

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора

ФГУП «ВНИИМС»

по производственной метрологии

Н.В. Иванникова

" 15 " июня 2017 г.



Хроматографы газовые промышленные модели 700

Методика поверки

МП 205-14-2017

Москва 2017 г.

Настоящая методика поверки распространяется на хроматографы газовые промышленные модели 700 в комплектации с детекторами теплопроводности (ДТП) для автоматического определения состава газа природного в соответствии с ГОСТ 31371.7-2008 производства фирмы “Emerson Process Management/Rosemount Analytical, Inc.”, США и устанавливает методику их первичной и периодической поверок.

Интервал между поверками 1 год.

1.1 ОПЕРАЦИИ ПОВЕРКИ

1.1.1 При проведении поверки хроматографа выполняют операции, указанные в таблице 1.1.

Таблица 1.1

| Н п/п | Наименование операций | Номер пункта методики |
|----------|---|--------------------------|
| 1. | Внешний осмотр | 1.6.1 |
| 2. | Опробование, определение разрешения двух соседних хроматографических пиков компонентов газа горючего природного (ГГП) | 1.6.2 |
| 3. | Определение соответствия программного обеспечения (ПО) | 1.6.3 |
| 4. | Определение абсолютной погрешности хроматографа в рабочем диапазоне измерений | 1.6.4 |
| 5. | Определение изменения выходного сигнала за 24 часа непрерывной работы хроматографа. | 1.6.5 |

1.1.2 При отрицательных результатах поверки по какому-либо пункту настоящей методики дальнейшая поверка хроматографа прекращается, и он признается прошедшим поверку с отрицательным результатом.

1.1.3 Допускается проводить поверку хроматографа по методикам (методам), внедренным на предприятии для данных моделей хроматографов и аттестованным в соответствии с ГОСТ Р 8.563-2009, регламентирующим определение состава и свойств углеводородных газовых сред.

1.2 СРЕДСТВА ПОВЕРКИ

1.2.1 Термометр ТЛ-2-4-Б2 по ГОСТ 28498-90. Диапазон измерений 0 – 50 °С, цена деления 0,1 °С.

1.2.2 Барометр-анероид М-110 ТУ 25.04-1799-75.

1.2.3 Психрометр аспирационный МВ-4-М или МВ-4-2М по ТУ 25-1607.054-85.

1.2.4 Миллиамперметр постоянного тока по ГОСТ 8711-78, класс точности 0,1, верхний предел измерений 30 мА

1.2.5 Образцовая катушка сопротивления Р 331, класс точности 0,01, сопротивление 100 Ом.

1.2.6 Магазин сопротивлений Р 4831, класс точности 0,02/210-6, сопротивление до 111111,1 Ом.

1.2.7 Вольтметр универсальный Щ 31, предел допускаемой основной погрешности 0,015% при измерении тока 5 мА.

1.2.8 Стандартные образцы – Поверочные газовые смеси ГСО 9299-2009 (ИПГ-13). Диапазоны молярной доли компонентов газа горючего природного в таблице 1.2.

Таблица 1.2.

| Определяемый компонент | Диапазон молярной доли компонентов (x), % | Расширенная неопределенность $U(x)$ ¹⁾ , %, при коэффициенте охвата $k = 2$ |
|--|---|--|
| Смесь № 1 | | |
| Метан (CH_4) | 98,7 – 99,6 | - 0,0093· x + 0,939 ²⁾ - 0,0012· x + 0,15 ³⁾ |
| Этан (C_2H_6) | 0,02 – 0,08 | 0,02· x + 0,00008 |
| Пропан (C_3H_8) | 0,01 – 0,04 | 0,03· x + 0,00008 |
| Изобутан ($\text{i-C}_4\text{H}_{10}$) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| н-Бутан ($\text{n-C}_4\text{H}_{10}$) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| Изопентан ($\text{i-C}_5\text{H}_{12}$) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| н-Пентан ($\text{n-C}_5\text{H}_{12}$) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| Неопентан (нео- C_5H_{12}) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| Гексаны (C_6H_{14}) / C_{6+} ^{высшие} ⁴⁾ | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,00008 |
| Диоксид углерода (CO_2) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,0004 |
| Азот (N_2) (суммарно с кислородом (O_2) и аргоном (Ar)) | 0,25 – 0,75 | 0,02· x + 0,0004 |
| Кислород (O_2) | 0,005 – 0,015 | 0,03· x + 0,0004 |
| Смесь № 2 | | |
| Метан (CH_4) | 49-74 | - 0,0093· x + 0,939 ²⁾ - 0,0012· x + 0,150 ³⁾ |
| Этан (C_2H_6) | 10,0 – 15,0 | 0,02· x + 0,00008 |
| Пропан (C_3H_8) | 3,0 – 6,0 | 0,03· x + 0,00008 |
| Изобутан ($\text{i-C}_4\text{H}_{10}$) | 2,0 – 4,0 | 0,03· x + 0,00008 |
| н-Бутан ($\text{n-C}_4\text{H}_{10}$) | 2,0 – 4,0 | 0,03· x + 0,00008 |
| Изопентан ($\text{i-C}_5\text{H}_{12}$) | 0,4 – 2,0 | 0,03· x + 0,00008 |
| н-Пентан ($\text{n-C}_5\text{H}_{12}$) | 0,4 – 2,0 | 0,03· x + 0,00008 |
| Неопентан (нео- C_5H_{12}) | 0,03 – 0,05 | 0,03· x + 0,00008 |
| Гексаны (C_6H_{14}) / C_{6+} ^{высшие} ⁴⁾ | 0,4 – 1,5 | 0,03· x + 0,00008 |
| Диоксид углерода (CO_2) | 2,0 – 4,0 | 0,03· x + 0,0004 |
| Азот (N_2) (суммарно с кислородом (O_2) и аргоном (Ar)) | 5,0 – 10,0 | 0,02· x + 0,0004 |
| Кислород (O_2) | 0,4 – 2,0 | 0,03· x + 0,0004 |

¹⁾ Расширенная неопределенность $U(x)$ в процентах при коэффициенте охвата $k = 2$ соответствует границе абсолютной погрешности при доверительной вероятности $P=0,95$.

²⁾ Формула применяется при определении молярной доли метана по разности.

³⁾ Формула применяется при определении молярной доли метана в прямую.

⁴⁾ Суммарное значение молярной доли углеводородов C_{6+} ^{высшие} не должно превышать 1,5 %.

1.2.5 Допускается применение других средств поверки, допущенных к применению в установленном порядке и имеющих характеристики не хуже указанных.

1.2.6 Допускается проведение поверки по поверочному магистральному газу ГСО 9307-2009 (ПГМ-6) с молярной долей компонентов, близкой к значению молярной доли компонентов в анализируемом ГГП.

1.2.7 Все средства должны иметь действующие свидетельства о поверке, а ГСО - действующие паспорта.

1.3 УСЛОВИЯ ПОВЕРКИ

1.3.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

| | |
|---------------------------------------|---------------------|
| диапазон температуры окружающей среды | от 15 до 25 °C; |
| диапазон атмосферного давления | от 84 до 106,7 кПа; |
| при относительной влажности воздуха | до 80 %; |
| напряжение питания | (230 ± 10%) В; |
| частота питания переменного тока | (50 ± 1) Гц. |

1.3.2 Напряжение линии питания должно быть устойчивым и свободным от скачков.

1.3.3 Механические воздействия, наличие пыли, агрессивных примесей, внешние электрические и магнитные поля (кроме земного) и отклонения от рабочего положения не допускаются.

1.4 ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ТРЕБОВАНИЯ К КВАЛИФИКАЦИИ ПОВЕРИТЕЛЕЙ

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие требования:

- Требования техники безопасности при эксплуатации баллонов со сжатыми газами должны соответствовать «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» (ПБ03-576-03), утвержденным постановлением № 91 Госгортехнадзора России от 11.06.2003;
- Сброс газа при проверке хроматографа по ГСО-ПГС должен осуществляться за пределы помещения согласно «Правилам безопасности систем газораспределения и газопотребления» (ПБ12-529-03), утвержденным постановлением № 9 ГТН РФ от 18.03.2003 и «Правилам безопасности для объектов, использующих сжиженные углеводородные газы» (ПБ12-609-03), утвержденным постановлением № 40 ГТН РФ от 27.05.2003;
- Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией;
- В помещении запрещается пользоваться открытым огнем и курить;
- К поверке допускаются лица, изучившие настоящую методику поверки, эксплуатационную документацию, 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 и имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже III;
- Для получения данных, необходимых для поверки, допускается участие в поверке оператора, обслуживающего хроматограф (под контролем поверителя).

Требования безопасности должны соответствовать рекомендациям, изложенным в Руководстве по эксплуатации хроматографа.

1.5 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ

При подготовке к поверке проводят следующие операции:

- Выполнить мероприятия по обеспечению условий безопасности;
- Выдержать хроматограф и баллоны с поверочной газовой смесью при температуре поверки не менее 24 ч;
- Подготовить к работе средства поверки в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации;
- Обеспечить условия проведения поверки согласно разделу 1.3 настоящей методики;
- Ознакомиться с эксплуатационной документацией на хроматограф, описанием программного обеспечения и настоящей методикой поверки;

- Проверить, что хроматограф подготовлен к работе согласно указаниям руководства по эксплуатации;
- Проверить дату проведения последней градуировки хроматографа, выполненной согласно ГОСТ 31371.7-2008.

1.6 ПРОВЕДЕНИЕ ПОВЕРКИ

1.6.1 Внешний осмотр

1.6.1.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- отсутствие внешних механических повреждений (царапин, вмятин и др.), влияющих на работоспособность хроматографа;
- правильность установки прибора;
- соответствие комплектации хроматографа, согласно технической документации на него;
- правильность подключения технологических газов и соответствие их характеристик требованиям по чистоте;
- четкость маркировки хроматографа, согласно технической документации на него;
- исправность средств управления, настройки и коррекции.

Считается, что хроматограф выдержал внешний осмотр, если он соответствует перечисленным выше требованиям.

1.6.2 Опробование. Определение разрешения двух соседних хроматографических пиков компонентов ГГП

1.6.2.1 Определение разрешения двух соседних хроматографических пиков компонентов ГГП проводят после выхода хроматографа на режим. Условия измерений должны соответствовать п. 1.3 данной методики.

Определение проводят с использованием поверочной газовой смеси (ПГС) № 2. Допускается использование газовой смеси с значением молярной доли компонентов, близким к значению молярной доли компонентов в анализируемом газе.

Проверку степени газохроматографического разделения проводят для следующих пар компонентов:

- азот – метан;
- метан – диоксид углерода;
- н-бутан – неопентан.

1.6.2.2 На вход хроматографа подают ПГС и продувают линию подачи газа. Запускают смесь и регистрируют хроматограмму.

Разрешение двух соседних пиков компонентов вычисляют по формуле:

$$R_{AB} = \frac{|t_y^A - t_y^B|}{\lambda_{0.5A} + \lambda_{0.5B}} \quad (1.6.2)$$

где: t_y^A, t_y^B – времена удерживания компонентов А и В, разрешение R_{AB} которых определяется,

с;

$\lambda_{0.5A}, \lambda_{0.5B}$ – значения ширины пиков А и В на половине высоты, с.

Считают, что хроматограф выдержал поверку по п. 1.6.2, если вычисленное значение разрешения R_{AB} двух соседних хроматографических пиков компонентов ГГП не менее:

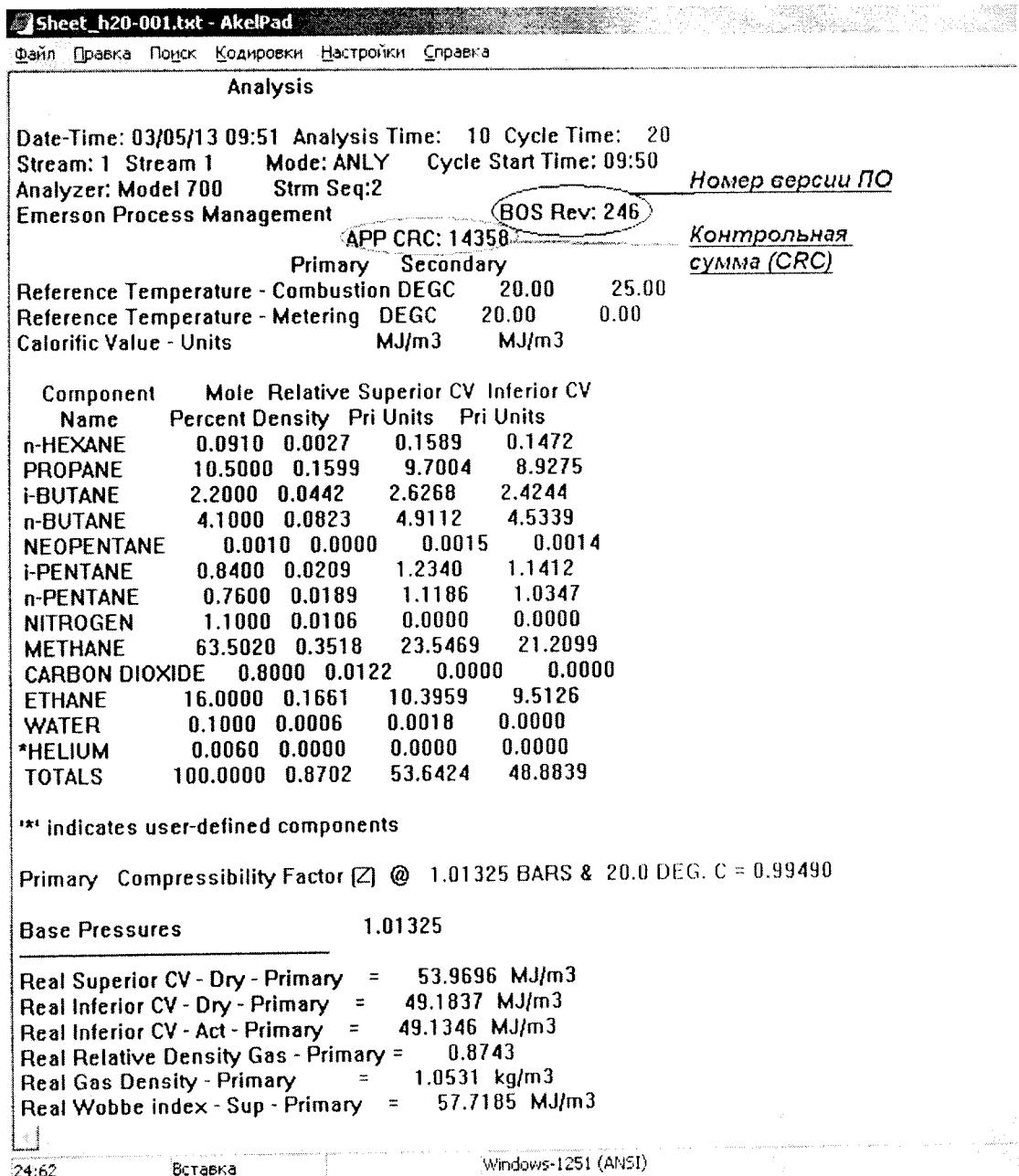
- | | |
|----------------------------|------|
| - азот – метан | 0,6; |
| - метан – диоксид углерода | 5,0; |
| - н-бутан – неопентан | 1,0. |

1.6.3 Определение соответствия программного обеспечения

Определение соответствия программного обеспечения (ПО «Emerson») проводят по номеру версии (идентификационного номера) и контрольной сумме расчетного модуля (CRC – коды) программного обеспечения.

Для визуализации параметров работы хроматографов модели 700 используется программное обеспечение MON 2000. Информация о номере версии и фактической контрольной сумме (CRC-коды) ПО содержится в отчете анализа пробы. Отчет анализа представлен на рисунке 1.1.

Рисунок 1.1. Отчет анализа.



Метрологически значимой частью ПО «Emerson» являются номера версии основной операционной системы (модуль ПО с расширением *.bos) и контрольные суммы (CRC) файлы применения (модуль ПО с расширением *.app). Версии ПО и контрольные суммы различаются в зависимости от применяемых типов процессорных плат и конкретной конфигурации хрома-

тографа с одним или двумя детекторами. Версии основной операционной системы (*.bos) и контрольные суммы файлов применения (*.app) приведены в таблице 1.6.3.1.

Считают, что хроматограф выдержал поверку по п. 1.6.3, если в отчете анализа поверочной газовой смеси, указанный номер версии и CRC-коды соответствуют данным указанных в таблицах 1.6.3.1.

Таблица 1.6.3.1

| Идентификационные данные (признаки) | Операционная система хроматографа | Файл применений хроматографа модели 700 |
|---|--|---|
| Идентификационное наименование ПО | Базовая операционная система BOS | |
| Номер версии (идентификационный номер ПО), не ниже: Тип процессорной платы: 6117 Тип процессорной платы: LX800 (16bit) Тип процессорной платы: LX800 (32bit) | BOS rev. 246 BOS rev. 346 BOS rev. 446 | 700_Gost6976_S_16_303.app 700_Gost6976_S_16_303.app 700_Gost6976_S_32_403.app |
| Цифровой идентификатор ПО: 16 bit 32 bit | - - | 14358 19018 |
| Алгоритм вычисления цифрового идентификатора | - | CRC* |

В случае изменения установленного программного обеспечения, номер версии и контрольную сумму, указанные в таблицах 1.6.3.1, сравнивают с номером версии и контрольной суммой, приведенными в документации на новое программное обеспечение.

1.6.4 Определение абсолютной погрешности хроматографа в рабочем диапазоне измерений

1.6.4.1 Определение абсолютной погрешности хроматографа в рабочем диапазоне измерений проводят после выхода хроматографа на режим. Условия измерений должны соответствовать п. 1.3 данной методики. Поверку абсолютной погрешности хроматографа в рабочем диапазоне измерений проводят с использованием поверочных газовых смесей №1 и №2 ГСО 9299-2009 (ИПГ-13). Диапазоны молярной доли компонентов ГГП приведены в таблице 1.2.

П р и м е ч а н и е. Допускается периодическую поверку проводить с использованием одной поверочной газовой смеси с молярной долей компонентов, близкой к содержанию молярной доли компонентов в анализируемом ГГП, в случае, если значение молярных долей компонентов в анализируемом потоке газа не отличается от среднегодового значения более чем на значения, приведенные в таблице 1.6.4.1.

Таблица 1.6.4.1.

| Значение молярной доли компонента в пробе, % | Относительное отклонение значений молярной доли компонента в градуировочной газовой смеси и в пробе, %, не более |
|--|--|
| От 0,001 до 0,1 включ. | ±100 |
| Св. 0,1 до 1 включ. | ±50 |
| Св. 1 до 10 включ. | ±10 |
| Св. 10 до 50 включ. | ±5 |
| Св. 50 до 100 включ. | ±3 |

1.6.4.2 На вход хроматографа подают поверочную газовую смесь, продувают линию подачи газа и проводят измерения в соответствии с методикой измерения ГОСТ 31371-2008. Запускают пробу и регистрируют хроматограмму ПГС.

1.6.4.3 Операцию по п. 1.6.4.2 повторить.

1.6.4.4 По отчетам программного обеспечения о результатах измерения молярной доли компонентов для каждой пробы рассчитывают значение абсолютной погрешности по формуле:

$$\Delta_{ji} = x_{j\theta} - x_{ji}, \quad (1.6.4)$$

где: $x_{j\theta}$ – действительное значение молярной доли j -го компонента, указанное в паспорте на ГСО-ПГС, %

x_{ji} – измеренное значение молярной доли j -го компонента, %.

За абсолютную погрешность хроматографа принимают максимальное по модулю значение Δ_{ji} , рассчитанное по формуле (1.6.4).

Считают, что хроматограф выдержал поверку по п. 1.6.4, если полученное значение абсолютной погрешности не превышает пределов, вычисляемых по формулам таблицы 1.6.4.2.

Таблица 1.6.4.2

| Наименование компонента | Пределы допускаемой абсолютной погрешности $\pm \Delta$, % ¹⁾ , при $P=0,95$ |
|--|--|
| Метан | $-0,0187 \cdot x + 1,88^{2)}$ $0,0023 \cdot x + 0,29^{3)}$ |
| Этан | $0,04 \cdot x + 0,00026$ |
| Пропан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| Изобутан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| н-Бутан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| Изопентан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| н-Пентан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| Неопентан | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| Гексаны (C ₆ +высшие) ⁴⁾ | $0,06 \cdot x + 0,00024$ |
| Диоксид углерода | $0,06 \cdot x + 0,0012$ |
| Азот (суммарный пик с кислородом и аргоном) | $0,04 \cdot x + 0,0013$ |
| Кислород | $0,06 \cdot x + 0,0012$ |

¹⁾соответствует абсолютной расширенной неопределенности результата измерения молярной доли компонента $U(x)$, %, при коэффициенте охвата $k=2$.

²⁾Формула применяется при определении молярной доли метана по разности;

³⁾Формула применяется при определении молярной доли метана в прямую;

⁴⁾Суммарное значение молярной доли углеводородов C₆+высшие не должно превышать 1,5%;
 x – измеренное значение молярной доли компонента ГГП.

1.6.4.5 Определение абсолютной погрешности хроматографов при измерении через аналоговые выходы выполняется только в том случае, если данные сигналы используются для передачи информации в вычислители расхода или систему управления.

Определение абсолютной погрешности хроматографов при измерении через аналоговые выходы в рабочем диапазоне измерений проводят после выхода хроматографа на режим. Условия измерений должны соответствовать п. 1.3 данной методики.

Абсолютную погрешность каждого измеряемого параметра проводят следующим способом:

- Производят настройку аналогового выхода каждого измеряемого параметра (молярная доля компонентов и вычисленные физико-химические показатели проб газа) в соответствии с инструкцией на хроматограф. При этом диапазоны измерения выбирают минимально возможные на основании анализа диапазона изменений концентрации компонентов газа и расчетных физико-химических величин за год.
- Определение проводят с использованием поверочной газовой смеси, с молярной долей компонентов, близкой к содержанию молярной доли компонентов в анализируемом ГГП и проводят измерения в соответствии с методикой измерения ГОСТ 31371-2008 в режиме единичного измерения. После окончания цикла анализа регистрируют величину аналогового выходного сигнала измеряемых параметров. Измерение выходного сигнала может проводиться по миллиамперметру или по падению напряжения на образцовом сопротивлении.
- Операцию измерения ПГС повторяют.
- Рассчитывают величину измеряемого параметра на основании измерений выходного сигнала по формуле 1.6.5:

$$n_{ji} = \Pi_n + (I_{ji} - 4) \cdot (\Pi_s - \Pi_n) / 16, \quad (1.6.5)$$

где n_{ji} – измеренное значение молярной доли j -го компонента, %, низшая теплота сгорания, относительная плотность;
 I_{ji} - измеренное значение тока аналогового сигнала измеряемого параметра;
 Π_s - значение верхней границы диапазона измерения параметра;
 Π_n - значение нижней границы диапазона измерения параметра.

На основании полученных результатов измерения молярной доли компонентов и физико-химических параметров для каждой пробы рассчитывают значение абсолютной погрешности по формуле 1.6.6:

$$\Delta_{ji} = n_{j0} - n_{ji}, \quad (1.6.6)$$

где: n_{j0} – действительное значение молярной доли j -го компонента, указанное в паспорте на ГСО-ПГС, %
 n_{ji} – измеренное значение молярной доли j -го компонента, %.

За абсолютную погрешность хроматографа принимают максимальное по модулю значение Δ_{ji} , рассчитанное по формуле (1.6.6).

Считают, что хроматограф выдержал поверку по п. 1.6.6, если полученное значение абсолютной погрешности не превышает пределов, вычисляемых по формулам таблицы 1.6.4.2 и таблиц М2, М3 ГОСТ 31369-2008.

1.6.5 Определение изменения выходного сигнала за 24 часа непрерывной работы хроматографа.

1.6.5.1 Определение изменения выходного сигнала за 24 часа непрерывной работы хроматографа проводят после выхода хроматографа на режим. Определение проводят с использованием поверочных газовых смесей №№ 1, 2.

При периодической поверке допускается использование одной поверочной газовой смеси с молярной долей компонентов, близкой к содержанию молярной доли компонентов в анализируемом ГГП, в случае, если значение молярных долей компонентов в анализируемом потоке газа не отличается от среднегодового значения более чем на значения, приведенные в таблице 1.6.4.1.

1.6.5.2 На вход хроматографа подают поверочную газовую смесь, продувают линию подачи газа и проводят измерения в соответствии с методикой измерения ГОСТ 31371-2008. Запускают контрольную смесь и регистрируют хроматограмму смеси. Смесь вводят в хроматограф не менее 2 раз.

1.6.5.3 Через 24 ч непрерывной работы хроматографа повторяют измерения по пункту 1.6.5.2 данной методики.

1.6.5.4 Фиксируют измеренные значения молярной доли компонента и вычисляют абсолютную погрешность по формуле (1.6.4) для обоих измерений. За абсолютную погрешность хроматографа принимается максимальное по модулю значение Δ_{ji} , рассчитанное по формуле (1.6.4).

П р и м е ч а н и е - При определении изменения выходного сигнала за 24 часа непрерывной работы хроматографа возможно использовать результаты, полученные при определении абсолютной погрешности хроматографа в рабочем диапазоне измерений по пункту 1.6.4.1 данной методики.

Считается, что хроматограф выдержал поверку по п.1.6.5, если для каждого j -го компонента поверочной смеси полученные значения абсолютной погрешности не превышают пределов, вычисляемых по формулам таблицы 1.6.4.2.

7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ

7.1 Результаты поверки хроматографов заносят в протокол (Приложение А).

7.2 Положительные результаты поверки хроматографов оформляют выдачей Свидетельство о поверке в соответствии с Порядком проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке (утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. № 1815).

7.3 На хроматографы, не удовлетворяющие требованиям настоящей методики выдают извещение о непригодности с указанием причин в соответствии с Порядком проведения поверки средств измерений, требования к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке (утв. приказом Министерства промышленности и торговли РФ от 2 июля 2015 г. № 1815).

Начальник отдела ФГУП «ВНИИМС»


С.В. Вихрова

Инженер отдела ФГУП «ВНИИМС»

Д.А. Пчелин

Приложение А

ФОРМА ПРОТОКОЛА ПОВЕРКИ

Хроматограф газовый промышленный модель _____

Зав. № _____

Принадлежит _____

ИНН владельца _____

Дата выпуска _____

Дата поверки _____

Условия поверки:

температура окружающего воздуха ____ °С;

атмосферное давление _____ кПа;

относительная влажность _____ %.

Документ, по которому проведена поверка _____

Средства поверки _____

A. РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЕРКИ

1. Результаты внешнего осмотра _____

2. Результаты опробования _____

3. Результаты определения метрологических характеристик _____

Заключение _____

Поверитель: должность, ФИО _____

(подпись)