

СОГЛАСОВАНО

Главный метролог  
ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»

В. А. Лапшинов



2023 г.

СОГЛАСОВАНО  
(в части п. 9.2.5)

Первый заместитель генерального  
директора – заместитель по научной  
работе ФГУП «ВНИИФТРИ»

А.Н. Щипунов



«21» июля 2023 г.

Государственная система обеспечения единства измерений

Система автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ от  
источников выбросов газоотводящих трактов печных линий  
ООО «АККЕРМАНН ЦЕМЕНТ»

## МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП-246-2023

## **1. Общие положения**

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на Систему автоматического контроля выбросов загрязняющих веществ от источников выбросов газоотводящих трактов печных линий ООО «АККЕРМАН ЦЕМЕНТ» (далее – система), предназначенную для:

- автоматического измерения объемной доли и массовой концентрации загрязняющих веществ в отходящих газах: оксида азота (NO), диоксида азота (NO<sub>2</sub>), суммы оксидов азота (NO<sub>x</sub>) оксида углерода (CO), диоксида углерода (CO<sub>2</sub>), диоксида серы (SO<sub>2</sub>), а также кислорода (O<sub>2</sub>), объемной доли воды (H<sub>2</sub>O), взвешенных веществ и параметров температуры, давления и объемного расхода газового потока загрязняющих веществ;

- расчета и учета массовых и валовых выбросов загрязняющих веществ;

- сбора, обработки, визуализации, хранения полученных данных, представления результатов измерения в различных форматах.

1.2 Настоящая методика поверки устанавливает методы и средства первичной поверки системы до ввода в эксплуатацию, периодической поверки в процессе эксплуатации.

1.3 При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость передачи единиц физических величин к:

- ГЭТ 154-2019 «ГПЭ единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 31.12.2020 г. № 2315 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах»

- ГЭТ 34-2020 «ГПЭ единицы температуры в диапазоне от 0 до 3200°C» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 23.12.2022 г. № 3253 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

- ГЭТ 101-2011 «ГПЭ единицы давления для области абсолютного давления в диапазоне  $1 \cdot 10^{-1} - 7 \cdot 10^5$  Па» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 06.12.2019 № 2900 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне  $1 \cdot 10^{-1} - 1 \cdot 10^7$  Па»;

- ГЭТ 150-2012 «ГПЭ единицы скорости воздушного потока» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 25.11.2019 № 2815 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений скорости воздушного потока»;

- ГЭТ 151-2020 «ГПЭ единиц относительной влажности газов, молярной (объемной) доли влаги, температуры точки росы/инея» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 15.12.2021 № 2885 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений влажности газов и температуры конденсации углеводородов»

- ГЭТ 163-2020 «ГПЭ единиц дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 30 декабря 2021 г. № 3105 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений дисперсных параметров аэрозолей, взвесей и порошкообразных материалов»;

- ГЭТ 4-91 «ГПЭ единицы силы постоянного электрического тока» в соответствии с ГПС, утвержденной Приказом Росстандарта от 1 октября 2018 г. № 2091 «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений силы постоянного тока в диапазоне от  $1 \cdot 10^{-16}$  до 100 А».

1.4 При определении метрологических характеристик поверяемой системы используется метод косвенных измерений величин с помощью государственных рабочих эталонов, соответствующих указанным ГПС.

## **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 проведения операции при поверке		Номер пункта методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной	периодической	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	6
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	8
Подготовка к поверке средства измерений	да	да	8.1
Опробование средства измерений	да	да	8.2
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	8.3
Определение метрологических характеристик СИ и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	9
Определение метрологических характеристик измерительных преобразователей, входящих в состав ИК*	да	да	9.1
Определение метрологических характеристик измерительных каналов системы	да	да	9.2

\* Измерительный канал (далее – ИК) состоит из первичного измерительного преобразователя (далее – ПИП или ИП) – средства измерений утвержденного типа и вторичной части: комплексных компонентов ИК, включая линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора.

2.2 Поверка ИК, входящих в состав системы, осуществляется *поэлементным* способом.

2.2.1. Поверка всех измерительных преобразователей утвержденного типа, входящих в состав системы, осуществляется в соответствии с установленными методиками поверки.

Перечень ИП с указанием их регистрационных номеров приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень ИП и их регистрационных номеров

Наименование средства измерений	Регистрационный номер
Преобразователи давления измерительные АИР-20/М2	63044-16
Газоанализаторы поточные ЭкоСпектр (модели ЭкоСпектр-Ф)	88019-23
Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205	78838-20
Пылеизмерители лазерные ЛПИ-05	47934-11
Расходомеры Trimeter®-Optic	70004-17

При поэлементной поверке необходимо в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений (далее – ФИФ ОЕИ) проверить сроки очередной поверки ИП, входящих в состав системы.

После этого выполняется поверка комплексных компонентов ИК, включая линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора, при одновременном контроле всех влияющих факторов, действующих на отдельные компоненты (п. 9.2).

2.3 Допускается проведение первичной (периодической) поверки отдельных измерительных каналов и (или) отдельных автономных блоков из состава средства измерений, представленных средствами измерений утвержденного типа, определяющими

метрологические характеристики средства измерений, в состав которых они входят (далее - отдельный измерительный канал, отдельный автономный блок), на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, оформленного в произвольной форме.

### 3. Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдаются следующие условия:

-температура окружающей среды, °C	от -49 до +42
-относительная влажность окружающей среды, %, не более	90 <sup>(1)</sup>
-атмосферное давление, кПа	от 84 до 106,7

<sup>(1)</sup> без конденсации

3.2 Допускается проводить поверку системы в ее рабочем положении без демонтажа при соблюдении условий по 3.1.

### 4. Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К проведению поверки допускаются лица, изучившие руководство по эксплуатации на поверяемую систему, эксплуатационную документацию на средства поверки, настоящую методику поверки, знающие правила эксплуатации электроустановок, в том числе во взрывоопасных зонах (главы 3.4 и 7.3 ПУЭ), правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением, имеющие соответствующую квалификацию и работающие в качестве поверителей в организации, аккредитованной на право проведения поверки средств измерений в соответствии с областью аккредитации.

3.2 Для получения результатов измерений, необходимых для поверки, допускается участие в поверке оператора, обслуживающего (эксплуатирующего) систему (под контролем поверителя).

### 5. Метрологические и технические требования к средствам поверки

5.1 При проведении поверки применяют средства, указанные в таблице 3.

Таблица 3 - Средства поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 7, 8, 9 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений)	Средство измерений: - температуры окружающей среды в диапазоне измерений от -49 до 42 °C с абсолютной погрешностью ±0,5 °C; - атмосферного давления в диапазоне от 84 до 106,7 кПа, с абсолютной погрешностью: ±0,3 кПа - относительной влажности воздуха в диапазоне от 30 до 90 % с погрешностью ±2 %	Измеритель влажности и температуры ИВТМ-7 М 5-Д (рег. № 71394-18)
п. 9 Определение метрологических характеристик	Средство измерений электрических величин в диапазоне воспроизведения силы постоянного тока от 0 до 32,9999 мА. $\text{ПГ} \pm (10^{-4} \cdot \text{I} + 2,5 \cdot 10^{-4}) \text{ мА}$ (I – значение воспроизводимой силы тока, установленное на калибраторе)	Калибраторы многофункциональные Fluke 5522A (рег. № 70345-18)
	Средство воспроизведения силы постоянного тока в диапазоне от 4 до 20 мА с абсолютной погрешностью в пределах $\pm (0,00014 \cdot \text{I}_{\text{вых}} + 900 \text{ нА})$ .	Калибратор универсальный 9100 (рег. № 25985-09)

Сведения о результатах поверки эталонов единиц величин и СИ, применяемых при поверке системы, должны быть внесены в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений.

5.2 Допускается использовать при поверке другие утвержденные и аттестованные эталоны единиц величин, средства измерений утвержденного типа и поверенные, обеспечивающие определение метрологических характеристик поверяемого средства измерений с требуемой точностью или удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице 3.

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

6.1 При проведении поверки необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности», Приказа Минтруда России от 15.012.2020 №903н и требования безопасности, установленные в руководстве по эксплуатации на систему и эксплуатационной документации на средства поверки.

6.2 Должны выполняться требования техники безопасности для защиты персонала от поражения электрическим током согласно классу I, ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности».

## **7. Внешний осмотр средства измерений**

7.1 При внешнем осмотре проверяют:

- соответствие маркировки и комплектности системы, а также ее составных частей требованиям эксплуатационной документации;
- отсутствие дефектов и механических повреждений, влияющих на работоспособность системы, наличие необходимых знаков поверки на ИП;
- исправность всех органов управления, настройки и передачи информации;
- четкость всех надписей на лицевых панелях ИП;
- соответствие типов и заводских номеров фактически используемых измерительных преобразователей типам и заводским номерам, указанным в эксплуатационной документации на систему.

7.2 Систему считают выдержавшей внешний осмотр, если она соответствует перечисленным выше требованиям.

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

8.1 Подготовка к поверке средства измерений

8.1.1 При подготовке к поверке проводят следующие операции: выполняют мероприятия по обеспечению условий безопасности; подготавливают к работе средства поверки и систему в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации; изучают описание прикладного программного обеспечения (при использовании) и настоящую методику поверки.

8.1.2 Система и средства поверки должны быть выдержаны при температуре поверки в течение не менее 24 ч.

### **8.2 Опробование средства измерений**

8.2.1 Проверку общего функционирования системы, средств измерений, входящих в состав системы, проводят в процессе тестирования при их запуске в соответствии с руководством по эксплуатации на систему и приборы, входящие в ее состав.

8.2.2 Результаты опробования считаются положительными, если:

- отсутствует информация об отказах элементов, входящих в состав системы;
- на мониторе АРМ индицируется текущая информация об измеряемых параметрах;
- для всех измерительных каналов поверяемой системы индицируется текущая информация об измеряемых параметрах на АРМ оператора.

### **8.3 Проверка программного обеспечения средства измерений**

8.3.1 Для проверки соответствия версий ПО, необходимо воспользоваться руководством по эксплуатации и следовать инструкциям соответствующей части системы контроллера или программной оболочки. Для получения права доступа к ПО необходимо использовать соответствующие уровню доступа пароли.

8.3.2 Для проверки соответствия ПО выполняют следующие операции:

- в автономном ПО системы в разделе «Tools» открывают вкладку «About»;
- считывают номер версии ПО во всплывающем окне.

8.3.3 Результат подтверждения соответствия ПО считают положительным, если идентификационные данные не ниже, указанных в Таблице 1 – «Идентификационные данные ПО» описания типа средства измерений.

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

9.1 Определение метрологических характеристик измерительных преобразователей, входящих в состав ИК.

9.1.1 При проведении поэлементной поверки входящие в состав ИК измерительные преобразователи демонтируют. Их поверку проводят в соответствии с установленными методиками поверки на измерительные преобразователи.

До проведения демонтажа измерительных преобразователей проверяют наличие информации о сроках их поверки в ФИФ ОЕИ. Необходимость демонтажа и проведения поверки измерительных преобразователей оценивается исходя из следующих требований: если срок до очередной поверки менее 11 месяцев для СИ с межповерочным интервалом 1 год и менее 12 месяцев для СИ с межповерочным интервалом более 1 года измерительные преобразователи должны пройти поверку. Срок до очередной поверки должен рассчитываться от даты окончания выполнения работ по поверке системы.

9.1.2 Поверка комплексных компонентов измерительных каналов системы.

Вторую часть ИК параметров газового потока (абсолютного давления, температуры, скорости газового потока) и массовой концентрации пыли, работающих с измерительными преобразователями с аналоговым выходом от 4 до 20 мА – комплексный компонент измерительного канала, включающий линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора, проверяют на месте установки и эксплуатации системы.

9.2 Определение метрологических характеристик измерительных каналов системы

9.2.1 Определение метрологических характеристик для газоаналитических ИК

Первичную часть газоаналитических ИК проверяют по п. 9.1.1

Вторичную часть газоаналитических ИК – комплексные компоненты измерительных каналов, включающие линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора проверяют на месте установки и эксплуатации системы.

Проверку проводят в следующей последовательности:

- 1) проверяют наличие сведений о результатах поверки на газоанализаторы поточные ЭкоСпектр (модели ЭкоСпектр-Ф) (рег. № 88019-23);
- 2) подготавливают систему для измерений согласно её ЭД и ЭД СИ, входящих в систему;
- 3) отключают от системы ЭкоСпектр-Ф;
- 4) подключают к системе 5522А для имитации сигналов от ЭкоСпектр-Ф согласно его ЭД;
- 5) выбирают 5 проверяемых точек внутри диапазона измерений содержания определяемых компонентов, соответствующих значениям содержания определяемых компонентов:  $C_{min}$ ,  $0,25C_{max}$ ,  $0,5C_{max}$ ,  $0,75C_{max}$ ,  $C_{max}$ .  
где  $C_{min}$  – минимальное значение содержания определяемых компонентов,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;  
 $C_{max}$  – максимальное значение содержания определяемых компонентов,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .
- 6) устанавливают на 5522А значение испытательного сигнала постоянного тока, имитирующего сигналы от ЭкоСпектр-Ф;
- 7) для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала,  $\text{мг}/\text{м}^3$ , на мониторе АРМ оператора системы;

8) установленное значение сигнала силы тока ( $I_{\text{эт}}$ ) пересчитывают в значение содержания определяемых компонентов по формуле (1):

$$C_{\text{эт}} = \left( \left( \frac{I_{\text{эт}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \cdot (C_{\max} - C_{\min}) \right) + C_{\min}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{эт}}$  – рассчитанное значение содержания определяемых компонентов,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$I_{\text{эт}}$  – значение силы постоянного тока, поданное с помощью калибратора 5522А,  $\text{mA}$ ;

$I_{\min}$  и  $I_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений силы постоянного тока контроллера,  $\text{mA}$ ;

$C_{\min}$  и  $C_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений содержания определяемых компонентов,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

9) приведенную погрешность комплексных компонентов ИК содержания определяемых компонентов в каждой проверяемой точке определить по формуле (2):

$$\gamma C_i = \frac{C_{\text{изм}i} - C_{\text{эт}i}}{C_{\max}} \cdot 100 (\%), \quad (2)$$

где  $C_{\text{эт}i}$  – значение содержания определяемых компонентов, (рассчитывается по формуле 1) в  $i$ -ой проверяемой точке,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$C_{\text{изм}i}$  – снятое с монитора АРМ оператора системы значение содержания определяемого компонента,  $\text{мг}/\text{м}^3$

$C_{\max}$  – верхний предел измерений содержания определяемого компонента,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

10) приведенную погрешность ИК содержания определяемых компонентов в каждой проверяемой точке определить по формуле (3):

$$\gamma_{\text{ИКС}i} = 1,1 \cdot \sqrt{|\gamma C_i|^2 + |\gamma \text{ЭкоСпектр}|^2}, \quad (3)$$

где  $\gamma \text{ЭкоСпектр}$  – предел основной допускаемой приведенной к верхнему пределу диапазона измерений погрешности измерений содержания определяемых компонентов ЭкоСпектр-Ф, указанный в описании типа на газоанализатор поточного ЭкоСпектр (модели ЭкоСпектр-Ф) (рег. № 88019-23), %.

11) операции пп. 6) - 10) повторить для всех проверяемых точек внутри диапазона измерений содержания определяемых компонентов, результаты занести в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик для ИК содержания определяемых компонентов считают положительными, если рассчитанные по формуле 3 значения погрешностей ИК в каждой проверяемой точке не превышают пределов допускаемой погрешности, указанных в таблицах А.1, А.2 Приложения А. В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

## 9.2.2 Определение метрологических характеристик для ИК абсолютного давления промышленных выбросов.

Первичную часть ИК абсолютного давления проверяют по п. 9.1.1

Вторичную часть ИК абсолютного давления – комплексные компоненты измерительных каналов, включающие линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора проверяют на месте установки и эксплуатации системы.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) проверяют наличие сведений о результатах поверки в Федеральном информационном фонде по обеспечению единства измерений Преобразователя давления измерительного АИР-20/М2 модификации АИР-20/М2-МВ (рег. № 63044-16);

2) проверяют наличие результатов измерений проверяемого ИК на мониторе АРМ оператора системы, отсутствие сообщений об ошибках;

- 3) отключают АИР-20/M2 от вторичной части ИК;
- 4) подключают к системе 5522А для имитации сигналов от АИР-20/M2 согласно его ЭД;
- 5) выбирают 5 проверяемых точек внутри диапазона измерений абсолютного давления, соответствующих значениям абсолютного давления:  $P_{\min}, 0,25P_{\max}, 0,5P_{\max}, 0,75P_{\max}, P_{\max}$ .

где  $P_{\min}$  – минимальное значение абсолютного давления, кПа;

$P_{\max}$  – максимальное значение абсолютного давления, кПа.

- 6) устанавливают на 5522А значение сигнала постоянного тока, имитирующего сигналы от АИР-20/M2.

- 7) для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала, кПа, на мониторе АРМ оператора системы;

- 8) значение сигнала силы тока пересчитывают в значение абсолютного давления по формуле (4):

$$P_{\text{эт}} = \left( \left( \frac{I_{\text{эт}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \cdot (P_{\max} - P_{\min}) \right) + P_{\min}, \quad (4)$$

где  $P_{\text{эт}}$  – рассчитанное значение абсолютного давления, кПа;

$I_{\text{эт}}$  – значение силы постоянного тока, поданное с помощью калибратора, мА;

$I_{\min}$  и  $I_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений силы постоянного тока контроллера, мА;

$P_{\min}$  и  $P_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений абсолютного давления, кПа;

- 9) приведенную погрешность комплексных компонентов ИК абсолютного давления в каждой проверяемой точке определяют по формуле (5):

$$\gamma P_i = \frac{P_{\text{изм}i} - P_{\text{эт}i}}{P_{\max}} \cdot 100 (\%), \quad (5)$$

где  $P_{\text{эт}i}$  – значение абсолютного давления (рассчитывается по формуле 4), кПа.

$P_{\text{изм}i}$  – снятое с монитора АРМ оператора системы значение измерений абсолютного давления, кПа.

$P_{\max}$  – значение верхнего предела измерений абсолютного давления, кПа.

- 10) приведенную погрешность ИК абсолютного давления в каждой проверяемой точке определить по формуле (6):

$$\gamma_{\text{ИКР}i} = 1,1 \cdot \sqrt{|\gamma P_i|^2 + |\gamma \text{АИР}|^2}, \quad (6)$$

где  $\gamma \text{АИР}$  – предел допускаемой основной приведенной к верхнему пределу измерений погрешности измерений абсолютного давления АИР-20/M2, указанный в паспорте на преобразователь давления измерительный АИР-20/M2 (модификации АИР-20/M2-МВ) (рег. № 63044-16), %.

- 11) операции пп. 6) - 10) повторить для всех проверяемых точек внутри диапазона измерений абсолютного давления, результаты занести в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик для ИК абсолютного давления промышленных выбросов считают положительными, если рассчитанные по формуле 6 значения погрешностей ИК в каждой проверяемой точке не превышают пределов допускаемой погрешности, указанных в таблице А.2 Приложения А. В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

### 9.2.3 Определение метрологических характеристик для ИК температуры промышленных выбросов

Первичную часть ИК температуры проверяют по п. 9.1.1

Вторичную часть ИК температуры – комплексные компоненты измерительных каналов, включающие линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора проверяют на месте установки и эксплуатации системы.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) проверяют наличие сведений о положительных результатах поверки на Термопреобразователи с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205 (рег. № 78838-20);

2) проверяют наличие результатов измерений проверяемого ИК на мониторе АРМ оператора системы, отсутствие сообщений об ошибках;

3) отключают ТПУ-205 от вторичной части ИК;

4) подключают к системе 5522А для имитации сигналов от ТПУ-205 согласно его ЭД;

5) выбирают 5 проверяемых точек внутри диапазона измерений температуры, соответствующих значениям температуры:  $T_{\min}$ ,  $0,25T_{\max}$ ,  $0,5T_{\max}$ ,  $0,75T_{\max}$ ,  $T_{\max}$ .

где  $T_{\min}$  – минимальное значение температуры, °C;

$T_{\max}$  – максимальное значение температуры, °C.

6) устанавливают на 5522А значение сигнала постоянного тока, имитирующего сигналы от ТПУ-205;

7) для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала, °C, на мониторе АРМ оператора системы;

8) значение сигнала силы тока пересчитывают в значение температуры по формуле (7):

$$T_{\text{эт}} = \left( \left( \frac{I_{\text{эт}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \cdot (T_{\max} - T_{\min}) \right) + T_{\min}, \quad (7)$$

где  $T_{\text{эт}}$  – рассчитанное значение температуры, °C;

$I_{\text{эт}}$  – значение силы постоянного тока, поданное с помощью калибратора, mA;

$I_{\min}$  и  $I_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений силы постоянного тока контроллера, mA;

$T_{\min}$  и  $T_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений температуры, °C.

9) приведенную погрешность комплексных компонентов ИК температуры в каждой проверяемой точке определяют по формуле (8):

$$\gamma T_i = \frac{T_{\text{изм}i} - T_{\text{эт}i}}{T_{\max}} \cdot 100 (\%), \quad (8)$$

где  $T_{\text{эт}i}$  – значение температуры (рассчитывается по формуле 7), °C.

$T_{\text{изм}i}$  – снятое с монитора АРМ оператора системы значение температуры, °C.

$T_{\max}$  – значение верхнего предела измерений температуры, °C.

10) приведенную погрешность ИК температуры в каждой проверяемой точке определить по формуле (9)

$$\gamma_{\text{ИКТ}i} = 1,1 \cdot \sqrt{|\gamma T_i|^2 + |\gamma T_{\text{ПУ}}|^2}, \quad (9)$$

где  $\gamma T_{\text{ПУ}}$  – предел допускаемой основной приведенной к диапазону измерений погрешности измерений температуры ТПУ-205, указанный в паспорте на термопреобразователь с унифицированным выходным сигналом ТПУ-205 (рег. № 78838-20), %.

11) операции пп. 6) - 10) повторить для всех проверяемых точек внутри диапазона измерений температуры, результаты занести в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик для ИК температуры промышленных выбросов считают положительными, если рассчитанные по формуле 9

значения погрешностей ИК в каждой проверяемой точке не превышают пределов допускаемой погрешности, указанных в таблице А.2 Приложения А. В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

#### 9.2.4 Определение метрологических характеристик для ИК скорости газового потока промышленных выбросов.

Первичную часть ИК скорости газового потока проверяют по п. 9.1.1

Вторичную часть ИК скорости газового потока – комплексные компоненты измерительных каналов, включающие линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора проверяют на месте установки и эксплуатации системы.

Проверку проводят в следующей последовательности:

1) проверяют наличие сведений о положительных результатах поверки на Расходомеры TriMeter®-Optic (рег. № 70004-17);

2) подготавливают систему для измерений согласно её ЭД и ЭД СИ, входящих в систему;

3) отключают от системы TriMeter®-Optic;

4) подключают к системе 5522А для имитации сигналов от TriMeter®-Optic согласно его ЭД;

5) выбирают 5 проверяемых точек внутри диапазона измерений скорости газового потока, соответствующих значениям скорости газового потока:  $V_{\min}$ ,  $0,25V_{\max}$ ,  $0,5V_{\max}$ ,  $0,75V_{\max}$ ,  $V_{\max}$ .

где  $V_{\min}$  – минимальное значение скорости газового потока, м/с;

$V_{\max}$  – максимальное значение скорости газового потока, м/с.

6) устанавливают на 5522А значение сигнала постоянного тока, имитирующего сигналы от TriMeter®-Optic:

7) для каждой проверяемой точки считывают значение выходного сигнала, м/с, на мониторе АРМ оператора системы;

8) значение сигнала силы тока пересчитывают в значение скорости газового потока по формуле (10):

$$V_{\text{эт}} = \left( \left( \frac{I_{\text{эт}} - I_{\min}}{I_{\max} - I_{\min}} \right) \cdot (V_{\max} - V_{\min}) \right) + V_{\min}, \quad (10)$$

где  $V_{\text{эт}}$  – рассчитанное значение скорости потока, м/с;

$I_{\text{эт}}$  – значение силы постоянного тока, поданное с помощью калибратора, мА;

$I_{\min}$  и  $I_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений силы постоянного тока контроллера, мА;

$V_{\min}$  и  $V_{\max}$  – соответственно нижний и верхний пределы измерений скорости потока, м/с;

9) относительную погрешность комплексных компонентов ИК скорости газового потока в каждой проверяемой точке определить по формуле (11):

$$\delta V_i = \frac{V_{\text{изм}i} - V_{\text{эт}i}}{V_{\text{эт}i}} \cdot 100 (\%), \quad (11)$$

где  $V_{\text{эт}i}$  – значение скорости потока (рассчитывается по формуле 10), м/с;

$V_{\text{изм}i}$  – снятое с монитора АРМ оператора системы значение скорости потока, м/с/

10) относительную погрешность ИК скорости газового потока в каждой проверяемой точке определить по формуле (12)

$$\delta_{\text{ИК}V} = 1,1 \cdot \sqrt{|\delta V_i|^2 + |\delta_{\text{TriMeter®-Optic}}|^2}, \quad (12)$$

где  $\delta_{\text{TriMeter®-Optic}}$  – предел допускаемой относительной погрешности измерений скорости газового потока TriMeter®-Optic, указанный в описании типа на расходомер TriMeter®-Optic (рег. № 70004-17), %

11) операции пп. 6) - 10) повторить для всех проверяемых точек внутри диапазона измерений скорости газового потока, результаты занести в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик для ИК скорости газового потока промышленных выбросов считают положительными, если рассчитанные по формуле 12 значения погрешностей ИК в каждой проверяемой точке не превышают пределов допускаемой погрешности, указанных в таблице А.2 Приложения А. В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

9.2.5 Определение метрологических характеристик для ИК массовой концентрации пыли (взвешенных частиц) промышленных выбросов проводят в следующей последовательности:

1) проверить наличие сведений о положительных результатах поверки на Пылеизмерители лазерные ЛПИ-05 (далее – ЛПИ-05) (рег. № 47934-11). В рамках проведения поверки должны быть определены метрологические характеристики согласно операциям, приведенным в установленной методике поверки.

2) подготовить систему для измерений согласно её эксплуатационной документации (далее – ЭД) и эксплуатационной документации средств измерений (далее - ЭД СИ), входящих в систему;

3) отключить от системы ЛПИ-05;

4) подключить к системе калибратор Fluke 9100 для имитации сигналов от ЛПИ-05 согласно его ЭД;

5) выбрать 5 проверяемых точек внутри диапазона измерений массовой концентрации пыли (взвешенных частиц), соответствующих значениям содержания определяемых компонентов:  $C_{\min}$ ,  $0,25C_{\max}$ ,  $0,5C_{\max}$ ,  $0,75C_{\max}$ ,  $C_{\max}$ .

где  $C_{\min}$  – минимальное значение массовой концентрации пыли,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$C_{\max}$  – максимальное значение массовой концентрации пыли,  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

6) установить на калибратор Fluke 9100 значения сигнала постоянного тока, имитирующие сигналы от ЛПИ-05 и соответствующие значениям массовой концентрации пыли согласно п. 5);

7) относительную погрешность комплексных компонентов ИК массовой концентрации пыли (взвешенных частиц) определить по формуле (13):

$$\delta C_{m i} = \frac{C_{m \text{ изм}} - C_{m \text{ зад}}}{C_{m \text{ зад}}} \cdot 100 \%, \quad (13)$$

где  $C_{m \text{ зад}}$  – пересчитанное из силы тока значение массовой концентрации пыли, заданное калибратором,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

$C_{m \text{ изм}}$  – снятое с монитора АРМ оператора системы значение массовой концентрации пыли,  $\text{мг}/\text{м}^3$ ;

8) относительную погрешность измерений ИК массовой концентрации пыли (взвешенных частиц) определить по формуле (14):

$$\delta C_{IKm i} = 1,1 \cdot \sqrt{|\delta C_{m i}|^2 + |\delta C_{LPi}|^2}, \quad (14)$$

где  $\delta C_{LPi}$  – предел допускаемой относительной погрешности измерений массовой концентрации пыли ЛПИ-05, указанный в описании типа на пылеизмеритель лазерный ЛПИ-05 (далее – ЛПИ-05) (рег. № 47934-11), %.

9) операции пп. 6) - 8) повторить для всех проверяемых точек внутри диапазона измерений измерений массовой концентрации пыли (взвешенных частиц), результаты занести в протокол поверки.

Результаты определения метрологических характеристик для ИК массовой концентрации пыли (взвешенных частиц) считать положительными, если рассчитанные по формуле 14 значения относительной погрешности измерений массовой концентрации пыли (взвешенных частиц) в каждой проверяемой точке находятся в допускаемых пределах

согласно таблицы А.2 Приложения А. В противном случае результаты поверки считать отрицательными.

## 10 Оформление результатов поверки

10.1 Результаты поверки оформляются протоколом, составленным в произвольной форме, и содержащим результаты по разделам 6 - 9 настоящей методики поверки.

10.2 При положительных результатах поверки систему признают пригодной к применению. Сведения о положительных результатах поверки оформляются в соответствии с действующим законодательством. Допускается наносить знак поверки в паспорт системы.

10.3 При отрицательных результатах поверки систему признают непригодной к применению. Сведения об отрицательных результатах поверки оформляются в соответствии с действующим законодательством.

От ООО «ПРОММАШ ТЕСТ Метрология»    От ФГУП «ВНИИФТРИ»

Ведущий инженер по метрологии

Г.С. Володарская

Начальник научно-исследовательского  
отделения физико-химических и  
электрических измерений

В.И. Добровольский

Приложение А  
(обязательное)

Метрологические характеристики системы приведены в таблицах А.1-А.2.

Таблица А.1 – Диапазоны измерений и пределы допускаемой погрешности измерительных каналов содержания определяемых компонентов в промышленных выбросах в условиях эксплуатации с устройством отбора и подготовки пробы (в соответствии с постановлением правительства РФ №1847 от 16.11.2020 г. п. 3.1.3)

Определяемый компонент	Диапазон измерений концентрации определяемого компонента	Пределы основной допускаемой приведенной погрешности <sup>1)</sup> , %
Оксид углерода (CO)	от 0 до 2000 мг/м <sup>3</sup>	±25
Диоксид углерода (CO <sub>2</sub> )	от 0 до 456 429 мг/м <sup>3</sup>	±25
Диоксид серы (SO <sub>2</sub> )	от 0 до 300 мг/м <sup>3</sup>	±25
Оксид азота (NO)	от 0 до 5000 мг/м <sup>3</sup>	±25
Диоксид азота (NO <sub>2</sub> )	от 0 до 1500 мг/м <sup>3</sup>	±25

<sup>1)</sup> приведенная погрешность нормирована к верхнему установленному пределу диапазона измерений.

Таблица А.2 – Метрологические характеристики измерительных каналов параметров газового потока в условиях эксплуатации

Определяемый параметр	Единицы измерений	Диапазон измерений	Пределы допускаемой погрешности
Концентрация кислорода (O <sub>2</sub> )	% об.д.	от 0 до 25	±10 % (привед.) <sup>1)</sup>
Объёмная доля воды H <sub>2</sub> O	% об.д.	от 0 до 30	±20 % (привед.) <sup>1)</sup>
Температура промышленных выбросов	°C	от 0 до 300	± 1,5 % (привед.) <sup>1)</sup>
Давление промышленных выбросов	кПа	от 0 до 200	± 1,5 % (привед.) <sup>1)</sup>
Массовая концентрация пыли в промышленных выбросах	г/м <sup>3</sup>	от 0,02 до 10	± 25 % (отн.)
Скорость газового потока	м/с	от 0,1 до 0,5 включ. св. 0,5 до 40	± 4 % (отн.) ±4/V <sup>2)</sup> % (отн.)
Объемный расход промышленных выбросов в рабочих условиях	м <sup>3</sup> /ч	от S·Vmin до S·Vmax, где S – площадь поперечного сечения трубопровода, м <sup>2</sup>	±20 % (отн.) <sup>3)</sup>
Комплексные компоненты ИК содержания определяемых компонентов, температуры и давления системы (включая линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора)	mA	от 4 до 20	±1,0 % (привед.) <sup>1)</sup>
Комплексные компоненты ИК массовой концентрации пыли и скорости газового потока системы (включая линии связи, программно-технические комплексы и АРМ оператора)	mA	от 4 до 20	±1,0 % (отн.)

<sup>1)</sup> Приведенные к верхнему значению диапазона измерений.

<sup>2)</sup> V - значение скорости соответственно, м/ч.

<sup>3)</sup> Погрешность расходомера указана с учетом фактического места установки на трубе и погрешности измерения площади сечения дымовых труб.