

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
(Росстандарт)
Федеральное бюджетное учреждение
«Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний
в Тюменской и Курганской областях, Ханты-Мансийском автономном округе-Югре,
Ямало-Ненецком автономном округе»
(ФБУ «Тюменский ЦСМ»)



СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора по метрологии
ФБУ «Тюменский ЦСМ»

А.В. Синцов

2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

ДАТЧИКИ РАСХОДА ГАЗА «DYMETIC-1223M»

Методика поверки

1223M.00.000 МП2

Тюмень
2023

Разработана:

Акционерное общество «Даймет»

Главный метролог

Россохин В.Е.

Инженер по метрологии

Николаева Н.Е.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Настоящая методика поверки (далее – МП) распространяется на датчики расхода газа «DYMETIC-1223M» (далее – датчики), предназначенные для измерения объёма и объёмного расхода газа в рабочих условиях и, опционально, температуры, давления и объёма газа, приведённого к стандартным условиям.

МП устанавливает объём, порядок и методику первичной и периодической поверок датчиков путем передачи единицы величины от эталона средствам измерений методом непосредственного сличения. Выполнение требований настоящей методики обеспечивает прослеживаемость датчиков к государственному первичному эталону ГЭТ 118-2017 «Государственный первичный эталон единиц объёмного и массового расходов газа» согласно с государственной поверочной схемой для средств измерений объёмного и массового расходов газа, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 11.05.2022 № 1133.

В настоящей МП приняты следующие сокращения и обозначения:

вычислитель – вычислитель серии «DYMETIC», теплоэнергоконтроллер ИМ2300 или аналогичные;

рег. № – регистрационный номер в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений;

СИ – средства измерений

МХ – метрологические характеристики датчика

$Q_{\min}$ – наименьший расход поверяемого датчика, м³/ч;

$Q_{\max}$ – наибольший расход поверяемого датчика, м³/ч;

Q_n – номинальный расход поверяемого датчика, равный $0,5 Q_{\max}$, м³/ч;

Q_{11} – переходный расход поверяемого датчика – расход, при котором изменяется номинальное значение погрешности его измерения, м³/ч;

P_y – условное давление, МПа;

D_y – условный диаметр датчика, мм;

ПО – программное обеспечение;

ПС – паспорт;

ЭД – эксплуатационная документация.

КМЧ – комплект монтажных частей.

ГСССД МР 220-2014 – Методика расчётного определения плотности, фактора сжимаемости, скорости звука, показателя адиабаты и коэффициента динамической вязкости влажного воздуха при температурах от 10 до 30 °С и давлениях от 90 до 1000 кПа и относительной влажности от 0 до 95 %;

ГСССД МР 228-2014 – Методика расчётного определения термодинамических свойств, коэффициента динамической вязкости и теплопроводности азота при температурах 65...1000 К и давлениях до 200 МПа на основе таблиц ССД «ГСССД 283-2013».

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ

Таблица 1 – Перечень операций поверки

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операции поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
1	2	3	4
Внешний осмотр средства измерений	Да	Да	6
Поверка средств измерений, находящихся в составе датчика опционального исполнения	Да	Да	7
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	8.1
	Да	Нет	8.2
Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям			9
Определение метрологических характеристик датчика			9.1
Определение относительной погрешности датчика при измерении объема по частотному (числоимпульсному) выходному сигналу.	Да	Да	9.1.1
Определение абсолютной погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал RS485	Да	Нет	9.1.2
Определение абсолютной погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал HART (только для датчика с опциональным исполнением по выходным сигналам HART)	Да	Нет	9.1.3
Определение приведённой погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4–20 мА	Да	Нет	9.1.4
Определение метрологических характеристик датчика имитационным методом			9.2
Определение относительной погрешности датчика при измерении скорости звука в воздухе (далее – погрешность $\delta C1$)	Да	Да	9.2.1
Определение относительной погрешности датчика при измерении скорости звука в азоте (далее – погрешность $\delta C2$)	Нет	Да	9.2.2

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Определение соответствия скорости потока газа по показаниям датчика при нулевом значении расхода	Да	Да	9.2.3
Примечания: 1 Операции по 9.1.3 только для исполнения с цифровым интерфейсом HART; 2 Периодическую поверку допускается проводить по одному из пунктов: 9.1.1, 9.2.1, 9.2.2 или 9.2.3.			

3 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

3.1 При проведении поверки по 9.1.1 – 9.1.4 должны соблюдаться следующие условия:

- температура окружающего воздуха от плюс 15 до плюс 25 °С;
- относительная влажность окружающего воздуха от 30 до 80 %;
- атмосферное давление от 95 до 105 кПа;
- электрическое питание постоянный ток напряжением (24 ± 2) В;
- соотношение доверительных границ относительной погрешности поверочной установки и пределов допускаемой относительной погрешности датчика должно быть не более 1/2 – для установок, работающих с избыточным давлением, и 1/2,5 – для установок, работающих без избыточного давления.

Отклонение параметров поверочной среды от исходного значения в процессе одной серии измерений должно быть не более:

- давления $\pm 0,5$ %;
- температуры $\pm 0,3$ °С;
- расхода $\pm 0,05$ %.

Длина прямолинейного участка трубопровода до и после датчика должна составлять соответственно $20 D_y$ и $5 D_y$ датчика, при этом внутренний диаметр прямолинейного участка должен быть равен внутреннему диаметру на входе поверяемого датчика с допускаемыми отклонениями $\pm 0,5$ мм для $D_y \leq 100$ мм и $\pm 1,0$ мм – для $D_y > 100$ мм или значению, указанному в ЭД датчика.

Датчик исполнения по КМЧ «Т8» поверяется в комплекте с формирователем Φ и прямолинейным участком из состава его КМЧ с подсоединением на вход Φ прямолинейного участка длиной не менее $10 D_y$.

Датчики исполнения «В» и «ВЛ» поверяются на измерительном участке с монтажными комплектами 1223Т.70.07.900 (D_y 200 мм) или 1223Т.70.09.900 (D_y 300 мм).

3.2 При проведении поверки по 9.2.1 и первичной поверки по 9.2.3 должны соблюдаться следующие условия:

- поверочная среда – атмосферный воздух
- абсолютное давление от 95 до 105 кПа
- температура от плюс 10 до плюс 30 °С;
- относительная влажность от 0 до 95 %.

Изменение параметров поверочной среды за время поверки не более:

- абсолютное давление ± 5 кПа;

- температура $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- относительная влажность $\pm 5\text{ }\%$.

3.3 При проведении поверки по 9.2.2 должны соблюдаться следующие условия:

- поверочная среда – повышенной чистоты азот по ГОСТ 9293-74.
- абсолютное давление в проточной части датчика от 85 до 115 кПа;
- температура в проточной части датчика от 0 до плюс $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Изменение параметров поверочной среды за время поверки не более:

- абсолютное давление $\pm 10\text{ кПа}$;
- температура $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$;

3.4 При проведении периодической поверки по 9.2.3 должны соблюдаться следующие условия:

- абсолютное давление в проточной части датчика от 85 кПа до значения P_y датчика;
- температура в проточной части датчика от минус 20 до плюс $40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Изменение температуры поверочной среды за время поверки не более $\pm 0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

4 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ

4.1 При проведении поверки используются средства поверки, указанный в таблице 1.

Таблица 2 – Средства поверки

Ссылка на пункт методики поверки	Требования к средствам поверки	Пример возможного средства поверки
1	2	3
п. 8.1 п. 9	Диапазон измерений температуры от плюс 10 до плюс $30\text{ }^{\circ}\text{C}$	Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТС-А, рег. № 25948-11
	Диапазон измерений относительной влажности окружающего воздуха от 0 до 95 %	Преобразователь влажности и температуры ДВ2ТС-А, рег. № 25948-11
	Диапазон измерений атмосферного давления от 95 до 105 кПа	Барометр-анероид контрольный М-67, рег. № 3744-73
	Диапазон установки выходного напряжения постоянного тока от 22 до 26 В	Источник питания постоянного тока импульсный АКИП-1102, рег. № 37469-08

Продолжение таблицы 2

1	2	3
п. 9.1.1	Рабочий эталон единицы объемного расхода газа 1 разряда согласно государственной поверочной схеме для средств измерений объемного и массового расходов газа, утвержденной приказом Росстандарта от 11.05.2022 № 1133. Диапазон задаваемого объемного расхода должен соответствовать рабочему диапазону поверяемого датчика с пределом основной погрешности $\pm 0,3\%$	3.7.ABГ.0002.2021 Установка поверочная газовая УПСГ-5000М "DYMETIC-7822"
п. 9.1.4	Диапазон измерений силы постоянного тока от 4 до 20 мА, пределы допускаемой абсолютной погрешности не более $\pm 0,004$ мА	47999.11.1P.00307677 Калибратор многофункциональный Calog мод. Calog-Loop II-R
п. 9.1.2, п. 9.2.1, п. 9.2.3	Преобразователь интерфейсов RS485-USB скорость обмена до 9600 бит/с	Элемер МИГР-05Г-3 или RS232-RS485 DELTA IFD8500
п. 9.1.3, п. 9.2.1, п. 9.2.3	HART-USB модем (только для опционального исполнения датчика с цифровым интерфейсом HART)	Элемер-НМ-10/U
п. 9.1.2, п. 9.2.1	Программное обеспечение для взаимодействия с датчиком	ПО «mbReader»
п. 9.1.3, п. 9.1.4	Программное обеспечение для взаимодействия с датчиком	ПО «hReader»
п. 9.1.4.2	Программное обеспечение для взаимодействия с датчиком	ПО «DDR»
Примечание – Допускается применение аналогичных средств поверки с метрологическими и техническими характеристиками, обеспечивающими требуемую точность передачи единиц величин поверяемому средству измерений.		

4.2 Применяемые при поверке СИ должны быть поверены, а эталоны аттестованы. Результаты поверки СИ и аттестации эталонов подтверждаются сведениями, размещенными в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений.

5 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ

5.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие настоящую методику, руководства по эксплуатации средства измерений и средств поверки.

5.2 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования безопасности:

– монтаж электрических соединений должен производиться в соответствии с ГОСТ 12.3.032-84 и «Правилами устройства электроустановок»;

– электрические испытания должны проводиться в соответствии с требованиями ГОСТ 12.3.019-80.

6 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

6.1 При проведении внешнего осмотра должно быть установлено соответствие поверяемых средств измерений следующим требованиям:

- комплектность и маркировка должны соответствовать приведенным в ЭД;
- на средствах измерений не должно быть механических повреждений, влияющих на работоспособность и погрешность;
- дефекты, препятствующие чтению надписей и маркировки, должны отсутствовать;
- заводские номера, указанные в ЭД, должны соответствовать номерам, нанесённым на составных частях датчика;
- типоразмер датчика должен соответствовать указанному в ЭД.

Результаты осмотра считают удовлетворительными, если выполняются вышеуказанные требования. Датчик, забракованный при внешнем осмотре, дальнейшей поверке не подлежит.

7 ПОВЕРКА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В СОСТАВЕ ДАТЧИКА ОПЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛНЕНИЯ

7.1 Поверку вычислителя, датчиков давления и температуры проводят в соответствии с методиками поверки, установленными при утверждении типа данных средств измерений.

7.2 В состав датчика опционального исполнения включают средства измерений, прошедшие поверку с положительным результатом.

8 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ

8.1 Перед проведением поверки должны быть выполнены следующие подготовительные работы:

- проверка наличия и срока действия знаков поверки;
- подготовка к работе рабочих эталонов и вспомогательных средств поверки согласно их ЭД;

8.1.1 Для обеспечения поверки по 9.1 следует выдержать датчик перед проведением поверки в нерабочем состоянии не менее 8 ч в условиях 3.1, а затем выдержать во включённом состоянии при этих же условиях не менее 10 мин. После монтажа на измерительном участке перед проведением поверки датчик выдержать на расходе $(1 - 1,1) Q_n$ не менее 10 мин.

8.1.2 Для обеспечения поверки по 9.2.1 датчик следует поместить и выдержать в помещении в условиях 3.2 не менее 8 ч (поверка датчика с демонтажом с измерительного участка трубопровода). Для конструктивного исполнения «Ф» на входное и выходное отверстия датчика устанавливают заглушки (заглушки должны обеспечивать отсутствие конвекции воздуха внутри корпуса датчика, при этом давление внутри должно оставаться равным атмосферному), а для исполнений «ФВ», и «В», «ФВЛ» и «ВЛ» зонд датчика помещают в закрытый бокс. Одна из заглушек или бокс должны иметь отверстия для монтажа датчиков температуры и влажности (допускается датчик влажности воздуха размещать в непосредственной близости от заглушек или бокса). Далее, выдержать датчик в условиях 3.2 не менее 10 минут до стабилизации температуры внутри датчика (бокса) и зафиксировать значения атмосферного давления, относительной влажности и температуры.

8.1.3 Для обеспечения поверки по 9.2.2 следует изолировать участок трубопровода с датчиком от потока газа закрытием запорной арматуры до и после датчика (поверка датчика без демонтажа с измерительного участка трубопровода). Удалить газ из изолированного участка до тех пор, пока показания датчика давления в изолированном участке не достигнут значения атмосферного давления. Методом вытеснения заменить рабочую среду в изолированном участке азотом. Далее, выдержать датчик в условиях 3.3 не менее 10 мин до стабилизации показаний датчика температуры, установленного в измерительном участке.-

8.1.4 Для обеспечения первичной поверки по 9.2.3 датчик следует поместить и выдержать в помещении в условиях 3.2 не менее 8 ч (поверка датчика с демонтажом с измерительного участка трубопровода). Для конструктивного исполнения «Ф» на входное и выходное отверстия датчика устанавливаются заглушки (заглушки должны обеспечивать отсутствие конвекции воздуха внутри корпуса датчика, при этом давление внутри должно оставаться равным атмосферному), а для исполнений «ФВ», и «В», «ФВЛ» и «ВЛ» зонд датчика помещают в закрытый бокс. Далее, выдержать датчик в условиях 3.2 не менее 10 мин до стабилизации показаний датчика температуры, установленного в измерительном участке.

8.1.5 Для обеспечения периодической поверки по 9.2.3 следует изолировать участок трубопровода с датчиком от потока газа закрытием запорной арматуры до и после датчика (поверка датчика без демонтажа с измерительного участка трубопровода). Участок трубопровода с установленным датчиком должен быть полностью перекрыт и обеспечено отсутствие течения и конвективных потоков измеряемой среды. Далее, выдержать датчик в условиях 3.4 не менее 10 мин до стабилизации показаний датчика температуры, установленного в измерительном участке.

8.2 Перед поверкой по 9.1 провести опробование датчика на поверочной установке, обеспечивающей воспроизведение расхода воздуха любой величины внутри диапазона расходов поверяемого датчика (рисунок 1).



Рисунок 1 – Схема соединений при опробовании датчика.
Н -турбокомпрессор (вентилятор или др.)

Результаты опробования считают удовлетворительными, если дисплей датчика индицирует значение расхода и его изменение в большую или меньшую сторону при увеличении или уменьшении расхода воздуха соответственно, а при отсутствии расхода индицирует нулевое значение.

9 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ

9.1 Определение метрологических характеристик датчика

9.1.1 Определение относительной погрешности датчика при измерении объема по частотному (числоимпульсному) выходному сигналу.

Относительную погрешность датчика при измерении объема по частотному (числоимпульсному) выходному сигналу (далее – погрешность δ_v) определяют при выпуске из производства и после ремонта с помощью поверочной установки, обеспечивающей создание и контроль расходов поверочной среды, соответствующих диапазону измерений поверяемого датчика (рисунок 2).

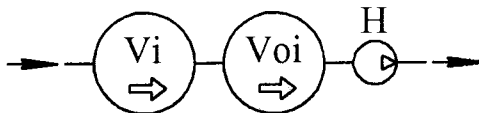


Рисунок 2 – Схема пневматическая соединений при определении относительной погрешности измерения объёма
Н -турбокомпрессор (вентилятор или др.)

Схема электрическая соединений при определении относительной погрешности измерения объёма должна соответствовать рисунку 3 (подключение по цифровым RS485 и HART и токовым выходным сигналам допускается не выполнять).

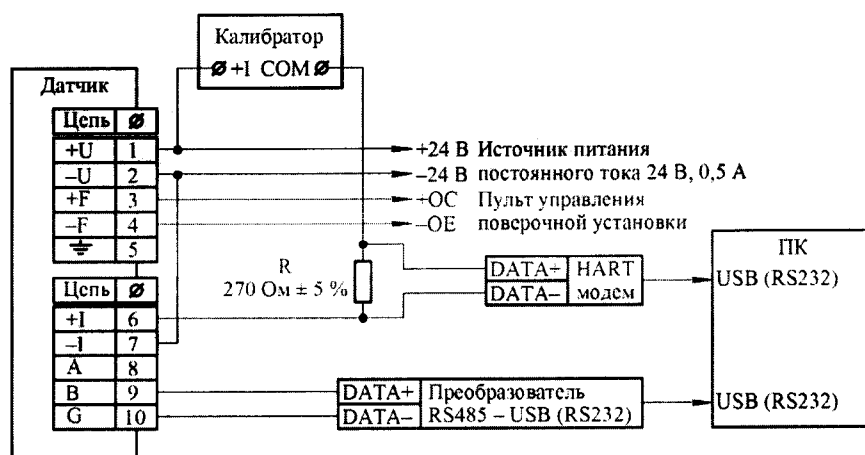


Рисунок 3 – Схема электрическая соединений при поверке

ВНИМАНИЕ! ПРИ ОТСУТСТВИИ В ИСПОЛНЕНИИ ДАТЧИКА КАКИХ-ЛИБО ИЗ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ НЕ ЗАДЕЙСТВУЮТСЯ И ПОГРЕШНОСТЬ ПО НИМ НЕ ОПРЕДЕЛЯЕТСЯ.

Поверку проводят на поверочных расходах $(1^{+0,1}) Q_{11}$, $(1^{+0,1}) Q_n$ и $(1^{-0,1}) Q_{1\max}^*$ поверяемого датчика. Время одного измерения не менее 120 с.

На каждом расходе проводят не менее трёх измерений V_i , м^3 , с регистрацией по окончании каждого измерения средних значений объёма, абсолютного давления и температуры по показаниям поверочной установки и поверяемого датчика.

Погрешность δ_v при i -м измерении, %, вычисляется по формуле (1):

$$\delta_v = \left(\frac{V_i}{V_{zi}} - 1 \right) \cdot 100 \quad (1)$$

где V_i – значение объёма по показаниям датчика, м^3 ;

V_{zi} – значение объёма по показаниям поверочной установки, м^3 .

При поверке датчиков конструктивных исполнений «В» и «ВЛ» значения $K_{пр}$ рассчитываются в соответствии с 2.6.3 документа «Датчик расхода газа «ДУМЕТИС-1223М». Руководство по эксплуатации. 1223М.00.000 РЭ» и разделом 12 документа «Датчик расхода газа ДУМЕТИС-1223М. Паспорт. 1223М.00.000 ПС» на поверяемый датчик.

^{1*} – У датчиков с D_y , большим 200 мм, поверочный расход $Q_{пов}$, $\text{м}^3/\text{ч}$, соответствующий $Q_{\max}$, определяется по формуле $Q_{пов} = Q_{\max} \cdot \left(\frac{200}{D_y} \right)^2$ из условия равенства скорости воздуха $V_{\max}$ при поверке датчика.

Результаты считают удовлетворительными, если ни одно из значений δ_v не превышает пределов из ряда: $\pm 0,75; 1,00; 1,50; 2,00; 2,50 \%$ в соответствии с классом точности поверяемого датчика.

9.1.2 Определение абсолютной погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал RS485

Абсолютную погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал RS485 (далее – погрешность Δ_{v1}) определяют в следующей последовательности:

а) устанавливают заглушки на корпус датчика (датчик зондового исполнения помещают в закрытый объем), исключая движение измеряемой среды через акустический канал, подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по частотному (числоимпульсному), цифровому HART и токовому выходным сигналам допускается не выполнять) и выдерживают во включённом состоянии не менее 10 мин;

б) запускают на ПК ПО «mbReader» и командами «Сервис» - «Настройки» устанавливают значения: «Порт» - COM1 (или др., к которому подключен преобразователь RS485/RS232), «Скорость» - 9600, «Интервал опроса» - 60, «Количество опросов в интервале» - 3, «Общее количество опросов» - 3, «Количество устройств на линии» - 1;

в) командой «Список регистров» задают начальное значение регистра – 8704, «Количество регистров» - 20 и нажимают кнопку «Добавить». Командой «Устройство» - «Опрос» запускают процесс, в результате которого в колонках 4, 5 и 6 отобразится накопленное датчиком значение объема V_i в дм^3 (л);

г) с индикатора датчика считывают накопленное датчиком значение объема $V_{1и}$, дм^3 (л);

д) производят считывание не менее трех i -х накопленных значений объема V_i , дм^3 (л), по показаниям датчика;

е) определяют абсолютную погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал RS485 по формуле (2):

$$\Delta_{v1} = V_1 - V_{1и} \quad (2)$$

Результаты считают удовлетворительными, если ни одно из значений Δ_{v1} не превышает одной единицы младшего разряда (далее – ЕМР).

9.1.3 Определение абсолютной погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал HART (только для датчика с опциональным исполнением по выходным сигналам HART)

Абсолютную погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал HART (далее – погрешность Δ_{v2}) определяют в следующей последовательности:

а) устанавливают заглушки на корпус датчика (датчик зондового исполнения помещают в закрытый объем), исключая движение измеряемой среды через акустический канал, подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по частотному (числоимпульсному) и цифровому выходному сигналу RS485 допускается не выполнять) и выдерживают во включённом состоянии не менее 10 мин;

б) запускают ПО «hReader» и, командами «Программа» - «назначить порт», устанавливают значения: «Порт» - COM1 (или др., к которому подключен HART модем), Командами - «Прибор» - «Установить связь»;

в) запускают команду «(3) Считать ток и четыре переменных». в результате в поле окна программы отобразится накопленное датчиком значение объема V_2 , дм^3 (л);

г) с индикатора датчика считывают накопленное датчиком значение объема $V_{2и}$, дм^3 (л);

д) производят считывание не менее трех i -х накопленных значений объема V_2 , дм^3 (л), по показаниям датчика;

е) определяют абсолютную погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в цифровой выходной сигнал HART по формуле (3):

$$\Delta_{V2} = V_2 - V_{2и} \quad (3)$$

Результаты считают удовлетворительными, если ни одно из значений Δ_{V2} не превышает одной ЕМР.

9.1.4 Определение приведённой погрешности преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4–20 мА

9.1.4.1 При использовании цифрового выходного сигнала HART приведённую погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4-20 мА определяют в следующей последовательности:

а) подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по числоимпульсному (частотному) и цифровому выходному сигналу RS485 допускается не выполнять) и выдерживают во включенном состоянии не менее 10 мин;

б) запускают ПО «hReader» и, командами «Программа» - «назначить порт», устанавливают значения: «Порт» - COM1 (или др., к которому подключен HART модем), Командами - «Прибор» - «Установить связь»;

в) запускают команду «(40) Режим фиксированного тока», в поле окна программы задают значение тока 20 мА, выжидают время установления процесса не менее 10 с и считывают с калибратора значение измеренного тока I_{20} , мА, по токовому выходному сигналу;

д) в поле окна программы задают значение тока 4 мА, выжидают время установления процесса не менее 10 с и считывают с калибратора значение измеренного тока I_{04} , мА, по токовому выходному сигналу;

е) производят считывание не менее трех i -х значений измеренного тока I_{04} и I_{20} , мА, по калибратору;

ж) определяют приведённую погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4-20 мА по формуле (4):

$$\gamma_Q = 100 \cdot \frac{(I_0 - I_{04(20)})}{16} \quad (4)$$

где I_0 – задаваемое значение тока, мА;

$I_{04(20)}$ – значение измеренного тока по показанием калибратора, мА.

Результаты считают удовлетворительными, если ни одно из значений γ_Q не превышает $\pm 0,2 \%$.

9.1.4.2 При использовании цифрового выходного сигнала RS485 приведённую погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4-20 мА определяют в следующей последовательности:

а) подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по числоимпульсному (частотному) выходному сигналу допускается не выполнять) и выдерживают во включенном состоянии не менее 10 мин;

б) запускают ПО «DDR» и, командами «Устройство» - «Выбрать из списка» - «DYMETIC-1223», указывают область данных «Токовый выход», указывают адрес «255», командами - «Устройство» - «Считать» опрашивают датчик;

в) переменной «Режим фиксированного тока» задают значение тока 20 мА, выжидают время установления процесса не менее 10 с и считывают с калибратора значение измеренного тока I_{20} , мА, по токовому выходному сигналу;

г) переменной «Режим фиксированного тока» задают значение тока 4 мА, выжидают время установления процесса не менее 10 с и считывают с калибратора значение измеренного тока I_{04} , мА, по токовому выходному сигналу;

д) производят считывание не менее трех i -х значений измеренного тока I_{04} и I_{20} , мА, по калибратору;

е) определяют приведённую погрешность преобразования частотного (числоимпульсного) сигнала датчика в токовый выходной сигнал 4-20 мА по формуле (4).

Результаты считают удовлетворительными, если ни одно из значений γ_0 не превышает $\pm 0,2 \%$.

9.2 Определение метрологических характеристик датчика имитационным методом

9.2.1 Определение относительной погрешности датчика при измерении скорости звука в воздухе (далее – погрешность δ_{CI})

Относительная погрешность датчика определяется сравнением скорости звука в воздухе по показаниям датчика с расчётным значением скорости звука в воздухе. Расчётное значение скорости звука в воздухе, согласно ГСССД МР 220-2014, определяется с учётом показаний барометра, гигрометра и датчика температуры (приложение А).

Производят не менее трех i -х отсчётов скорости звука в воздухе V_{si} , м/с, по показаниям датчика. Продолжительность одного измерения – не менее 100 с.

Считывание показаний производят с дисплея датчика или через цифровой интерфейс RS485 в следующей последовательности:

а) подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по частотному (числоимпульсному), цифровому HART и токовому выходным сигналам допускается не выполнять) и выдерживают во включённом состоянии не менее 10 мин;

б) запускают на ПК ПО «mbReader» и, командами «Сервис» - «Настройки» устанавливают значения: «Порт» - COM1 (или др., к которому подключен преобразователь RS485/RS232), «Скорость» - 9600, «Интервал опроса» - 60, «Количество опросов в интервале» - 10, «Общее количество опросов» - 10, «Количество устройств на линии» - 1;

в) командой «Список регистров» задают начальное значение регистра – 8704, «Количество регистров» - 20 и нажимают кнопку «Добавить». Командой «Устройство» - «Опрос» запускают процесс, в результате которого в колонке 3 отобразится накопленное датчиком значение скорости звука V_{si} , м/с;

Погрешность δ_{CI} , %, определяют по формуле (5):

$$\delta_{C1} = \pm \left(\frac{\dot{V}_{c8}}{V_8} - 1 \right) \cdot 100, \quad (5)$$

где $\dot{V}_{c8}$ – среднее значение скоростей V_{ei} , м/с;

V_8 – расчётное значение скорости звука в воздухе, м/с.

Результаты считают удовлетворительными, если полученное значение δ_{C1} не превышает $\pm 0,2 \%$.

9.2.2 Определение относительной погрешности датчика при измерении скорости звука в азоте (далее – погрешность δ_{C2})

Относительную погрешность датчика определяют сравнением скорости звука в азоте по показаниям датчика с расчётным значением скорости звука в азоте. Расчётное значение скорости звука в азоте, согласно ГСССД МР 228-2014, определяется с учётом показаний датчика температуры (приложение В).

Производят не менее трех i -х отсчётов скорости звука в азоте V_{Ni} , м/с, по показаниям датчика. Продолжительность одного измерения – не менее 100 с.

Считывание показаний производят с дисплея датчика или через цифровой интерфейс RS485 (см. 9.2.1).

Погрешность δ_{C2} , %, определяют по формуле (6):

$$\delta_{C2} = \pm \left(\frac{\dot{V}_{CN}}{V_N} - 1 \right) \cdot 100, \quad (6)$$

где $\dot{V}_{CN}$ – среднее значение скоростей V_{Ni} , м/с;

V_N – расчётное значение скорости звука в азоте, м/с.

Результаты считают удовлетворительными, если полученное значение δ_{C2} не превышает $\pm 0,2 \%$.

9.2.3 Определение соответствия скорости потока газа по показаниям датчика при нулевом значении расхода

Операция осуществляется сравнением среднего значения скорости потока газа по показаниям датчика при нулевом расходе с допусковым значением скорости потока газа.

Производят не менее трех i -х отсчётов скорости потока газа V_{oi} , м/с, по показаниям датчика с осреднением полученных результатов.

Считывание показаний производят с дисплея датчика или через цифровой интерфейс RS485 в следующей последовательности:

а) подключают датчик в соответствии с рисунком 3 (подключение по числоимпульсному, цифровому HART и токовому выходным сигналам допускается не выполнять) и выдерживают во включённом состоянии не менее 10 мин;

б) запускают на ПК ПО «mbReader» и командами «Сервис» - «Настройки» устанавливают значения: «Порт» - COM1 (или др., к которому подключен преобразователь RS485/RS232), «Скорость» - 9600, «Интервал опроса» - 60, «Количество запросов в интервале» - 10, «Общее количество опросов» - 10, «Количество устройств на линии» - 1;

в) командой «Список регистров» задают начальное значение регистра – 8704, «Количество регистров» - 20 и нажимают кнопку «Добавить». Командой «Устройство» -

«Опрос» запускают процесс, в результате которого в колонке 7 отобразится накопленное датчиком значение скорости потока V_{0i} , м/с;

г) производят сравнение среднего значения скорости потока газа по показаниям датчика с допускаемой скоростью потока газа при нулевом расходе;

д) производят проверку качества сигнала визуально по показаниям дисплея датчика.

Результаты считают удовлетворительными, если полученное значение скорости потока газа при нулевом расходе не превышает:

- 0,012 м/с при $0,7 \% < \delta_v < 1,5 \%$;
- 0,024 м/с при $\delta_v > 1,5 \%$.

Результаты считают удовлетворительными, если полученное значение качества сигнала не менее 95 %.

10 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

10.1 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

10.1.1 При выпуске из производства и ремонта, а также при периодической и внеочередной поверке в ПС датчика делают запись о результатах поверки и ставят подпись поверителя, проводившего поверку, скреплённую оттиском знака поверки (поверительного клейма).

10.2 В случае отсутствия возможности внесения записи в ПС датчика при положительном результате поверки допускается оформление свидетельства о поверке датчика в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

10.3 Оформление результатов поверки вычислителя, датчиков давления и температуры, находящихся в составе датчика опционального исполнения, проводят в соответствии с методиками поверки установленными при утверждении типа данных средств измерений.

10.4 При отрицательных результатах поверки датчик к дальнейшей эксплуатации не допускается, в ПС неработоспособного датчика производят запись о его непригодности, а знак поверки гасят и выдают извещение о непригодности к применению средства измерения, в соответствии с Приказа Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке».

10.5 При периодических и внеочередных поверках по заявке владельца допускается переводить поверяемый датчик из одного класса точности в другой (большой или меньший) в случае положительных результатов переградуировки.

В этом случае в паспорте поверяемого датчика в разделе ПОВЕРКА делают соответствующую запись:

«Датчик _____ отградуирован и поверен с
число, месяц, год
погрешностью δ_v _____ % с расходными параметрами, м³/ч:
 $Q_{\min}$ _____, Q_{t2} _____, Q_{t1} _____, $Q_{\max}$ _____ Поверитель _____»

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Расчётное значение скорости звука в воздухе $V_{\text{в}}$

в зависимости от абсолютного давления, температуры и относительной влажности.

Таблица А.1

Т, °C	Относительная влажность воздуха, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	Абсолютное давление 95 кПа										
10,0	337,48	337,55	337,62	337,69	337,75	337,82	337,89	337,96	338,03	338,10	338,13
10,5	337,78	337,85	337,92	337,99	338,06	338,13	338,20	338,27	338,35	338,42	338,45
11,0	338,07	338,15	338,22	338,29	338,37	338,44	338,52	338,59	338,66	338,74	338,77
11,5	338,37	338,45	338,52	338,60	338,67	338,75	338,83	338,90	338,98	339,06	339,09
12,0	338,67	338,75	338,82	338,90	338,98	339,06	339,14	339,22	339,30	339,38	339,42
12,5	338,96	339,04	339,13	339,21	339,29	339,37	339,45	339,53	339,61	339,70	339,74
13,0	339,26	339,34	339,43	339,51	339,60	339,68	339,76	339,85	339,93	340,02	340,06
13,5	339,55	339,64	339,73	339,82	339,90	339,99	340,08	340,16	340,25	340,34	340,38
14,0	339,85	339,94	340,03	340,12	340,21	340,30	340,39	340,48	340,57	340,66	340,71
14,5	340,15	340,24	340,33	340,43	340,52	340,61	340,70	340,80	340,89	340,98	341,03
15,0	340,44	340,54	340,63	340,73	340,83	340,92	341,02	341,11	341,21	341,31	341,36
15,5	340,74	340,83	340,93	341,03	341,13	341,23	341,33	341,43	341,53	341,63	341,68
16,0	341,03	341,13	341,24	341,34	341,44	341,54	341,65	341,75	341,85	341,96	342,01
16,5	341,32	341,43	341,54	341,64	341,75	341,86	341,96	342,07	342,17	342,28	342,33
17,0	341,62	341,73	341,84	341,95	342,06	342,17	342,28	342,39	342,50	342,61	342,66
17,5	341,91	342,02	342,14	342,25	342,36	342,48	342,59	342,71	342,82	342,93	342,99
18,0	342,20	342,32	342,44	342,56	342,67	342,79	342,91	343,02	343,14	343,26	343,32
18,5	342,50	342,62	342,74	342,86	342,98	343,10	343,22	343,34	343,47	343,59	343,65
19,0	342,79	342,91	343,04	343,16	343,29	343,41	343,54	343,67	343,79	343,92	343,98
19,5	343,08	343,21	343,34	343,47	343,60	343,73	343,86	343,99	344,12	344,24	344,31
20,0	343,37	343,51	343,64	343,77	343,91	344,04	344,17	344,31	344,44	344,57	344,64
20,5	343,67	343,80	343,94	344,08	344,22	344,35	344,49	344,63	344,77	344,91	344,97
21,0	343,96	344,10	344,24	344,38	344,53	344,67	344,81	344,95	345,09	345,24	345,31
21,5	344,25	344,40	344,54	344,69	344,84	344,98	345,13	345,28	345,42	345,57	345,64
22,0	344,54	344,69	344,84	344,99	345,15	345,30	345,45	345,60	345,75	345,90	345,98
22,5	344,83	344,99	345,14	345,30	345,46	345,61	345,77	345,92	346,08	346,24	346,32
23,0	345,12	345,28	345,44	345,61	345,77	345,93	346,09	346,25	346,41	346,57	346,65
23,5	345,41	345,58	345,74	345,91	346,08	346,24	346,41	346,58	346,74	346,91	346,99
24,0	345,70	345,87	346,05	346,22	346,39	346,56	346,73	346,90	347,07	347,25	347,33
24,5	345,99	346,17	346,35	346,52	346,70	346,88	347,05	347,23	347,41	347,58	347,67
25,0	346,28	346,46	346,65	346,83	347,01	347,19	347,38	347,56	347,74	347,92	348,02
25,5	346,57	346,76	346,95	347,13	347,32	347,51	347,70	347,89	348,08	348,26	348,36
26,0	346,86	347,05	347,25	347,44	347,63	347,83	348,02	348,22	348,41	348,61	348,70
26,5	347,15	347,35	347,55	347,75	347,95	348,15	348,35	348,55	348,75	348,95	349,05
27,0	347,44	347,64	347,85	348,05	348,26	348,47	348,67	348,88	349,09	349,29	349,40
27,5	347,73	347,94	348,15	348,36	348,57	348,79	349,00	349,21	349,43	349,64	349,74
28,0	348,01	348,23	348,45	348,67	348,89	349,11	349,33	349,55	349,77	349,98	350,09
28,5	348,30	348,53	348,75	348,98	349,20	349,43	349,65	349,88	350,11	350,33	350,45
29,0	348,59	348,82	349,05	349,28	349,52	349,75	349,98	350,22	350,45	350,68	350,80
29,5	348,88	349,12	349,35	349,59	349,83	350,07	350,31	350,55	350,79	351,03	351,15
30,0	349,16	349,41	349,66	349,90	350,15	350,40	350,64	350,89	351,14	351,39	351,51

Продолжение таблицы А.1

Т, °С	Относительная влажность воздуха, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
	Абсолютное давление 100 кПа										
10,0	337,49	337,55	337,62	337,68	337,75	337,81	337,88	337,94	338,01	338,08	338,11
10,5	337,79	337,85	337,92	337,99	338,05	338,12	338,19	338,26	338,33	338,39	338,43
11,0	338,08	338,15	338,22	338,29	338,36	338,43	338,50	338,57	338,64	338,71	338,74
11,5	338,38	338,45	338,52	338,60	338,66	338,74	338,81	338,88	338,96	339,03	339,06
12,0	338,68	338,75	338,82	338,90	338,97	339,05	339,12	339,20	339,28	339,35	339,39
12,5	338,97	339,05	339,13	339,20	339,28	339,36	339,43	339,51	339,59	339,67	339,71
13,0	339,27	339,34	339,43	339,51	339,59	339,67	339,75	339,83	339,91	339,99	340,03
13,5	339,56	339,64	339,73	339,81	339,89	339,98	340,06	340,14	340,22	340,31	340,35
14,0	339,86	339,94	340,03	340,11	340,20	340,29	340,37	340,46	340,54	340,63	340,67
14,5	340,16	340,24	340,33	340,42	340,51	340,60	340,68	340,77	340,86	340,95	340,99
15,0	340,45	340,54	340,63	340,72	340,82	340,91	341,00	341,09	341,18	341,27	341,32
15,5	340,74	340,83	340,93	341,02	341,12	341,21	341,31	341,40	341,50	341,59	341,64
16,0	341,04	341,13	341,24	341,33	341,43	341,52	341,63	341,72	341,82	341,92	341,97
16,5	341,33	341,43	341,54	341,63	341,74	341,84	341,94	342,04	342,14	342,24	342,29
17,0	341,63	341,73	341,84	341,94	342,04	342,15	342,25	342,36	342,46	342,57	342,62
17,5	341,92	342,02	342,14	342,24	342,35	342,46	342,57	342,68	342,78	342,89	342,95
18,0	342,21	342,32	342,44	342,55	342,66	342,77	342,88	342,99	343,10	343,22	343,27
18,5	342,51	342,62	342,74	342,85	342,97	343,08	343,19	343,31	343,43	343,54	343,60
19,0	342,80	342,91	343,04	343,15	343,27	343,39	343,51	343,63	343,75	343,87	343,93
19,5	343,09	343,21	343,34	343,46	343,58	343,71	343,83	343,95	344,08	344,19	344,26
20,0	343,38	343,51	343,64	343,76	343,89	344,02	344,14	344,27	344,40	344,52	344,59
20,5	343,68	343,80	343,94	344,07	344,20	344,33	344,46	344,59	344,72	344,86	344,92
21,0	343,97	344,10	344,24	344,37	344,51	344,64	344,78	344,91	345,05	345,18	345,25
21,5	344,26	344,40	344,54	344,68	344,82	344,95	345,10	345,24	345,37	345,51	345,58
22,0	344,55	344,69	344,83	344,98	345,13	345,27	345,41	345,56	345,70	345,84	345,92
22,5	344,84	344,99	345,13	345,29	345,44	345,58	345,73	345,88	346,03	346,18	346,25
23,0	345,13	345,28	345,43	345,59	345,75	345,90	346,05	346,20	346,36	346,51	346,59
23,5	345,42	345,58	345,73	345,89	346,05	346,21	346,37	346,53	346,68	346,85	346,92
24,0	345,71	345,87	346,04	346,20	346,36	346,53	346,69	346,85	347,01	347,18	347,26
24,5	346,00	346,17	346,34	346,50	346,67	346,84	347,01	347,18	347,35	347,51	347,60
25,0	346,29	346,46	346,64	346,81	346,98	347,16	347,33	347,51	347,68	347,85	347,94
25,5	346,58	346,76	346,94	347,11	347,29	347,47	347,65	347,83	348,01	348,19	348,28
26,0	346,87	347,05	347,24	347,42	347,60	347,79	347,97	348,16	348,34	348,53	348,62
26,5	347,16	347,35	347,54	347,73	347,92	348,11	348,30	348,49	348,68	348,87	348,97
27,0	347,45	347,64	347,84	348,03	348,23	348,43	348,62	348,82	349,02	349,21	349,31
27,5	347,74	347,94	348,14	348,34	348,54	348,75	348,95	349,15	349,35	349,56	349,65
28,0	348,02	348,23	348,44	348,65	348,86	349,06	349,27	349,48	349,69	349,90	350,00
28,5	348,31	348,53	348,74	348,95	349,17	349,38	349,60	349,81	350,03	350,24	350,35
29,0	348,60	348,82	349,04	349,26	349,48	349,70	349,92	350,15	350,37	350,59	350,70
29,5	348,89	349,11	349,34	349,57	349,79	350,02	350,25	350,48	350,71	350,94	351,05
30,0	349,17	349,41	349,64	349,87	350,11	350,35	350,58	350,82	351,05	351,29	351,40

Продолжение таблицы А.1

Т, °С	Относительная влажность воздуха, %										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	95
Абсолютное давление 105 кПа											
10,0	337,49	337,55	337,61	337,67	337,74	337,80	337,86	337,92	337,98	338,05	338,08
10,5	337,79	337,85	337,91	337,98	338,04	338,11	338,17	338,24	338,30	338,36	338,40
11,0	338,08	338,15	338,22	338,28	338,35	338,41	338,48	338,55	338,61	338,68	338,71
11,5	338,38	338,45	338,52	338,59	338,65	338,72	338,79	338,86	338,93	339,00	339,03
12,0	338,68	338,75	338,82	338,89	338,96	339,03	339,10	339,17	339,25	339,32	339,35
12,5	338,97	339,05	339,12	339,19	339,27	339,34	339,41	339,49	339,56	339,64	339,67
13,0	339,27	339,34	339,42	339,50	339,57	339,65	339,73	339,80	339,88	339,95	339,99
13,5	339,56	339,64	339,72	339,80	339,88	339,96	340,04	340,12	340,19	340,27	340,31
14,0	339,86	339,94	340,02	340,10	340,19	340,27	340,35	340,43	340,51	340,59	340,63
14,5	340,16	340,24	340,32	340,41	340,49	340,58	340,66	340,74	340,83	340,91	340,95
15,0	340,45	340,54	340,62	340,71	340,80	340,89	340,97	341,06	341,15	341,23	341,28
15,5	340,74	340,83	340,92	341,01	341,10	341,19	341,28	341,37	341,46	341,55	341,60
16,0	341,04	341,13	341,23	341,32	341,41	341,50	341,60	341,69	341,78	341,88	341,92
16,5	341,33	341,43	341,53	341,62	341,72	341,81	341,91	342,01	342,10	342,20	342,25
17,0	341,63	341,73	341,83	341,93	342,02	342,12	342,22	342,32	342,42	342,52	342,57
17,5	341,92	342,02	342,13	342,23	342,33	342,43	342,54	342,64	342,74	342,84	342,90
18,0	342,21	342,32	342,43	342,53	342,64	342,74	342,85	342,96	343,06	343,17	343,22
18,5	342,51	342,62	342,73	342,84	342,95	343,05	343,16	343,27	343,38	343,49	343,55
19,0	342,80	342,91	343,03	343,14	343,25	343,37	343,48	343,59	343,70	343,82	343,87
19,5	343,09	343,21	343,33	343,44	343,56	343,68	343,79	343,91	344,03	344,14	344,20
20,0	343,39	343,51	343,63	343,75	343,87	343,99	344,11	344,23	344,35	344,47	344,53
20,5	343,68	343,80	343,93	344,05	344,17	344,30	344,42	344,55	344,67	344,80	344,86
21,0	343,97	344,10	344,23	344,35	344,48	344,61	344,74	344,87	345,00	345,12	345,19
21,5	344,26	344,39	344,53	344,66	344,79	344,92	345,06	345,19	345,32	345,45	345,52
22,0	344,55	344,69	344,82	344,96	345,10	345,24	345,37	345,51	345,65	345,78	345,85
22,5	344,84	344,98	345,12	345,27	345,41	345,55	345,69	345,83	345,97	346,11	346,18
23,0	345,13	345,28	345,42	345,57	345,72	345,86	346,01	346,15	346,30	346,44	346,52
23,5	345,42	345,57	345,72	345,87	346,02	346,17	346,32	346,47	346,62	346,78	346,85
24,0	345,71	345,87	346,02	346,18	346,33	346,49	346,64	346,80	346,95	347,11	347,19
24,5	346,00	346,16	346,32	346,48	346,64	346,80	346,96	347,12	347,28	347,44	347,52
25,0	346,29	346,46	346,62	346,79	346,95	347,12	347,28	347,45	347,61	347,78	347,86
25,5	346,58	346,75	346,92	347,09	347,26	347,43	347,60	347,77	347,94	348,11	348,20
26,0	346,87	347,05	347,22	347,40	347,57	347,75	347,92	348,10	348,27	348,45	348,54
26,5	347,16	347,34	347,52	347,70	347,88	348,06	348,24	348,42	348,61	348,78	348,88
27,0	347,45	347,64	347,82	348,01	348,19	348,38	348,57	348,75	348,94	349,13	349,22
27,5	347,74	347,93	348,12	348,31	348,50	348,70	348,89	349,08	349,27	349,47	349,56
28,0	348,03	348,22	348,42	348,62	348,82	349,01	349,21	349,41	349,61	349,81	349,91
28,5	348,31	348,52	348,72	348,92	349,13	349,33	349,54	349,74	349,94	350,15	350,25
29,0	348,60	348,81	349,02	349,23	349,44	349,65	349,86	350,07	350,28	350,49	350,60
29,5	348,89	349,10	349,32	349,54	349,75	349,97	350,19	350,40	350,62	350,84	350,94
30,0	349,18	349,40	349,62	349,84	350,07	350,29	350,51	350,74	350,96	351,18	351,29

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Расчётное значение скорости звука в азоте V_N в зависимости от температуры

Таблица Б.1

T, °C	V_{N_2} , м/с	T, °C	V_{N_2} , м/с	T, °C	V_{N_2} , м/с
0	336,97	13,5	345,22	27,0	353,25
0,5	337,28	14,0	345,51	27,5	353,54
1,0	337,59	14,5	345,81	28,0	353,84
1,5	337,90	15,0	346,11	28,5	354,13
2,0	338,21	15,5	346,41	29,0	354,42
2,5	338,51	16,0	346,71	29,5	354,72
3,0	338,82	16,5	347,10	30,0	355,10
3,5	339,13	17,0	347,31	30,5	355,30
4,0	339,43	17,5	347,61	31,0	355,60
4,5	339,74	18,0	347,91	31,5	355,89
5,0	340,05	18,5	348,21	32,0	356,18
5,5	340,35	19,0	348,51	32,5	356,47
6,0	340,66	19,5	348,81	33,0	356,76
6,5	340,96	20,0	349,11	33,5	357,06
7,0	341,27	20,5	349,40	34,0	357,35
7,5	341,57	21,0	349,70	34,5	357,64
8,0	341,88	21,5	350,00	35,0	357,93
8,5	342,18	22,0	350,29	35,5	358,22
9,0	342,49	22,5	350,59	36,0	358,51
9,5	342,79	23,0	350,89	36,5	358,80
10,0	343,09	23,5	351,18	37,0	359,09
10,5	343,40	24,0	351,48	37,5	359,38
11,0	343,70	24,5	351,78	38,0	359,67
11,5	344,00	25,0	352,07	38,5	359,96
12,0	344,31	25,5	352,37	39,0	360,25
12,5	344,61	26,0	352,66	39,5	360,54
13,0	344,91	26,5	352,96	40,0	360,82