

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ РАСХОДОМЕТРИИ –
ФИЛИАЛ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИТАРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ МЕТРОЛОГИИ
им.Д.И.МЕНДЕЛЕЕВА»
ВНИИР – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора филиала по
развитию

 А. С. Тайбинский

« 18 » февраля 2022 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

КОМПЛЕКСЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ
«ВЫМПЕЛ-500» ИСПОЛНЕНИЙ «01», «02»

Методика поверки
МП 1375-13-2022

Начальник отдела НИО-13

 А.И. Горчев
Тел. отдела: (843)272-11-24

Казань
2022

1 Общие положения

Настоящий документ распространяется на комплексы измерительные ультразвуковые «Вымпел-500» исполнений «01», «02» (далее – комплекс, КИУ «Вымпел-500», прибор) и устанавливает последовательность и методику их первичных и периодических поверок.

Комплексы измерительные ультразвуковые «Вымпел-500» исполнений «01», «02» предназначены для измерений усреднённого объемного расхода и объема природного газа, воздуха и других однокомпонентных и многокомпонентных газов, находящихся в однофазном состоянии, с приведением его к стандартным условиям в соответствии с ГОСТ 2939-63 по методам ГОСТ Р 8.662-2009, ГОСТ 30319.2-2015, ГОСТ 30319.3-2015, ГСССД МР 112-03, ГСССД МР 113-03, ГСССД МР 118-05.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы объемного и массового расхода газа в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2825 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений объемного и массового расхода газа, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц объемного и массового расходов газа ГЭТ 118-2017 методом непосредственного сличения и методом косвенных измерений.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0,3 до 273,16 К ГЭТ 35-2021, методом непосредственного сличения.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы температуры в соответствии с ГОСТ 8.558-2009 Государственная система обеспечения единства измерений. Государственная поверочная схема для средств измерений температуры, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200°С ГЭТ 34-2020 методом непосредственного сличения.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы абсолютного давления в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 06.12.2019 № 2900 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па. подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц давления для области абсолютного давления в диапазоне $1 \cdot 10^{-1}$ - $7 \cdot 10^5$ Па (ГЭТ 101-2011) методом непосредственного сличения.

В ходе реализации данной методики поверки обеспечивается передача единицы избыточного давления в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 29.06.2018 г. № 1339 Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений избыточного давления до 4000 МПа. подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц давления в диапазоне 10-1600 МПа и эффективной площади поршневых пар грузопоршневых манометров в диапазоне 0,05-1 см ГЭТ 43-2013 и Государственному первичному эталону единиц давления - паскаля ГЭТ 23-2010 методом непосредственного сличения.

2 Перечень операций поверки средства измерений

1.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции согласно таблице 1.

Таблица 1

Наименование операции	Номер пункта методики поверки	Проведение операции при:	
		первичной поверке	периодической поверке
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	7	Да	Да
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	8	Да	Да
Проверка программного обеспечения средства измерений	9	Да	Да
Определение метрологических характеристик средства измерений	10	Да	Да
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	11	Да	Да
Оформление результатов поверки	12	Да	Да

3 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от минус 40 до плюс 60 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха до 80%;
- атмосферное давление от 84 до 106,7 кПа.

Рабочее давление на поверяемой установке должно быть не более допустимого рабочего давления поверяемого КИУ «Вымпел-500»

Поверку имитационным методом на месте эксплуатации, допускается проводить в текущих условиях окружающей и измеряемой среды, соответствующим рабочим диапазонам КИУ «Вымпел-500».

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению поверки допускаются лица, изучившие данную методику, эксплуатационную документацию на комплексы.

Работы по проведению поверки комплексов допускается проводить одному специалисту.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 2.

Таблица 2

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
10 Определение метрологических характеристик средства измерений	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда, поверочная среда: воздух при атмосферном давлении, диапазон задаваемого объемного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого счетчика, доверительные границы относительной погрешности не более $\pm 0,2\%$ (при $p=0,95$)	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда в диапазоне значений от 4 до 6500 м ³ /ч (регистрационный № 3.2.ДУЮ.0002.2019)
	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда, поверочная среда: природный газ при избыточном давлении, диапазон задаваемого объемного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого счетчика, доверительные границы относительной погрешности не более $\pm 0,25\%$ (при $p=0,95$)	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда в диапазоне значений от 500 до 70000 м ³ /ч (регистрационный № 3.7.ЕЕЕ.0009.2021)
	Диапазон задаваемых температур от минус 40 до 155 °С ; Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности $\pm 0,04$ °С, пределы допускаемой дополнительной погрешности от изменения температуры окружающей среды в диапазоне от 0 до 40 °С на 1 °С $\pm 0,0005\%$	Калибратор температуры серии АТС-R модели АТС156 исполнения В с внешним платиновым термометром сопротивления STS-100 А-901, регистрационный номер 20262-02
	Диапазон измерений относительной влажности от 0 до 90%; Пределы абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2,0\%$. Диапазон измерений температуры от -20 до +60 С; Пределы абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3$ °С. Диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа. Пределы абсолютной погрешности измерений атмосферного давления $\pm 2,5$ гПа.	Термогигрометр ИВА-6Н, регистрационный № 46434-11

	<p>Диапазон воспроизведения электрического сопротивления от 0 до 4000 Ом. Абсолютная погрешность воспроизведения электрического сопротивления ± 20 мОм в диапазоне от 0 до 100 Ом, $\pm(0,0001 \cdot X + 10 \text{ мОм})$ в диапазоне от 100 до 400 Ом, $\pm(0,0001 \cdot X + 20 \text{ мОм})$ в диапазоне от 40 до 4000 Ом.</p>	<p>Калибратор многофункциональный и коммуникатор BEAMEX MS6 (-R), регистрационный №52489-13</p>
	<p>Диапазон измерений температуры от минус 50 до плюс 199,99 °С. Пределы абсолютной погрешности измерения температуры $\pm 0,05$ °С.</p>	<p>Термометр лабораторный электронный ЛТ-300-Н, регистрационный № 61806-15</p>
	<p>Диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 4 МПа. Пределы приведенной к верхнему пределу измерений погрешности измерений абсолютного давления $\pm 0,075\%$.</p>	<p>Преобразователь давления измерительный Cerabar S PMP 71, регистрационный № 41560-09</p>
	<p>Диапазон измерений абсолютного давления от 0 до 20 МПа, пределы допускаемой приведенной к верхнему пределу погрешности $\pm 0,025\%$.</p>	<p>Калибратор многофункциональный ASC 300R, регистрационный № 25895-03</p>
<p><i>Примечание – Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице</i></p>		

Также при проведении поверки применяется аттестованное программное обеспечение для расчета теоретической скорости звука.

6 Требования(условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 При проведении поверки должны соблюдаться требования безопасности, указанные в:

- правила техники безопасности, действующие в месте проведения поверки;
- эксплуатационной документации на комплексы;
- эксплуатационной документации на средства поверки и вспомогательное оборудование, используемые при поверке.

6.2 Источником опасности при проведении поверки является – электрический ток, применяемый для работы поверочного оборудования.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1.1 На поверку должны быть представлены:

- КИУ «Вымпел-500»;
- руководство по эксплуатации ВМПЛ1.456.014 РЭ;
- формуляр ВМПЛ1.456.014 ФО.

Выдержка КИУ «Вымпел-500» перед поверкой после включения питания должна быть не менее 30 минут.

После установки КИУ «Вымпел-500» на поверочной установке проверяют герметичность мест подсоединения счетчика к поверочной установке.

7.1.2 Перед проведением поверки в поверяемый КИУ «Вымпел-500» вводятся параметры в соответствии с приложением А, включая параметры поверочной среды.

7.1.2 При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие внешнего вида КИУ «Вымпел-500» и составных частей требованиям эксплуатационной документации, комплектность;

- отсутствие механических повреждений, влияющих на работоспособность КИУ «Вымпел-500»;

- резьбы на соединительных элементах (разъемах) не должны иметь сорванных ниток и забоин.

- наличие маркировок на составных частях и соответствие сведений, указанных на них, параметрам, указанным в формуляре;

- наличие пломб.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 В режиме измерений наблюдают за показаниями давления, температуры, расхода газа, даты и текущего времени по индикатору КИУ «Вымпел-500» либо дисплею компьютера, с установленным на нем программным обеспечением «PoverkaUS» либо терминальной программой.

8.2 Опробование проводится при тех же условиях, что и поверка КИУ «Вымпел-500».

8.3 Результаты проверки работоспособности КИУ «Вымпел-500» считают положительными, если индикация ошибок на встроенном индикаторе КИУ «Вымпел-500» либо на установленном программном обеспечении «PoverkaUS» либо в терминальной программе отсутствует.

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

Процедура подтверждения соответствия программного обеспечения КИУ «Вымпел-500» включает в себя проверку:

- идентификационного наименования программного обеспечения;

- номера версии программного обеспечения;

- цифрового идентификатора (контрольной суммы) программного обеспечения.

При включении КИУ «Вымпел-500» на встроенный индикатор выводится наименование, номер версии и контрольная сумма программного обеспечения. Идентификационные данные КИУ «Вымпел-500» так же можно контролировать с помощью программного обеспечения «PoverkaUS» либо терминальной программы.

9.2 Результат проверки программного обеспечения считают положительным, если идентификационные данные соответствуют данным, указанным в описании типа.

9.3 При отрицательных результатах проверки программного обеспечения КИУ «Вымпел-500» дальнейшей поверке не подлежит.

10 Определение метрологических характеристик средства измерений

10.1 Определение погрешности измерения расхода и объема газа

Определение погрешности измерения расхода и объема газа производится на поверочной установке или имитационным методом.

Перед операцией поверки необходимо предварительно произвести коррекцию нулевого сигнала по измерению расхода и объёма газа:

1) КИУ «Вымпел-500» герметично закрывают со стороны фланцев; допускается перекрытие участка трубопровода с установленным прибором;

2) с помощью программного обеспечения «PoverkaUS» контролируют изменение давления $\gamma_{P_{max}}$ и температуры $\gamma_{T_{max}}$ измеряемой среды в течение 5 минут; допускаемые пределы изменения давления $\gamma_{P_{max}}$ и температуры $\gamma_{T_{max}}$ воздуха за 5 мин составляют $\gamma_{P_{max}} = \pm 0,2\%$; $\gamma_{T_{max}} = \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C}$;

3) с помощью программного обеспечения «PoverkaUS» выполняют процедуру коррекции нулевого сигнала по измерению расхода и объёма газа, продолжительность процедуры – не менее 100 секунд.

10.1.1 Определение погрешности измерения расхода и объёма газа на поверочной установке

Допускается проводить поверку в одном из поддиапазонов на основании письменного заявления владельца комплекса.

Измерения проводятся при следующих значениях объемного расхода Q_j : Q_{max} , $0,7Q_{max}$, $0,5Q_{max}$, $0,3Q_{max}$, $0,1Q_{max}$, $0,01Q_{max}$ и Q_{min} . Допускается производить измерения в произвольном числе равно распределенных значений расхода, (не менее 5 точек). Для удобства допускается округление дробной доли расхода в большую или меньшую сторону. Точность задания расхода $\pm 5\%$ от задаваемой величины, в течение всего процесса измерений отклонение расхода по показаниям эталонного преобразователя расхода от заданного значения расхода не должно превышать $\pm 0,01Q_{max}$.

Определяют относительную погрешность комплекса, в процентах, по формуле

$$\delta = \frac{Q_{ic} - Q_{etal}}{Q_{etal}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где Q_{etal} – расход по показаниям эталонной установки.

Q_{ic} – расход по показаниям комплекса.

Примечание: допускается введение корректировочных коэффициентов.

Комплекс считается прошедшим поверку, если значения относительной погрешности не превышают:

Таблица 3 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «01»

Класс точности	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{min} \leq Q_p < 0,01Q_{max}$	$0,01Q_{max} \leq Q_p \leq Q_{max}$
А	8	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
ББ	4	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$
Г	2	$\pm 1,5$	$\pm 1,0$

Таблица 4 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «02»

Класс точности	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{min} \leq Q_p < 0,01Q_{max}$	$0,01Q_{max} \leq Q_p \leq Q_{max}$
А(02)	8	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$

Б(02)	8	±1,0	±0,7
-------	---	------	------

10.1.2 Определение погрешности измерения расхода и объема газа имитационным методом

10.1.2.1 При проведении имитационной поверки снятого с трубопровода КИУ «Вымпел-500» его помещают в отдельное помещение, герметично закрывают со стороны фланцев с воздухом при атмосферном давлении в проточной части. Вместо воздуха допускается применение иной газовой смеси при атмосферном либо избыточном давлении с известным компонентным составом (например, природный газ по ГОСТ 30319.3-2015). Выдерживают в течение 3 часов при стабильной температуре окружающей среды и атмосферном давлении.

Так же КИУ «Вымпел-500» не должен подвергаться воздействию солнечных лучей и должен находиться на достаточном удалении от источников тепла, так как эти факторы могут привести к неравномерному нагреву корпуса КИУ «Вымпел-500» и возникновению внутри него конвекционных потоков.

С помощью программы «PoverkaUS» либо терминальной программы проводят измерения скорости звука и скорости потока газа. Для каждого акустического канала измерения скорости звука и потока газа выполняют не менее 3 раз в течение 5 мин с осреднением полученных результатов.

Допускаемые пределы изменения давления $\gamma_{P_{max}}$ и температуры $\gamma_{T_{max}}$ газа за 5 мин составляют:

$\gamma_{P_{max}} = \pm 0,2\%$; $\gamma_{T_{max}} = \pm 0,2$ °С, для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,7\%$;

$\gamma_{P_{max}} = \pm 0,4\%$; $\gamma_{T_{max}} = \pm 0,4$ °С, для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta > \pm 0,7\%$.

Результаты измерений скорости звука сравнивают с расчетной скоростью звука, вычисляемой с помощью сертифицированного программного обеспечения согласно ГСССД МР 112-03 (для воздуха).

Результаты имитационной поверки считаются положительными, если:

1) Измеренные значения скорости потока газа по каждому измерительному каналу за 5 мин не превышают по абсолютной величине:

0,006 м/с для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,7\%$;

0,012 м/с для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\pm 0,7\% < \delta \leq \pm 1,5\%$.

2) Отклонения расчетной скорости звука в газе от измеренных скоростей звука по каждому измерительному каналу за 5 мин не превышают 0,3%.

3) Наибольшее абсолютное отклонение измеренных скоростей звука по измерительным каналам за 5 мин не превышает $\pm 0,3$ м/с.

Полученные значения соответствуют пределам допускаемой относительной погрешности измерений расхода и объема газа для имитационного метода

Таблица 5 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «01»

Класс точности*	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{min} \leq Q_p < 0,01 Q_{max}$	$0,01 Q_{max} \leq Q_p \leq Q_{max}$
Б	4	±1,0	±0,7

В	4	±1,5	±1,0
Г	2	±1,5	±1,0
Д	2	±2,0	±1,5

Таблица 6 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «02»

Класс точности*	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{\min} \leq Q_p < 0,01 Q_{\max}$	$0,01 Q_{\max} \leq Q_p \leq Q_{\max}$
Б(02)	8	±1,0	±0,7

10.1.2.2 Проведение имитационной поверки комплекса без снятия его с измерительной линии возможно только в том случае, если участок трубопровода с комплексом может быть перекрыт с обеих сторон от комплекса, чтобы полностью исключить внутри него течение газа.

Поверку проводят при стабильном давлении и температуре измеряемой среды. Комплекс и участки трубопровода до запорной арматуры (но не менее 10DN) должны быть закрыты от попадания солнечных лучей, осадков и источников тепла.

С помощью программы «PoverkaUS» либо терминальной программы проводят измерения скорости звука и скорости потока газа. Эти измерения проводят не менее 3 раз в течение 5 мин с усреднением полученных результатов.

Допускаемые пределы изменения давления $\gamma_{P_{\max}}$ и температуры $\gamma_{T_{\max}}$ воздуха за 5 мин составляют:

$\gamma_{P_{\max}} = \pm 0,2\%$; $\gamma_{T_{\max}} = \pm 0,2$ °С, для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,7\%$;

$\gamma_{P_{\max}} = \pm 0,4\%$; $\gamma_{T_{\max}} = \pm 0,4$ °С, для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta > \pm 0,7\%$.

Допускается проведение поверки на протяжении длительного интервала времени с обработкой результатов измерений с помощью программы «PoverkaUS» и автоматизированным определением интервалов, в течение которых выполняются требования к изменению давления и температуры измеряемой среды. При этом длительность поверки не должна превышать 12 часов.

Измеренная скорость звука сравнивается со скоростью звука, определяемой с помощью сертифицированного программного обеспечения в соответствии с положениями ГОСТ 30319.2-2015, ГОСТ 30319.3-2015, ГОСТ Р 8.662-2009, ГСССД МР 112-03, ГСССД МР 113-03 либо ГСССД МР 118-05.

Результаты имитационной поверки считаются положительными, если:

1) Измеренные значения скорости потока газа по каждому измерительному каналу за 5 мин не превышают по абсолютной величине:

0,006 м/с для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\delta \leq \pm 0,7\%$;

0,012 м/с для КИУ с пределами допускаемой относительной погрешности при измерении объемного расхода $\pm 0,7\% < \delta \leq \pm 1,5\%$.

2) Отклонения расчетной скорости звука в газе от измеренных скоростей звука по каждому измерительному каналу за 5 мин не превышают 0,3%.

3) Взаимные абсолютные отклонения измеренных скоростей звука по измерительным каналам за 5 мин не превышают $\pm 0,3$ м/с.

Полученные значения соответствуют пределам допускаемой относительной погрешности измерений расхода и объема газа для имитационного метода

Таблица 7 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «01»

Класс точности*	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{\min} \leq Q_p < 0,01Q_{\max}$	$0,01Q_{\max} \leq Q_p \leq Q_{\max}$
Б	4	±1,0	±0,7
В	4	±1,5	±1,0
Г	2	±1,5	±1,0
Д	2	±2,0	±1,5

Таблица 8 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «02»

Класс точности*	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода в рабочих условиях, %	
		$Q_{\min} \leq Q_p < 0,01 Q_{\max}$	$0,01 Q_{\max} \leq Q_p \leq Q_{\max}$
Б(02)	8	$\pm 1,0$	$\pm 0,7$

10.2 Определение погрешностей измерительных каналов

Определение погрешностей измерительных каналов давления и температуры проводится поэлементно или при помощи эталонного оборудования

10.2.1 Определение погрешностей измерительных каналов давления и температуры поэлементно

Определение погрешностей измерительных каналов давления и температуры поэлементно проводится путем проверки наличия свидетельств о поверке на датчик абсолютного (избыточного) давления и термопреобразователь.

При определении погрешности измерительных каналов поэлементно, дополнительно необходимо провести проверку преобразования сопротивления.

10.2.1.1 Определение абсолютной погрешности по каналу измерения температуры при помощи калибратора многофункционального

Для определения абсолютной погрешности преобразования сопротивления термопреобразователя в температуру необходимо подключить к КИУ «Вымпел-500» калибратор многофункциональный.

В пределах диапазона измерений температуры КИУ «Вымпел-500» выбирают 5 значений температуры $t_{эти}$:

$$t_{эт1} = t_{\min};$$

$$t_{эт2} = 0,3t_{\max} + 0,7t_{\min};$$

$$t_{эт3} = 0,5t_{\max} + 0,5t_{\min};$$

$$t_{эт4} = 0,7t_{\max} + 0,3t_{\min};$$

$$t_{эт5} = t_{\max}.$$

Значения t_{\min} и t_{\max} выбирают согласно температурному диапазону измеряемой среды, указанному в описании типа (минус 23,15 и плюс 76,85 соответственно для природного газа, минус 40 и плюс 80 соответственно для других газов).

Далее, в соответствии с ГОСТ 6651, с помощью калибратора многофункционального последовательно задают 5 значений сопротивления, соответствующих выбранным значениям температуры. Для каждого из 5 измерений фиксируются: действительное значение температуры $t_{эти}$, соответствующее заданному значению сопротивления, и температура $t_{изми}$, измеренная комплексом.

Абсолютную погрешность преобразования сопротивления термопреобразователя в температуру для каждого выбранного значения температуры (сопротивления) рассчитывают по формуле

$$\Delta t_i = t_{изми} - t_{эти} \quad (2)$$

где $t_{изми}$ – i -ый результат измерения температуры КИУ «Вымпел-500»;

$t_{эi}$ – i -ое действительное значение температуры, соответствующее по ГОСТ 6651 заданному значению сопротивления.

Полученные по формуле (2) значения абсолютной погрешности не должны превышать пределы допустимой абсолютной погрешности преобразования значения сопротивления в значение температуры $\pm 0,05$ °С.

10.2.2 Определение погрешностей измерительных каналов давления и температуры при помощи эталонного оборудования

10.2.2.1 Определение приведенной погрешности канала измерения абсолютного (избыточного) давления.

Перед операцией поверки необходимо предварительно произвести коррекцию нулевого сигнала по каналу давления:

- 1) подается на штатный датчик давление, равное верхнему пределу измерения датчика давления;
- 2) прибор выдерживается при заданном давлении в течение двух минут;
- 3) давление сбрасывается до атмосферного, выдерживается три минуты и далее показания «нуля» датчика давления корректируются в соответствии с эксплуатационной документацией с помощью программного обеспечения «PoverkaUS» либо терминальной программы.

При проведении поверки канала измерения абсолютного давления с верхним пределом измерений свыше 0,25 МПа допускается в качестве значения P_{\min} выбирать давление, равное атмосферному давлению на момент поверки.

Для поверки канала измерения абсолютного давления с верхним пределом измерений 0,25 МПа необходимо использовать эталон абсолютного давления, а для поверки канала измерения абсолютного давления с верхним пределом измерений свыше 0,25 МПа допускается задавать избыточное давление вместо абсолютного, с учетом измеренного атмосферного давления по термогигрометру. После корректировки не допускается изменять положение датчика давления.

Далее на вход датчика абсолютного (избыточного) давления с помощью калибратора задаются значения давления.

Поверка проводится для следующих значений:

Абсолютное (избыточное) давление (P), в долях, относительно диапазона измерения ($P_{\min} \dots P_{\max}$)
P_{\min}
$0,3P_{\max} + 0,7P_{\min}$
$0,5P_{\max} + 0,5P_{\min}$
$0,7P_{\max} + 0,3P_{\min}$
P_{\max}

Приведенная к верхнему пределу погрешность канала абсолютного (избыточного) давления γ_p для каждого заданного значения рассчитывают в процентах по формуле

$$\gamma_p = [(P_{\text{изм}} - P_{\text{зад}}) / P_{\text{max}}] \cdot 100\%, \quad (3)$$

где $P_{\text{зад}}$ – значение величины, заданное с помощью калибратора, Па;

$P_{\text{изм}}$ – значение величины, индицируемое на экране комплекса либо в программном обеспечении «PoverkaUS» либо в терминальной программе, Па.

Полученные по формуле (3) значения приведенной к верхнему пределу погрешности не должны превышать:

Пределы допускаемой приведенной погрешности измерения избыточного (абсолютного) давления, % от верхнего предела измерений:	
вариант исполнения датчика давления А	$\pm(0,025 + 0,05(P/P_{\max}))$
вариант исполнения датчика давления Б	$\pm(0,05 + 0,1(P/P_{\max}))$

10.2.2.2 Определение абсолютной погрешности по каналу измерения температуры при помощи калибратора

Проверку проводят для следующих значений температуры:

Температура измеряемой среды (t) относительно диапазона измерения ($t_{\min} \dots t_{\max}$)
t_{\min}
$0,3t_{\max} + 0,7t_{\min}$
$0,5t_{\max} + 0,5t_{\min}$
$0,7t_{\max} + 0,3t_{\min}$
t_{\max}

Абсолютную погрешность по каналу измерения температуры (преобразования сопротивления термопреобразователя в соответствующие значения температуры) для каждого заданного значения рассчитывают по формуле:

$$\Delta_t = (t_{изм} - t_{зад}), \quad (4)$$

где Δ_t – абсолютная погрешность, °С;

$t_{зад}$ – значение температуры, заданное с помощью калибратора, °С;

$t_{изм}$ – значение температуры, индицируемое на экране комплекса либо в программном обеспечении «PoverkaUS» либо в терминальной программе, °С.

Полученные по формуле (4) значения абсолютной погрешности не должны превышать:

Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры, °С:	
класс допуска термопреобразователя АА	$\pm \sqrt{(0,1 + 0,0017 t)^2 + \Delta^2}$
класс допуска термопреобразователя А	$\pm \sqrt{(0,15 + 0,002 t)^2 + \Delta^2}$
	где $\Delta = \pm 0,05$ – погрешность преобразования значения сопротивления в значение температуры;
	t – значение температуры, °С,

10.3 Определение относительной погрешности вычисления объёмного расхода и объёма газа, приведенного к стандартным условиям

В комплексе при помощи программного обеспечения «PoverkaUS» либо терминальной программы заносят температуру, давление и состав газа, указанные в контрольных примерах

ГОСТ Р 8.662-2009, ГОСТ 30319.2-2015, ГОСТ 30319.3-2015, ГСССД МР 112-03, ГСССД МР 113-03, ГСССД МР 118-05 (Приложение Б).

Погрешность при вычислении объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, рассчитывают по формуле

$$\delta_v = \frac{Q_{\text{стКИУ}} - Q_{\text{ГОСТ}}}{Q_{\text{ГОСТ}}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где $Q_{\text{стКИУ}}$ – объемный расход, индицируемый на экране комплекса либо в программном обеспечении «PoverkaUS» либо в терминальной программе;

$Q_{\text{ГОСТ}}$ – объемный расход согласно контрольным примерам.

Результаты поверки считают положительными, если относительная погрешность при вычислении объемного расхода и объема газа, приведенного к стандартным условиям, не превышает $\pm 0,005\%$.

10.4 Определение погрешности измерения расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям

Определение погрешности измерения расхода газа, приведенного к стандартным условиям, без учета погрешности определения коэффициента сжимаемости и факторов, определяющих физико-химические свойства газа, осуществляется при рабочем давлении не менее $0,2P_{\text{max}}$ (где P_{max} – верхний предел измерения давления датчиком давления), по формуле:

$$\delta Q_{\text{СТ}} = \pm \sqrt{\delta Q_P^2 + \delta_P^2 + \delta_t^2 + \delta_s^2}, \quad (6)$$

где $\delta Q_{\text{СТ}}$ - относительная погрешность измерения расхода и объема газа, приведенных к стандартным условиям;

δQ_P - пределы допускаемой относительной погрешности измерения расхода и объема газа в рабочих условиях (согласно таблицам 3, 4 и 5);

δ_P - пределы допускаемой относительной погрешности измерения абсолютного давления;

δ_t - пределы допускаемой относительной погрешности измерения температуры;

δ_s - пределы допускаемой относительной погрешности вычисления расхода, приведенного к стандартным условиям.

Пределы относительной погрешности измерения абсолютного давления вычисляются по следующим формулам:

Для варианта исполнения датчика давления А: $\delta_P = \pm(0,05 + 0,025P_{\text{max}}/P); \quad (7a)$

Для варианта исполнения датчика давления Б: $\delta_P = \pm(0,1 + 0,05P_{\text{max}}/P); \quad (7б)$

где P_{max} - верхний предел измерения давления (из формуляра на КИУ «Вымпел-500»);

P - давление в рабочих условиях; значение P принимается равным $0,2P_{\text{max}}$.

Пределы относительной погрешности измерения избыточного давления вычисляются по следующей формуле:

Для варианта исполнения датчика давления А:

$$\delta_p = \sqrt{(0,05 + 0,025P_{max}/P)^2 + (\delta P_6 \cdot P_{6max}/P_6)^2}; \quad (8a)$$

Для варианта исполнения датчика давления Б:

$$\delta_p = \sqrt{(0,1 + 0,05P_{max}/P)^2 + (\delta P_6 \cdot P_{6max}/P_6)^2}; \quad (8б)$$

где δP_6 - приведенная погрешность измерения атмосферного (барометрического) давления;

P_{6max} - верхний предел измерения атмосферного (барометрического) давления;

P_6 - среднее значение атмосферного (барометрического) давления в рабочих условиях.

Пределы относительной погрешности измерения температуры вычисляются по формуле:

$$\delta_T = \frac{\Delta t}{273,15 + t} \cdot 100, \quad (9)$$

где Δt - пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения температуры для термопреобразователей сопротивления класса АА:

$$\Delta t = \pm \sqrt{(0,1 + 0,0017|t|)^2 + 0,0025}, \quad (10a)$$

для термопреобразователей сопротивления класса А:

$$\Delta t = \pm \sqrt{(0,15 + 0,002|t|)^2 + 0,0025}; \quad (10б)$$

t - температура в рабочих условиях (°С), принимается равным верхнему значению рабочего диапазона (из формуляра на КИУ «Вымпел-500»).

Величина $\delta Q_{ст}$ не должна выходить за границы допускаемых значений, указанных в таблицах 9 и 10 в соответствии с вариантом исполнения КИУ.

Таблица 9 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «01»

Класс точности	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода, приведенного к стандартным условиям, без учета погрешности определения коэффициента сжимаемости, при рабочем давлении не менее $0,2P_{max}$, %	
		$Q_{min} \leq Q_p < 0,01Q_{max}$	$0,01Q_{max} \leq Q_p \leq Q_{max}$
А	8	±0,85	±0,65
ББ	4	±0,85	±0,65
Б	4	±1,15	±0,85
В	4	±1,65	±1,15
Г	2	±1,65	±1,15
Д	2	±2,15	±1,65

Таблица 10 – Метрологические характеристики КИУ «Вымпел-500» исп. «02»

Класс точности*	Кол-во измерительных каналов	Пределы допускаемой относительной погрешности измерений расхода, приведенного к стандартным условиям, без учета погрешности определения коэффициента сжимаемости, при рабочем давлении не менее $0,2P_{max}$, %	
		$Q_{min} \leq Q_p < 0,01Q_{max}$	$0,01Q_{max} \leq Q_p \leq Q_{max}$
А(02)	8	$\pm 0,85$	$\pm 0,65$
Б(02)	8	$\pm 1,15$	$\pm 0,85$

11 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

Производится проверка соответствия метрологических характеристик, определенных в разделе «Определение метрологических характеристик средства измерений» с метрологическими характеристикам, приведенными в описании типа.

Результаты поверки считаются положительными если метрологические характеристики полученные в п.10 соответствуют приведенным в описании типа.

12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколами произвольной формы.

12.2 Знак поверки ставится в свидетельство о поверке (при заявлении).

12.3 При положительных результатах поверки КИУ «Вымпел-500» признают годным к применению, оформляют свидетельство о поверке (при заявлении) в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» и передают сведения в информационный фонд. При проведении поверки отдельных измерительных каналов, в свидетельстве указывается, что КИУ «Вымпел-500» поверен в части определенных каналов. Также указывается в каком поддиапазоне поверен КИУ «Вымпел-500».

12.4 Если КИУ «Вымпел-500» по результатам поверки признан непригодным к применению выписывают извещение о непригодности к применению (при заявлении) в соответствии с Приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» и передают сведения в информационный фонд.

Приложение А
(обязательное)
Программируемые параметры КИУ «Вымпел-500»

Наименование параметра
Измеряемая среда
Атмосферное давление, кгс/см ²
Внутренний диаметр первичного преобразователя, мм
Длина акустического канала, мм
Угол наклона акустического канала, градусы
Нижний и верхний пределы давления измеряемой среды, МПа
Нижний и верхний пределы температуры измеряемой среды, °С
Тип термопреобразователя сопротивления
Нижний и верхний пределы расхода измеряемой среды в рабочих условиях, м ³ /ч
Метод расчета коэффициента сжимаемости
Плотность газа в нормальных условиях, кг/м ³
Компонентный состав измеряемой среды в молярных долях
Калибровочные коэффициенты (К-фактор)

Приложение Б
(обязательное)
Контрольные примеры

Условные обозначения:

$Q_{р.у.}$ – объемный расход в рабочих условиях;

T – температура измеряемой среды;

P – давление измеряемой среды;

$\rho_{ст.у.}$ – плотность измеряемой среды в стандартных условиях;

$Q_{расч.}$ – расчетное значение объемного расхода, приведенного к стандартным условиям;

$Q_{выч.}$ – вычисленное прибором значение объемного расхода, приведенного к стандартным условиям.

Таблица Б.1 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа на основе ГОСТ 30319.2-2015.

Состав газа:

- азот (N_2) - 0,3 мол. %
- диоксид углерода (CO_2) - 0,6 мол. %

$Q_{р.у.}, M^3/ч$	$T, ^\circ C$	P, MPa	$\rho_{ст.у.}, кг/м^3$	$Q_{расч.}, M^3/ч$
50	26,85	2,0	0,7	998,765

Таблица Б.2 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа на основе ГОСТ 30319.3-2015.

Состав газа:

- метан (CH_4) - 96,5 мол. %
- этан (C_2H_6) - 1,8 мол. %
- пропан (C_3H_8) - 0,45 мол. %
- и-бутан (и- C_4H_{10}) - 0,1 мол. %
- н-бутан (н- C_4H_{10}) - 0,1 мол. %
- и-пентан (и- C_5H_{12}) - 0,05 мол. %
- н-пентан (н- C_5H_{12}) - 0,03 мол. %
- н-гексан (н- C_6H_{14}) - 0,07 мол. %
- азот (N_2) - 0,3 мол. %
- диоксид углерода (CO_2) - 0,6 мол. %

$Q_{р.у.}, M^3/ч$	$T, ^\circ C$	P, MPa	$Q_{расч.}, M^3/ч$
50	26,85	5,0	2639,35

Таблица Б.3 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости природного газа на основе ГОСТ Р 8.662-2009.

Состав газа:

- метан (CH ₄)	- 96,5 мол. %
- этан (C ₂ H ₆)	- 1,8 мол. %
- пропан (C ₃ H ₈)	- 0,45 мол. %
- и-бутан (и-C ₄ H ₁₀)	- 0,1 мол. %
- н-бутан (н-C ₄ H ₁₀)	- 0,1 мол. %
- и-пентан (и-C ₅ H ₁₂)	- 0,05 мол. %
- н-пентан (н-C ₅ H ₁₂)	- 0,03 мол. %
- н-гексан (н-C ₆ H ₁₄)	- 0,07 мол. %
- азот (N ₂)	- 0,3 мол. %
- диоксид углерода (CO ₂)	- 0,6 мол. %

Q _{р.у.} , м ³ /ч	T, °C	P, МПа	Q _{расч.} , м ³ /ч
50	26,85	5,0	2639,36

Таблица Б.4 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости сухого воздуха на основе ГСССД МР 112-03.

Q _{р.у.} , м ³ /ч	T, °C	P, МПа	Q _{расч.} , м ³ /ч
50	26,85	0,1	48,216

Таблица Б.5 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости влажного нефтяного газа на основе ГСССД МР 113-03.

Состав газа:

- метан (CH ₄)	- 72,389 мол. %
- этан (C ₂ H ₆)	- 14,278 мол. %
- пропан (C ₃ H ₈)	- 7,518 мол. %
- и-бутан (и-C ₄ H ₁₀)	- 0,849 мол. %
- н-бутан (н-C ₄ H ₁₀)	- 1,568 мол. %
- и-пентан (и-C ₅ H ₁₂)	- 0,29 мол. %
- н-пентан (н-C ₅ H ₁₂)	- 0,25 мол. %
- н-гексан (н-C ₆ H ₁₄)	- 0,12 мол. %
- гептан (C ₇ H ₁₆)	- 0,04 мол. %
- азот (N ₂)	- 0,929 мол. %
- диоксид углерода (CO ₂)	- 1,558 мол. %
- сероводород (H ₂ S)	- 0,01 мол. %
- кислород (O ₂)	- 0,07 мол. %
- водяной пар (H ₂ O)	- 0.131 мол. %

Q _{р.у.} , м ³ /ч	T, °C	P, МПа	Q _{расч.} , м ³ /ч
50	10	0,7	366,747

Таблица Б.6 Комбинация параметров при вычислении коэффициента сжимаемости умеренно-сжатых газовых смесей на основе ГСССД МР 118-05.

Состав газа:

- метан (CH ₄)	- 73,5 мол. %
- этан (C ₂ H ₆)	- 3,3 мол. %
- пропан (C ₃ H ₈)	- 0,74 мол. %
- и-бутан (и-C ₄ H ₁₀)	- 0,08 мол. %
- н-бутан (н-C ₄ H ₁₀)	- 0,08 мол. %
- и-пентан (и-C ₅ H ₁₂)	- 0,04 мол. %
- н-пентан (н-C ₅ H ₁₂)	- 0,04 мол. %
- н-гексан (н-C ₆ H ₁₄)	- 0,06 мол. %
- азот (N ₂)	- 10,0 мол. %
- диоксид углерода (CO ₂)	- 1,6 мол. %
- сероводород (H ₂ S)	- 0,02 мол. %
- кислород (O ₂)	- 0,01 мол. %
- водород (H ₂)	- 9,5 мол. %
- аргон (Ar)	- 0,01 мол. %
- монооксид углерода (CO)	- 1,0 мол. %
- гелий (He)	- 0,02 мол. %

Q _{р.у.} , м ³ /ч	T, °C	P, МПа	Q _{расч.} , м ³ /ч
50	16,85	5,0	2686,31