проводят не менее трёх измерений.

Абсолютную погрешность измерений температуры Δt , °С, рассчитывают по формуле

$$\Delta t = t_i - t_3, \quad (8)$$

где t_i – температура, измеренная расходомером, °С;
 t_3 – температура, измеренная эталоном температуры, °С.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности не превышают пределов, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

9.3.2 При определении абсолютной погрешности расходомера при измерении температуры с использованием рабочего эталона единицы температуры расходомер закрывают с одной стороны заглушкой и поворачивают так, чтобы измерительный канал находился в вертикальном положении. Затем заполняют измерительный канал жидкостью и погружают в него рабочий эталон единицы температуры. Дождаться стабилизации температуры. Провести не менее трёх измерений. Погрешность при измерении температуры определяют по формуле (6).

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности не превышают пределов, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

9.4. Определение приведённой (к верхнему пределу диапазона измерений) погрешности измерений давления газа

Определение погрешности проводится только для расходомеров, укомплектованных встроенным преобразователем давления.

Перед проведением поверки проточную часть расходомера (вставки) герметично закрывают с двух сторон заглушками и заполняют проточную часть водой. С одной стороны, в одной из заглушек должно быть резьбовое отверстие со штуцером. К штуцеру присоединяют эталонный преобразователь давления и воздушный компрессор или ручной жидкостной опрессовочный насос. При помощи компрессора или прессовочного насоса в проточной части расходомера создают давление в трёх точках, равномерно распределённых в диапазоне измерения встроенного в расходомер преобразователя давления, но не превышая максимального рабочего давления расходомера: P_{max} ; $0,5P_{max}$; $0,1P_{max}$, где P_{max} – максимальное давление шкалы преобразователя давления, встроенного в расходомер, МПа.

В каждой точке выполняют по одному измерению при прямом и обратном ходе и рассчитывают значение погрешности γ_{Pi} , %, по формуле

$$\gamma_{Pi} = \frac{P_{изм} - P_{эт}}{P_{max}} \cdot 100, \quad (9)$$

где $P_{изм}$ – давление, измеренная расходомером, МПа;
 $P_{эт}$ – давление, измеренное эталоном давления, МПа.

Результаты поверки по данному пункту считать положительными, если значения погрешности не превышают пределов, указанных в таблице 1.

В противном случае результат по данному пункту отрицательный.

10. Оформление результатов поверки

10.1. Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

10.2. Сведения о результатах поверки передаются в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.3. Положительные результаты поверки удостоверяются отметкой в паспорте и (или) дополнительно по заявлению владельца свидетельством о поверке, оформленным в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

10.4. Знак поверки на СИ не наносится.

10.4. Знак поверки на СИ не наносится.

10.5. При отрицательных результатах поверки СИ к эксплуатации не допускают и дополнительно по заявлению владельца оформляют извещение о непригодности в соответствии с действующими нормативными документами в области обеспечения единства измерений.

Разработали:

Начальник отдела 208

Ведущий инженер отдела 208

Б.А. Иполитов

А.А. Сулин

Приложение А (справочное)

Данные о мольной массе влажного воздуха M , кг/кмоль, в зависимости от температуры T , К, давления P , МПа, относительной влажности φ , %, (из ГСССД 167-94)

$T = 260 \text{ К}, P = 0,1 \text{ МПа}$	
φ	M
20	28,9557
40	28,9514
60	28,9471
80	28,9428
100	28,9385

$T = 300 \text{ К}, P = 0,1 \text{ МПа}$	
φ	M
20	28,8823
40	28,8046
60	28,7268
80	28,6491
100	28,5714

$T = 280 \text{ К}, P = 0,1 \text{ МПа}$	
φ	M
20	28,9382
40	28,9164
60	28,8946
80	28,8728
100	28,8510

$T = 320 \text{ К}, P = 0,1 \text{ МПа}$	
φ	M
20	28,7281
40	28,4962
60	28,2643
80	28,0325
100	27,8006