

**Федеральное государственное унитарное предприятие  
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева»  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО  
Генеральный директор  
**ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»**

А.Н. Пронин

«12» октября 2023 г.



Государственная система обеспечения единства измерений  
Датчики кислорода искробезопасные ДКИ  
Методика поверки  
МП 242-1255-2023

Руководитель  
научно-исследовательского отдела  
государственных эталонов  
в области физико-химических измерений  
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.В. Колобова  
«12» октября 2023 г.

Разработчик  
Руководитель лаборатории  
Т.Б. Соколов

Санкт-Петербург  
2023 г

## **1 Общие положения**

Настоящая методика поверки распространяется на датчики кислорода искробезопасные ДКИ (далее - датчики), выпускаемые ООО МНТЛ «Ривас», г. Москва, и устанавливает методы их первичной поверки до ввода в эксплуатацию, после ремонта и периодической поверки в процессе эксплуатации.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается передача единицы молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии (Росстандарт) от 31 декабря 2020 г. № 2315, подтверждающая прослеживаемость к Государственному первичному эталону единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки - **прямое измерение** поверяемым средством измерений величины, воспроизводимой эталоном или стандартным образцом.

Примечания:

1) При пользовании настоящей методикой поверки целесообразно проверить действие ссылочных документов по соответствующему указателю стандартов, составленному по состоянию на 1 января текущего года и по соответствующим информационным указателям, опубликованным в текущем году.

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящей методикой следует руководствоваться заменяющим (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

## **2 Перечень операций поверки средства измерений**

2.1 При проведении поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции поверки  | Обязательность выполнения операций поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
|  | первичной поверке                              | периодической поверке |  |
| Внешний осмотр   | да   | да                    | 7  |
| Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)                     | да   | да                    | 8.1, 8.2   |
| Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)                                  | да   | да                    | 8.3  |
| Проверка программного обеспечения средства измерений   | да   | да                    | 9  |
| Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям |  |                       | 10   |

| Наименование операции поверки                      | Обязательность выполнения операций поверки при |                       | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|--|--|-----------------------|--|
|  | первичной поверке                              | периодической поверке |  |
| Определение основной абсолютной погрешности        | да   | да                    | 10.1   |
| Определение вариации выходного сигнала             | да   | нет                   | 10.2   |
| Определение времени установления выходного сигнала | да   | да                    | 10.3   |

2.2 Если при проведении одной из операций получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается.

### 3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки следует соблюдать следующие условия:

- температура окружающей среды, °C  $20 \pm 5$
- диапазон относительной влажности воздуха, % от 30 до 80
- атмосферное давление, кПа  $101,3 \pm 3,3$

### 4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К работе с датчиками и проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с ГОСТ 13320-81, ГОСТ Р 52931-2008, Приказом Росстандарта № 2315 от 31.12.2020 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах», эксплуатационной документацией на датчики, имеющие квалификацию не ниже инженера и прошедшие инструктаж по охране труда.

### 5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Средства поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки                                     | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки  | Перечень рекомендуемых средств поверки            |
|--|---|---|
| п.8.1 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Средство измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от +15 °C до +25 °C, с абсолютной погрешностью не более $\pm 1$ °C; средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 % до 80 %, с абсолютной погрешностью не более $\pm 3$ %; средства измерений атмосферного давления в диапазоне от 98 до 104,6 кПа, с абсолютной погрешностью не более $\pm 0,5$ кПа | Прибор комбинированный Testo 622, рег. № 53505-13 |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки  | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки  | Перечень рекомендуемых средств поверки   |
|---|---|--|
| п.10 Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям | <p>Стандартные образцы состава газовых смесей (ГС) в баллонах под давлением – рабочие эталоны 1 разряда в соответствии с государственной поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной Приказом Ростандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315 (характеристики ГС приведены в Приложении А)</p> <p>Азот газообразный в баллонах под давлением, объемная доля азота не менее 99,99 %</p> <p>Средство измерений интервалов времени, класс точности 3</p> <p>Источник питания постоянного тока напряжением от 0 до 30 В *</p> <p>Средство измерений напряжения переменного тока частотой от 45 до 1000 Гц в диапазоне измерений от 0 до 500 В, с абсолютной погрешностью не более <math>\pm(0,008 \times U_{изм} + 30k)</math> В (значение единицы младшего разряда <math>k=0,1</math> В); средства измерений силы постоянного тока в диапазоне измерений от 0 до 10 А, с абсолютной погрешностью не более <math>\pm(0,006 \times I_{изм} + 30k)</math> А (значение единицы младшего разряда <math>k=0,001</math> А)</p> <p>Средство измерений объемного расхода, верхняя граница диапазона измерений 0,063 м<sup>3</sup>/ч, класс точности 4 *</p> <p>Вентиль точной регулировки, диапазон рабочего давления от 0 до 150 кгс/см<sup>2</sup>, диаметр условного прохода 3 мм *</p> <p>Вентиль трассовый точной регулировки, диапазон рабочего давления от 0 до 6 кгс/см<sup>2</sup>, диаметр условного прохода 3 мм *</p> <p>Редуктор баллонный, максимальное входное давление 200 кгс/см<sup>2</sup>, максимальное выходное давление 3,5 кгс/см<sup>2</sup>*</p> | <p>ГСО 10531-2014 (O<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>) в баллонах под давлением<sup>1)</sup></p> <p>Азот газообразный особой чистоты сорт 2 по ГОСТ 9293-74</p> <p>Секундомер механический СОПпр, рег. № 11519-11</p> <p>Источник питания постоянного тока двухканальный SHENZHEN MASTECH HY-3003-2</p> <p>Мультиметр цифровой DT-9959, рег. № 58550-14</p> <p>Ротаметр РМ-А-0,063Г УЗ, ГОСТ 13045-81</p> <p>Вентиль точной регулировки ВТР-1 или ВТР-1-M160</p> <p>Вентиль трассовый точной регулировки ВТР-4</p> <p>Редуктор баллонный БАЗО-5МГ, ТУ 3645-032-00220531-97, максимальное входное давление 200 кгс/см<sup>2</sup>, максимальное выходное давление 3,5 кгс/см<sup>2</sup></p> |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки  | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки   | Перечень рекомендуемых средств поверки  |
|---|--|---|
| п.10 Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия СИ метрологическим требованиям | Трубка фторопластовая *<br><br>Трубка поливинилхлоридная *   | Трубка фторопластовая по ТУ 6-05-2059-87, диаметр условного прохода 5 мм, толщина стенки 1 мм<br><br>Трубка медицинская поливинилхлоридная (ПВХ) по ТУ6-01-2-120-73, 6×1,5 мм |
|   | Капюшон для градуировки датчика ДОУ-51.00.03   |   |
|   | Вспомогательное оборудование <sup>2)</sup> :<br>Персональный компьютер под управлением ОС семейства Windows с установленной программой "RS485 TESTER" версии 2.00.0001 и выше.<br>Преобразователь интерфейса RS485-RS232 |   |

<sup>1)</sup> Допускается использование стандартных образцов состава газовых смесей (ГС), не указанных в настоящей методике поверки, при выполнении следующих условий:

- номинальное значение содержания определяемого компонента в ГС должно соответствовать указанному для соответствующей ГС из приложения А;
- отношение погрешности, с которой устанавливается содержание компонента в ГС к пределу допускаемой погрешности поверяемого датчика, должно быть не более 1/3.

<sup>2)</sup> Для первичной поверки, при наличии в составе датчика модуля цифрового интерфейса RS485.

5.2 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых средств измерений с требуемой точностью.

5.3 Все средства поверки, кроме отмеченных в таблице 2 знаком «\*», должны быть поверены <sup>1)</sup>; газовые смеси и чистые газы в баллонах под давлением – иметь действующие паспорта.

## 6 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

6.1 Помещение, в котором проводят поверку, должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией.

6.2 Концентрации вредных компонентов в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.005-88.

6.3 Все работы по поверке датчиков должны проводиться с соблюдением действующих «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей электрической энергии», утвержденных приказом Минэнерго РФ от 12 августа 2022 года № 811.

6.4 При работе с чистыми газами и газовыми смесями в баллонах под давлением соблюдают требования Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением», утвержденных приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 15.12.2020 г. № 536.

6.5 Не допускается сбрасывать ГС в атмосферу рабочих помещений.

## 7 Внешний осмотр

### 7.1 Внешний осмотр

7.1.1 При внешнем осмотре устанавливают соответствие датчика следующим требованиям:

- соответствие комплектности (при первичной поверке) требованиям раздела 5 руководства по эксплуатации РЭ 421512-008-17282729-11;

<sup>1)</sup> Сведения о поверке средств измерений доступны в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/cm/results>.

- соответствие маркировки требованиям раздела 8 руководства по эксплуатации РЭ 421512-008-17282729-11;

- отсутствие механических повреждений датчика, влияющих на работоспособность.

7.1.2 Датчик считают выдержавшим внешний осмотр, если он соответствуют указанным выше требованиям.

## **8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

### **8.1 Контроль условий поверки**

Контроль условий поверки на соответствие п. 3.1 проводят с использованием средств измерений, указанных в таблице 2, в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

Результаты проверки считают положительными, если условия поверки соответствуют условиям, приведенным в п. 3.1 настоящей методики поверки.

8.2 Перед проведением поверки необходимо выполнить следующие подготовительные работы:

- выполнить мероприятия по обеспечению условий безопасности;
- проверить наличие паспортов и сроки годности ГС в баллонах под давлением;
- баллоны с ГС выдержать при температуре поверки не менее 24 ч;
- выдержать датчик и средства поверки при температуре поверки в течение не менее 2 ч;
- подготовить датчик к работе в соответствии с разделом 10 руководства по эксплуатации РЭ 421512-008-17282729-11;
- подготовить средства поверки и вспомогательные средства к работе в соответствии с их эксплуатационной документацией.

### **8.3 Опробование**

8.3.1 Опробование (проверку работоспособности) датчика проводят в следующем порядке:

1) включить электрическое питание датчика;

2) приблизительно через 1 с после подачи питания на индикаторе должен появиться мигающий символ, сигнализирующий о выполнении микроконтроллером циклической программы; при этом напряжение на аналоговом выходе должно быть не более 20 мВ, оба светодиода на лицевой панели не должны светиться, контакты реле должны быть разомкнуты;

3) приблизительно через 6 с должна появиться цифровая индикация объемной доли кислорода и соответствующее напряжение на выходах (см. п. 10.7 РЭ 421512-008-17282729-11). При этом должен загореться один из светодиодов на лицевой панели НОРМА или ТРЕВОГА (в зависимости от значения установленного порога срабатывания сигнализации). В режиме НОРМА, кроме того, должны замкнуться контакты реле.

4) включают тестовый режим датчика, для чего нажимают и удерживают кнопку "+" в течение не менее 4 с, после чего:

- в течение 4 с имитируется отказ датчика; при этом реле размыкается, загорается красный светодиод ТРЕВОГА, индикатор мигает и на нем отображается текущее значение порога срабатывания релейного выхода, на аналоговом выходе устанавливается напряжение не более 10 мВ, а по цифровому интерфейсу выводится сигнал о критической ошибке и включении тестового режима;

- в течение следующих 32 с имитируется измерение объемной доли кислорода 25 %, индикатор отображает соответствующее показание концентрации, а на аналоговом выходе устанавливается напряжение  $2000 \pm 4$  мВ, а по цифровому интерфейсу выводится сигнал о состоянии тревоги;

- в течение следующих 32 с имитируется измерение объемной доли кислорода 0 %, индикатор отображает 0,0, а на аналоговом выходе устанавливается напряжение  $400 \pm 4$  мВ.

8.3.2 Результаты опробования считают положительными, если соблюдается описанная выше последовательность при включении электрического питания и в тестовом режиме, и отсутствует информация об отказах.

## **9 Проверка программного обеспечения средства измерений**

9.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения проводят путем проверки соответствия ПО датчика тому ПО, которое было зафиксировано при испытаниях в целях утверждения типа.

9.2 Для проверки соответствия ПО проводят визуализацию идентификационных данных ПО, установленного в датчик (микропрограммы контроллера), в следующем порядке:

1) нажав кнопку "МЕНЮ" вызывают меню просмотра параметров<sup>2)</sup>, на дисплее должны отобразиться символы "ПР.ПА";

2) однократно нажимают кнопку "МЕНЮ", на дисплее отобразится идентификатор изделия в виде 4-х значного числа, в последнем разряде которого указывается номер версии ПО;

3) повторно нажимают кнопку "МЕНЮ", на дисплее отобразится контрольная сумма ПО. Для возврата в режим измерений следует прокрутить список параметров до конца (25 нажатий кнопки "МЕНЮ"), либо дождаться автоматического возврата через 2 мин.

9.3 Результат подтверждения соответствия ПО считают положительным, если номер версии ПО соответствует указанному в Описании типа датчиков.

## **10 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

### **10.1 Определение основной абсолютной погрешности**

Определение основной абсолютной погрешности датчика проводят в следующей последовательности:

а) собирают газовую схему, представленную на рисунке Б.1 (Приложение Б);

б) на вход датчика, используя капюшон для градуировки датчика ДОУ-51.00.03, подают ГС в последовательности №№ 1 – 2 – 3 – 2 – 1 – 3.

Время подачи каждой ГС не менее 3Т<sub>0,9d</sub> (предела допускаемого времени установления выходного сигнала), время подачи контролируют с помощью секундомера.

Расход ГС устанавливают в диапазоне от 0,4 до 0,6 дм<sup>3</sup>/мин вентилем точной регулировки.

в) фиксируют установившиеся показания датчика при подаче каждой ГС по показаниям дисплея датчика, дисплея персонального компьютера с автономным ПО "RS485 TESTER" (цифровой выходной сигнал RS485) и вторичного прибора, подключенного к аналоговому выходу датчика.

По показаниям вторичного прибора, подключенного к аналоговому выходу (0,4-2) В датчика, рассчитывают результат измерений объемной доли кислорода по формуле

$$C = \frac{C_B}{1,6} \cdot (U - 0,4) \quad (1)$$

где  $U$  – значение выходного сигнала по напряжению, В;

$C_B$  – верхняя граница диапазона показаний, соответствующая значению выходного сигнала по напряжению 2,0 В, объемная доля кислорода, %.

г) значение основной абсолютной погрешности датчика  $\Delta_i$ , объемная доля кислорода, %, рассчитывают по формуле

$$\Delta_i = C_i - C_i^A, \quad (2)$$

где  $C_i$  – установившиеся показания датчика при подаче i-й ГС, объемная доля кислорода, %;

$C_i^A$  – действительное значение объемной доли кислорода в i-ой ГС, %.

Результаты определения считают положительными, если основная погрешность датчика не превышает пределов, указанных в таблице В.1 Приложения В для соответствующей версии встроенного ПО.

<sup>2)</sup> Пароль режима просмотра параметров, установленный по умолчанию производителем, "100".

## 10.2 Определение вариации выходного сигнала

Определение вариации выходного сигнала допускается проводить одновременно с определением основной погрешности по п. 10.1 при подаче ГС № 2 (Приложение А).

Значение вариации выходного сигнала датчика  $\vartheta_{\Delta}$ , волях от пределов допускаемой основной абсолютной погрешности, рассчитывают по формуле

$$\vartheta_{\Delta} = \frac{C_2^B - C_2^M}{\Delta_0}, \quad (3)$$

где  $C_2^B, C_2^M$  - результат измерений содержания определяемого компонента при подходе к точке 2 со стороны больших и меньших значений, объемная доля кислорода, %;

$\Delta_0$  - пределы допускаемой основной абсолютной погрешности датчика в точке 2, объемная доля кислорода, %.

Результат определения считают положительным, если вариация выходного сигнала датчика не превышает 0,5 волях от пределов допускаемой основной погрешности.

## 10.3 Определение времени установления выходного сигнала

Время установления показаний определяют при переходе из атмосферного воздуха в ГС № 1 в следующем порядке:

- подают на вход датчика ГС № 1, фиксируют установившиеся показания датчика. Отклонение от нулевых показаний должно быть не более 0,5 волях от предела допускаемой основной абсолютной погрешности. Расход ГС устанавливают равным  $(0,4 \pm 0,1) \text{ дм}^3/\text{мин}$ ;

- выдерживают датчик в чистом атмосферном воздухе до установления выходного сигнала, фиксируют установившиеся показания датчика;

- вычисляют значение, равное 0,1 установившихся показаний;

- подают на вход датчика, используя капюшон, входящий в комплект поставки датчика, ГС № 1, включают секундомер и фиксируют время достижения значений, рассчитанного на предыдущем шаге.

Результаты определения считают положительными, если время установления выходного сигнала не превышает 60 с.

## 11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки оформляют протокол результатов поверки по форме, установленной системой менеджмента качества (СМК) поверителя.

11.2 Датчики, удовлетворяющие требованиям настоящей методики поверки, признают годными к применению, вносят результаты поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, по заявлению владельца датчика или лица, представившего датчик на поверку, выдают свидетельство о поверке установленной формы.

При отрицательных результатах поверки вносят результаты поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, по заявлению владельца датчика или лица, представившего датчик на поверку, выдают извещение о непригодности установленной формы, с указанием причин непригодности.

Знак поверки наносится на свидетельство о поверке (при оформлении).

Приложение А  
(обязательное)

Характеристики ГС, используемых при проведении поверки датчиков

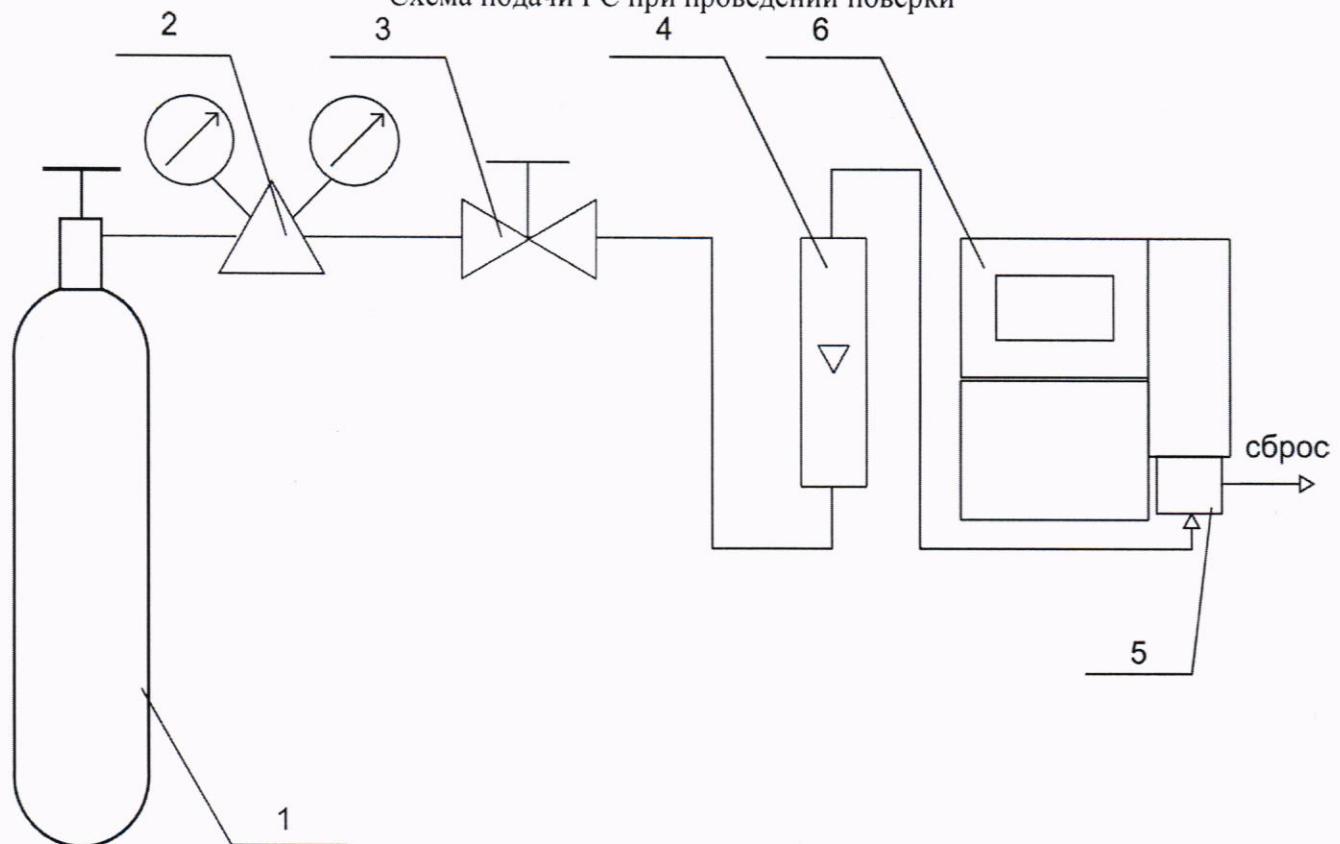
Таблица А.1 - Характеристики ГС, используемых при проведении поверки датчиков

| Определяемый компонент (измерительный канал) | Диапазон измерений объемной доли определяемого компонента, % | Номинальное значение объемной доли определяемого компонента в ГС, пределы допускаемого отклонения, % |                   |                   | Пределы допускаемой относительной погрешности, % | Номер ГС по реестру ГСО или источник ГС <sup>1)</sup> |
|--|--|--|-------------------|-------------------|--|---|
|  |  | ГС № 1   | ГС № 2            | ГС № 3            |  |   |
| Кислород (O <sub>2</sub> )                   | от 0 до 25   | азот   |                   |                   | -  | о.ч. сорт 1<br>ГОСТ 9293-74                           |
|  |  |  | 12,5 % ± 3 % отн. |                   | ±0,6   | ГСО 10531-2014 (O <sub>2</sub> /N <sub>2</sub> )      |
|  |  |  |                   | 24,0 % ± 3 % отн. | ±0,4   |   |

<sup>1)</sup> Изготовители и поставщики ГСО – предприятия-производители стандартных образцов состава газовых смесей, прослеживаемых к государственному первичному эталону единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых средах и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019.

Приложение Б  
(рекомендуемое)

Схема подачи ГС при проведении поверки



1 – баллон с ГС; 2 – редуктор баллонный; 3 – вентиль точной регулировки; 4 – индикатор расхода (ротаметр); 5 – капюшон для градуировки датчика (ДОУ-51.00.03); 6 – датчик

Примечание – источник питания постоянного тока и вторичный прибор, подключенный к аналоговому выходу, на схеме не показаны

Рисунок Б.1 – Схема подачи ГС из баллонов под давлением

Приложение В  
(обязательное)  
Метрологические характеристики датчиков

Таблица В.1 – Метрологические характеристики датчиков

| Наименование характеристики  | Значение   |
|--|--|
| Диапазон измерений объемной доли кислорода, %  | от 0 до 25   |
| Пределы допускаемой основной абсолютной погрешности, объемная доля кислорода, %:<br>- для датчиков с версией встроенного ПО 1  | $\pm(0,5+0,1 \cdot C_{\text{вх}})$ , где<br>$C_{\text{вх}}$ – объемная<br>доля кислорода на<br>входе датчика, %<br>$\pm 0,6$ |
| - для датчиков с версией встроенного ПО 2  |  |
| Предел допускаемой вариации выходного сигнала, волях от предела до-<br>пускаемой основной абсолютной погрешности   | 0,5  |
| Номинальное время установления показаний $T_{0,9\text{ном}}$ , с, не более   | 60   |
| Нормальные условия измерений:<br>- температура окружающей среды, $^{\circ}\text{C}$<br>- диапазон относительной влажности окружающей среды, %<br>- атмосферное давление, кПа | $20 \pm 5$<br>от 30 до 80<br>$101,3 \pm 3,3$   |