

Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии

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

**Уральский научно-исследовательский институт метрологии –
Филиал Федерального государственного унитарного предприятия
«Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии**

им. Д.И. Менделеева»

(УНИИМ - филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»)

СОГЛАСОВАНО

**Директор УНИИМ –
Филиала ФГУП «ВНИИМ
им. Д.И. Менделеева»**

Е.П. Собица



» 07 2025 г.

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СИСТЕМА
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЕДИНСТВА ИЗМЕРЕНИЙ**

Хроматографы газовые ССГ

МЕТОДИКА ПОВЕРКИ

МП 84-223-2024

**Екатеринбург
2025**

ПРЕДИСЛОВИЕ

1. РАЗРАБОТАНА Уральским научно-исследовательским институтом метрологии – филиалом Федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии им. Д.И. Менделеева» (УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»).

2. ИСПОЛНИТЕЛИ: зав. лаб. 223 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Собина А.В., зам. заведующего лаб. 223 УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» Кузнецова М.Ф.

3 СОГЛАСОВАНА

Директором УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева» 08.07.2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	4
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	10
3 ПЕРЕЧЕНЬ ОПЕРАЦИЙ ПОВЕРКИ	10
4 ТРЕБОВАНИЯ К УСЛОВИЯМ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	11
5 ТРЕБОВАНИЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИМ ПОВЕРКУ	11
6 МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К СРЕДСТВАМ ПОВЕРКИ	11
7 ТРЕБОВАНИЯ (УСЛОВИЯ) ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ ПОВЕРКИ	14
8 ВНЕШНИЙ ОСМОТР СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	14
9 ПОДГОТОВКА К ПОВЕРКЕ И ОПРОБОВАНИЕ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	14
10 ПРОВЕРКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	14
11 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ	15
12 ПОДТВЕРЖДЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЙ МЕТРОЛОГИЧЕСКИМ ТРЕБОВАНИЯМ	19
13 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОВЕРКИ	21
ПРИЛОЖЕНИЕ А (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ) КОЭФФИЦИЕНТЫ СЖИМАЕМОСТИ И МОЛЯРНЫЕ МАССЫ ГАЗОВ	23

Государственная система обеспечения единства измерений Хроматографы газовые ССГ. Методика поверки	МП 84-223-2024
---	----------------

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на хроматографы газовые ССГ (далее — хроматографы), с серийными номерами, указанными в таблице 1, предназначенные для измерений содержания (массовой, молярной, объемной доли, массовой концентрации) компонентов в жидких и газовых средах.

Таблица 1 – Обозначения и серийные номера хроматографов

Обозначение хроматографа	Серийный номер хроматографа
ССГ76721	CN20293037, CN20303004
ССГ6840С	CN20363012, CN20313031, CN20313024, CN20323014, CN20383005
ССГ4032С	CN20313039, CN20313029
ССГ2330С	CN20293031, CN20303001
ССГ76738	CN20313030
ССГ76739	CN20313033
ССГ76733	CN20293025
ССГ2441С	CN20303022
ССГ4031С	CN20303023
ССГ76728	CN20293018
ССГ2435С	CN20293032

1.2 Хроматографы подлежат первичной (до ввода в эксплуатацию) и периодической (в процессе эксплуатации, в т.ч. после ремонта) поверке. Поверка хроматографов должна производиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.3 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость хроматографа:

- к Государственному первичному эталону единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019 согласно государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2315 от 31 декабря 2020 г.

1.4 В настоящей методике поверки реализована поверка методом прямых измерений.

1.5 Настоящая методика поверки применяется для поверки хроматографов, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблицах 2, 3.

Таблица 2 - Уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала

Серийный номер хроматографа	Детектор	Уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала, не более
CN20293025	ПВД	0,15 пА
CN20293037	ПВД	0,15 пА
	ДТП _з	0,50 мкВ
	ДТП _{доп}	0,30 мкВ
CN20303004	ПВД	0,15 пА

Серийный номер хроматографа	Детектор	Уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала, не более
	ДТП _з	0,35 мкВ
	ДТП _{доп}	0,35 мкВ
CN20313033	ПВД	0,10 пА
CN20313030	ПВД	0,10 пА
CN20293018	ПВД	0,25 пА
CN20383005	ПВД	0,20 пА
CN20363012	ПВД	0,15 пА
CN20293031	ПВД	0,20 пА
	ДТП _{доп}	0,55 мкВ
	ДТП _з	0,75 мкВ
CN20313039	ПВД	0,10 пА
CN20303023	ПВД	0,25 пА
CN20313024	ПВД	0,30 пА
CN20303022	ПВД	0,15 пА
CN20313029	ПВД	0,25 пА
CN20323014	ПВД	0,20 пА
CN20303001	ПВД	0,20 пА
	ДТП _{доп}	0,65 мкВ
	ДТП _з	0,80 мкВ
CN20313031	ПВД	0,20 пА
CN20293032	ДТП _п	0,50 мкВ
	ДТП _з	0,20 мкВ

Таблица 3 – Предел детектирования, предел допускаемого относительного СКО выходного сигнала при ручном дозировании пробы, пределы допускаемого относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика)

Серийный номер хромотографа	Детектор	Способ ввода пробы	Контрольное вещество	Предел детектирования	Предел допускаемого относительного СКО выходного сигнала, при ручном дозировании пробы, %		Пределы допускаемого относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика), %
					по времени удерживания	по площади и высоте пиков	
CN20293025	ПИД	газ	Метан в воздухе (молярная доля (0,01 – 0,02) %)	$3,6 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
CN20293037	ПИД	газ	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$3,6 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
	ДТП ₃	газ	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$2,3 \cdot 10^{-9}$ г/см ³	0,7	4,0	$\pm 5,0$
	ДТП _{доп}	газ	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)	$1,4 \cdot 10^{-10}$ г/см ³	0,7	4,0	$\pm 5,0$
CN20303004	ПИД	газ	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$6,3 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
	ДТП ₃	газ	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$2,1 \cdot 10^{-9}$ г/см ³	0,7	4,0	$\pm 5,0$
	ДТП _{доп}	газ	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)	$1,6 \cdot 10^{-10}$ г/см ³	0,7	4,0	$\pm 5,0$
CN20313033	ПИД	газ	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$6,9 \cdot 10^{-13}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)	$1,5 \cdot 10^{-12}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
CN20313030	ПИД	газ	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,7 \cdot 10^{-12}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,80) %)	$1,5 \cdot 10^{-12}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$
CN20293018	ПИД	газ	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,4 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	$\pm 7,0$

Серийный номер хроматографа	Детектор	Способ ввода пробы	Контрольное вещество	Предел детектирования	Предел допускаемого относительного СКО выходного сигнала, при ручном дозировании пробы, %		Пределы допускаемого относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика), %
					по времени удерживания	по площади и высоте пиков	
CN20383005	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,80) %)	$1,1 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	газ	Метан в пропане (молярная доля (0,4 – 0,6) %)	$1,2 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)	$7,5 \cdot 10^{-12}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	газ	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,4 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20363012	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)	$1,0 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	газ	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,4 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20293031	ДТП _{дип}	газ	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$2,2 \cdot 10^{-9}$ г/см ³	0,7	4,0	±5,0
	ДТП ₃	газ	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)	$3,6 \cdot 10^{-10}$ г/см ³	0,7	4,0	±5,0
	ПИД	жидкость	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))	$6,0 \cdot 10^{-16}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20313039	ПИД	газ	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))	$2,8 \cdot 10^{-13}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20303023	ПИД	жидкость	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))	$8,4 \cdot 10^{-14}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20313024	ПИД	газ	Метан в пропане (молярная доля (0,4 – 0,6) %)	$1,5 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0

Серийный номер хроматографа	Детектор	Способ ввода пробы	Контрольное вещество	Предел детектирования	Предел допускаемого относительного СКО выходного сигнала, при ручном дозировании пробы, %		Пределы допускаемого относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика), %
					по времени удерживания	по площади и высоте пиков	
CN20303022	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)	$1,5 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	газ	Метан в гелии (молярная доля (0,4 – 0,6) млн ⁻¹ (ppm))	$1,2 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20313029	ПИД	жидкость	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))	$1,6 \cdot 10^{-13}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	газ	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))	$9,0 \cdot 10^{-13}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20323014	ПИД	газ	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,0 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,80) %)	$7,8 \cdot 10^{-12}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20303001	ПИД	газ	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,7 \cdot 10^{-10}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ДТП _{доп}	газ	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$2,7 \cdot 10^{-8}$ г/см ³	0,7	4,0	±5,0
	ДТП ₃	газ	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)	$3,3 \cdot 10^{-10}$ г/см ³	0,7	4,0	±5,0
CN20313031	ПИД	газ	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,2 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
	ПИД	жидкость	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)	$1,0 \cdot 10^{-11}$ г/с	0,7	8,0	±7,0
CN20293032	ДТП _n	газ	Водород в азоте (объемная доля (0,9 – 2,0) %)	$1,5 \cdot 10^{-9}$ г/см ³	0,7	4,0	±5,0

Серийный номер хромотографа	Детектор	Способ ввода пробы	Контрольное вещество	Предел детектирования	Предел допускаемого относительного СКО выходного сигнала, при ручном дозировании пробы, %		Пределы допускаемого относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика), %
					по времени удерживания	по площади и высоте пиков	
	ДТП ₃	газ	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)	$2,9 \cdot 10^{-9} \text{ г/см}^3$	0,7	4,0	$\pm 5,0$

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике использованы ссылки на следующие нормативные документы и нормативные правовые акты:

ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

ГОСТ 12.1.007-76 Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 9293-74 Азот газообразный и жидкий. Технические условия.

ГОСТ IEC 61010-1-2014 Безопасность электрических контрольно-измерительных приборов и лабораторного оборудования. Часть 1. Общие требования.

ГОСТ 1770-74 Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия.

ГОСТ OIML R 76-1-2011 Государственная система обеспечения единства измерений. Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 2315 от 31 декабря 2020 г. «Об утверждении государственной поверочной схемы для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах».

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

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.

3 Перечень операций поверки

3.1 При проведении поверки хроматографа выполняют операции, указанные в таблице

4.

Таблица 4 – 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	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Да	Да	9
Проверка программного обеспечения (ПО) средства измерений	Да	Да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений: - определение уровня флуктуационных шумов нулевого сигнала - определение относительного среднего квадратического отклонения (СКО) выходного сигнала при ручном дозировании пробы - определение предела детектирования - определение относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика)	Да	Да	11

Наименование операции поверки	Обязательность выполнения операций поверки при		Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	Да	Да	12

3.2 При получении отрицательных результатов по одному из пунктов таблицы 4 поверка прекращается, хроматограф признают непригодным к применению.

3.3 Допускается проводить поверку (первичную или периодическую) отдельных измерительных каналов на основании письменного заявления владельца хроматографа.

3.4 Допускается проведение периодической поверки с использованием одного контрольного вещества и/или способа ввода пробы, определяемых типом измерительного канала (детектора) конкретного хроматографа, на основании письменного заявления владельца средства измерений или лица, предоставившего его на поверку. Сведения о применяемых при поверке контрольном веществе и/или способе ввода пробы должны быть включены в сведения о результатах поверки.

4 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающей среды, °C от плюс 20 до плюс 27;
- относительная влажность воздуха, %, не более 70;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению работ по поверке хроматографов допускаются специалисты, прошедшие специальное обучение в качестве поверителя, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и руководством по эксплуатации хроматографа.

6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки согласно таблице 5.

Таблица 5 — Метрологические и технические требования к средствам поверки

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
9	Средство измерений температуры, относительной влажности с диапазонами измерений, охватывающими условия по п. 4. Пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений относительной влажности $\pm 2\%$, пределы допускаемой абсолютной погрешности измерений температуры $\pm 0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$	Термогигрометр ИВА-6А-КП-Д (регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 46434-11).
11.1	Секундомер, диапазон измерений от 0 ч до 9 ч 59 мин 59,99 с, дискретность отсчета времени 0,01 с	Секундомер электронный «Интеграл С-01», регистрационный номер в ФИФ ОЕИ 44154-20.
11.2, 11.3	Счетчик газа, минимальный расход газа $1\text{ дм}^3/\text{ч}$, максимальный расход газа $5\text{ дм}^3/\text{ч}$, пределы допускаемой относительной по-	Счетчик газа барабанный с жидкостным затвором ВИКС, ВИКС-1, регистра-

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	погрешности измерений объема газа $\pm 1,0$ %.	цифровой номер в ФИФ ОЕИ 83900-21).
11.2, 11.3	СО состава искусственной смеси на основе сжиженных газов и жидких углеводородов, массовая доля н-пентана от 80,0 % до 100 %, границы абсолютной погрешности ($P=0,95$) $\pm 0,6$ %. СО искусственной газовой смеси на основе углеводородных газов, молярная доля пропана от 0,9 % до 2,0 %, остальное – метан, ПГО $\pm 1,7$ % ($P=0,95$). СО состава искусственной газовой смеси на основе инертных и постоянных газов, молярная доля метана от 0,01 % до 0,02 %, остальное – воздух, ПГО $\pm 2,5$ % ($P=0,95$). СО искусственной газовой смеси на основе углеводородных газов, молярная доля этана от 0,9 % до 2,0 %, остальное – пропан, ПГО $\pm 1,7$ % ($P=0,95$). СО искусственной газовой смеси на основе углеводородных газов, молярная доля метана от 0,9 % до 2,0 %, остальное – пропан, ГО $\pm 1,5$ % ($P=0,95$). СО состава искусственной газовой смеси в азоте, объемная доля водорода от 0,4 % до 0,6 %, остальное – азот, ПГ $\pm 0,008$ % ($P=0,95$). СО состава искусственной газовой смеси на основе постоянных и инертных газов, молярная доля метана от 0,4 до 0,6 млн⁻¹ (ppm), остальное – гелий, ПГО ± 5 % ($P=0,95$). СО искусственной газовой смеси на основе углеводородных газов, молярная доля этилена от 0,9 % до 2,0 %, остальное – этан, ПГО $\pm 1,5$ % ($P=0,95$). СО искусственной газо-жидкостной смеси на основе углеводородов, массовая доля этанола от 0,5 до 0,7 млн⁻¹(ppm)), остальное – н-бутан, ПГ $\pm 0,00007$ % ($P=0,95$). Шприц для измерений объема жидких и газо-	ГСО 12334-2023, ГСО 12339-2023 ГСО 12330-2023, ГСО 12339-2023 ГСО 12339-2023 ГСО 11047-2018, ГСО 12330-2023 ГСО 12339-2023 ГСО 10526-2014 Шприц Hamilton, 1710 N

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	образных проб, диапазон объема дозирования от 20 до 100 мкл, пределы допускаемой систематической составляющей основной относительной погрешности ± 1 %, предел допускаемого СКО случайной составляющей относительной погрешности 1 %. Шприц для измерений объема жидких и газообразных проб, диапазон объема дозирования от 100 до 500 мкл, пределы допускаемой систематической составляющей основной относительной погрешности ± 1 %, предел допускаемого СКО случайной составляющей относительной погрешности 1 %. Микрошприц для газовой хроматографии, диапазон дозируемого объема от 1 до 10 мкл, пределы основной относительной погрешности $\pm 5,00$ %, относительное СКО случайной составляющей погрешности 1,00 %. Весы электронные лабораторные, максимальная нагрузка 220 г, минимальная нагрузка 1 мг, класс точности по ГОСТ OIML R 76-1-2011 I (специальный). Гексан квалификации х.ч. Колба мерная вместимостью 100 см³ 2 класса точности по ГОСТ 1770-74. Газ-носитель – азот газообразный особой чистоты с содержанием не менее 99,999 %. Газ-носитель – гелий газообразный (сжатый) высокой чистоты, с содержанием не менее 99,9999 %. Термогигрометр, диапазон измерений относительной влажности от 0 % до 98 %, ПГ при	(рег. № в ФИФ ОЕИ 63779-16). Шприц Hamilton, 1750 LTN (рег. № в ФИФ ОЕИ 63779-16). Микрошприц для газовой хроматографии SGE-Chromatec (рег. № в ФИФ ОЕИ 39206-08). Весы электронные лабораторные неавтоматического действия X, XPE205/A (рег. № в ФИФ ОЕИ 60903-15). Гексан квалификации х.ч. по ТУ 2631-031-79640352-2017. Колба мерная вместимостью 100 см³ 2 класса точности по ГОСТ 1770-74. Газ-носитель – азот газообразный особой чистоты по ГОСТ 9293-74, сорт 1 с содержанием не менее 99,999 %. Газ-носитель – гелий газообразный (сжатый) высокой чистоты, марка 6.0 с содержанием не менее 99,9999 %. Термогигрометр автономный ИВА-6, ИВА-6А-КП-Д

Операции поверки, требующие применение средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	температуре 23 °С: в поддиапазоне от 0 % до 90 % ± 2 %; в поддиапазоне св. 90 % до 98 % ± 3 %. Диапазон измерений температуры от -20 °С до +50 °С, ПГ $\pm 0,2$ °С. Диапазон измерений атмосферного давления от 700 до 1100 гПа, ПГ ± 2 гПа.	(рег. № в ФИФ ОЕИ 82393-21).

6.2 Средства измерений должны быть исправны, иметь эксплуатационную документацию (ЭД). СИ на момент использования должны быть поверены. Стандартные образцы должны иметь действующие паспорта.

6.3 Допускается применение аналогичных приведённым в таблице 5 средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемых хроматографов с требуемой точностью.

7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования ГОСТ 12.1.005, ГОСТ 12.1.007, ГОСТ IEC 61010-1, а также требования, предусмотренные эксплуатационной документацией на поверяемый хроматограф.

7.2 Лица, допущенные к работе, проходят проверку знаний техники безопасности в установленном порядке.

8 Внешний осмотр средства измерений

8.1 При проведении внешнего осмотра необходимо установить:

- четкость и правильность маркировки (обозначение хроматографа, наименование предприятия-изготовителя, серийный номер, обозначение органов управления, соединителей и гнезд);

- соответствие комплектности хроматографа требованиям эксплуатационной документации;

- соответствие внешнего вида хроматографа сведениям, приведенным в описании типа.

8.2 Хроматограф считают выдержавшим операцию поверки по 8.1, если отсутствуют дефекты, препятствующие нормальному функционированию.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Поверяемый хроматограф собирают и готовят к измерениям в соответствии с руководством по эксплуатации.

9.2 Непосредственно перед проверкой по 9.3 и определением характеристик по 11 проводят контроль условий поверки, указанных в разделе 4.

9.3 Проводят опробование хроматографа. Опробование хроматографа происходит в автоматическом режиме самотестирования при включении хроматографа.

9.4 Хроматограф считают выдержавшим операцию поверки по 9, если при завершении самотестирования на дисплее отобразится главное меню управления хроматографом.

10 Проверка программного обеспечения средства измерений

10.1 Подтверждение соответствия программного обеспечения (ПО) проводится путём определения идентификационных данных (признаков) ПО при включении хроматографа и запуске ПО с рабочего стола внешнего компьютера.

Для ПО OpenLab CDS ChemStation Edition проверка проводится следующим образом:

- в главном окне программы в строке команд необходимо щелкнуть мышью на команде «Help», в открывшемся окне щелкнуть мышью по строке «About», в открывшемся окне щелкнуть мышью «Version Info».

Для ПО GASxInc проверка проводится следующим образом:

- в главном окне программы в строке команд необходимо щелкнуть мышью на команде «Help», в открывшемся окне щелкнуть мышью по строке «About», затем снова «About».

10.2 Хроматограф считают выдержавшим операцию поверки по 10, если отображаемые на дисплее идентификационные данные (признаки) ПО соответствуют данным (признакам), приведенным в таблице 6.

Таблица 6 – Идентификационные данные (признаки) ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение					
Наименование ПО	OpenLab CDS ChemStation Edition ¹⁾					GASxInc ²⁾
Идентификационные наименования установочных сервисов ПО	Agilent OpenLab Intelligent Reporting	Agilent OpenLAB CDS ChemStation 35900 A/D Driver	OpenLab CDS - Agilent GC Drivers	Agilent OpenLab CDS ChemStation LCfnd CE Drivers	OpenLab CDS - Agilent Micro GC Drivers	-
Номер версии (идентификационный номер) установочных сервисов ПО	5.0.0.352	2.3.54	3.3.65	3.2.23	2.1.3	-
Номер версии (идентификационный номер) ПО	-	-	-	-	-	1.7.36.0
Цифровой идентификатор ПО	-	-	-	-	-	-

¹⁾ Для всех экземпляров хроматографов
²⁾ Для экземпляров хроматографов с сер. №№ CN20293037, CN20303004, CN20303001, CN20363012, CN20293031, CN20293032, CN20313031, CN20323014, CN20383005, CN20313024.

11 Определение метрологических характеристик средства измерений

11.1 Определение уровня флуктуационных шумов нулевого сигнала

Уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала определяют после выхода хроматографа на рабочий режим и принимают равным максимальной амплитуде (размаху) повторяющихся колебаний нулевого (без ввода пробы) сигнала с периодом не более 20 с. Для этого проводят регистрацию нулевой линии в течение 10 мин, при этом единичные выбросы длительностью более 1 с не учитывают.

11.2 Определение относительного СКО выходного сигнала при ручном дозировании пробы

Определение относительного СКО выходного сигнала проводят после выхода хроматографа на режим в условиях, указанных в таблицах 8, 9, используя газовую смесь, указанную в таблице 7. Для детекторов ДТП измеряют расход газа-носителя суммарно на выходе из детектора.

Если в качестве контрольного вещества используется жидкость, готовят раствор ГСО 10526-2014 (пентан в гексане) в гексане.

Для этого в предварительно взвешенную мерную колбу вместимостью 100 см³ переносят содержимое ампулы с ГСО 10526-2014, измеряют массу ГСО 10526-2014 в колбе. До-

бавляют гексан до 1/3 объема колбы, содержимое колбы перемешивают. Доводят объем раствора в колбе до метки, раствор перемешивают.

Таблица 7 – Перечень СО, применяемых при поверке хроматографов

Серийный номер хроматографа	Детектор	Способ ввода пробы	Регистрационный номер СО в ФИФ ОЕИ	Контрольное вещество
CN20293025	ПИД	газ	ГСО 12330-2023	Метан в воздухе (молярная доля (0,01 – 0,02) %)
CN20293037	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП ₃	газ	ГСО 12339-2023	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _{доп}	газ	ГСО 11047-2018	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)
CN20303004	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП ₃	газ	ГСО 12339-2023	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _{доп}	газ	ГСО 11047-2018	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)
CN20313033	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПИД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20313030	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПИД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20293018	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Этан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПИД	жидкость	ГСО 10526-2014	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20383005	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Метан в пропане (молярная доля (0,4 – 0,6) %)
	ПИД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20363012	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПИД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20293031	ПИД	газ	ГСО 12339-2023	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _{доп}	газ	ГСО 12339-2023	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП ₃	газ	ГСО 11047-2018	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)
CN20313039	ПИД	жид-	ГСО 12334-2023	Этанол в н-бутане

Серийный номер хроматографа	Детектор	Способ ввода пробы	Регистрационный номер СО в ФИФ ОЕИ	Контрольное вещество
		кость		(массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))
	ПВД	газ	ГСО 12334-2023	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))
CN20303023	ПВД	жидкость	ГСО 12334-2023	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))
CN20313024	ПВД	газ	ГСО 12339-2023	Метан в пропане (молярная доля (0,4 – 0,6) %)
	ПВД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20303022	ПВД	газ	ГСО 12330-2023	Метан в гелии (молярная доля (0,4 – 0,6) млн ⁻¹ (ppm))
CN20313029	ПВД	жидкость	ГСО 10526-2014	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))
	ПВД	газ	ГСО 12334-2023	Этанол в н-бутане (массовая доля (0,5 – 0,7) млн ⁻¹ (ppm))
CN20323014	ПВД	газ	ГСО 12339-2023	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПВД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20303001	ПВД	газ	ГСО 12339-2023	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _{доп}	газ	ГСО 12339-2023	Этилен в этане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _з	газ	ГСО 11047-2018	Водород в азоте (объемная доля (0,4 – 0,6) %)
CN20313031	ПВД	газ	ГСО 12339-2023	Метан в пропане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)
	ПВД	жидкость	ГСО 12334-2023	Пентан в гексане (массовая доля (0,7 – 0,8) %)
CN20293032	ДТП _п	газ	ГСО 11047-2018	Водород в азоте (объемная доля (0,9 – 2,0) %)
	ДТП _з	газ	ГСО 12339-2023	Пропан в метане (молярная доля (0,9 – 2,0) %)

Пробу вводят в хроматограф не менее 6 раз при соблюдении условий, указанных в таблицах 8, 9. Воспроизводят хроматограммы на дисплее управляющего компьютера. По полученным хроматограммам определяют значения выходного сигнала (площади и высоты пика, времени удерживания).

Таблица 8 – Объем пробы и коэффициент деления потока для измерительных каналов с пламенно-ионизационными детекторами (ПИД)

Сер. номер хроматографа	Способ ввода пробы	Объем пробы, см ³	Коэффициент деления потока
CN20293025	газ	0,05	10
CN20293037	газ	0,50	350
CN20303004	газ	0,50	150
CN20313033	газ	0,05	40
	жидкость	0,001	40
CN20313030	газ	0,50	1
	жидкость	0,001	80
CN20293018	газ	0,05	1
	жидкость	0,001	1
CN20383005	газ	0,05	100
	жидкость	0,001	1
CN20363012	газ	0,10	80
	жидкость	0,001	50
CN20293031	газ	0,025	150
CN20313039	газ	1,00	1
	жидкость	0,002	1
CN20303023	газ	0,002	1
CN20313024	газ	0,10	90
	жидкость	0,001	40
CN20303022	газ	0,50	1
CN20313029	газ	1,00	1
	жидкость	0,002	1
CN20323014	газ	0,05	100
	жидкость	0,001	100
CN20303001	газ	0,025	150
CN20313031	газ	0,10	80
	жидкость	0,001	80

Таблица 9 – Объем пробы и коэффициент деления потока для измерительных каналов с детекторами по теплопроводности (ДТП)

Сер. номер хроматографа	Детектор	Способ ввода пробы	Объем газовой смеси, см ³
CN20293037	ДТП _з	газ	0,10
	ДТП _{доп}	газ	1,0
CN20303004	ДТП _з	газ	0,10
	ДТП _{доп}	газ	1,0
CN20293031	ДТП _з	газ	0,05
	ДТП _{доп}	газ	0,05
CN20293032	ДТП _п	газ	0,05
	ДТП _з	газ	0,25
CN20303001	ДТП _з	газ	0,05

11.3 Определение предела детектирования

Для определения предела детектирования подключают к хроматографу ГСО ПГС или подают жидкую пробу в соответствии с таблицей 7.

Рекомендуемые условия и режимы измерений указаны в таблицах 8, 9.

Пробу вводят в хроматограф не менее 6 раз, воспроизводят хроматограммы на дисплее управляющего компьютера. Для детекторов ДТП измеряют расход газа-носителя суммарно

на выходе из детектора. По полученным хроматограммам определяют площадь пика контрольного вещества, выраженную в мкВ·с или пА·с.

11.4 Определение относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика)

11.4.1 Определение относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика) проводят после выхода хроматографа на рабочий режим в условиях, указанных в таблицах 8, 9, используя газовую смесь и/или контрольную жидкую пробу, указанные в таблице 7.

11.4.2 Проводят операции, описанные в 11.2, только пробу вводят в хроматограф не менее 3 раз. Воспроизводят хроматограммы на дисплее управляющего компьютера хроматографа.

11.4.3 Через 4 часа непрерывной работы поверяемого хроматографа повторяют операции по 11.4.2.

12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

12.1 Проверка соответствия уровня флуктуационных шумов нулевого сигнала

Уровень флуктуационных шумов нулевого сигнала не должен превышать значений, указанных в таблице 2.

12.2 Проверка соответствия относительного СКО выходного сигнала при ручном дозировании пробы

Рассчитывают среднее арифметическое значение результатов измерений выходного сигнала по формуле

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

где X_i - результат i -го измерения выходного сигнала (высота пика, пА или мкВ, площадь пика, пА·с или мкВ·с или время удерживания, мин).

n - число измерений.

Рассчитывают относительное СКО выходного сигнала по формуле

$$S = \frac{100}{\bar{X}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}. \quad (2)$$

Относительное СКО выходного сигнала не должно превышать значений, указанных в таблице 3.

12.3 Проверка соответствия предела детектирования

Предел детектирования, $C_{\min}$, г/с, для детектора ПИД рассчитывают по формуле

$$C_{\min} = \frac{2 \cdot \Delta X \cdot G}{S} \cdot \frac{1}{K}, \quad (3)$$

предел детектирования, $C_{\min}$, г/см³, для детектора ДТП рассчитывают по формуле

$$C_{\min} = \frac{2 \cdot \Delta X \cdot G}{\bar{S} \cdot V_{\text{гн}}} \cdot \frac{1}{K}, \quad (4)$$

где ΔX - значение уровня флуктуационных шумов нулевого сигнала, мкВ или пА

G - масса контрольного вещества, г;

$\bar{S}$ - среднее арифметическое значение площади пика, полученное при выполнении измерений по 11.2, мкВ·с или пА·с;

$V_{\text{гн}}$ - расход газа-носителя, см³/с;

K - коэффициент деления потока.

Если в качестве контрольного вещества используется газ, то массу контрольного компонента рассчитывают по формулам

- для объемной доли в %:

$$G = \frac{0,01 \cdot P \cdot V_{\text{г}} \cdot M_{\text{г}} \cdot C_{\text{г}}}{R \cdot (t + 273)}, \quad (5)$$

- для объемной доли в млн⁻¹ (ppm):

$$G = \frac{P \cdot V_{\text{г}} \cdot M_{\text{г}} \cdot C_{\text{млн}}}{R \cdot (t + 273) \cdot 10^{-4}}, \quad (6)$$

где P - барометрическое давление, Па;

$V_{\text{г}}$ - объем газовой пробы, см³;

$M_{\text{г}}$ - молярная масса газа, г/моль;

$C_{\text{г}}$ - объемная доля определяемого компонента в газовой пробе, %;

$C_{\text{млн}}$ - объемная доля определяемого компонента в газовой смеси в миллионных долях (ppm);

R - универсальная газовая постоянная, $R = 8,3 \cdot 10^6 \frac{\text{Па} \cdot \text{см}^3}{\text{моль} \cdot \text{К}}$;

t - температура окружающей среды, °С.

Если в паспорте СО указано аттестованное значение молярной доли газа в % или млн⁻¹ (ppm), значение $C_{\text{г}}$ в % рассчитывают по формуле

$$C_{\text{г}} = \frac{X_{\text{г}} \cdot Z_{\text{г}}}{X_{\text{г}} \cdot Z_{\text{г}} + (100 - X_{\text{г}}) \cdot Z_{\text{матр}}} \cdot 100, \quad (7)$$

где $X_{\text{г}}$ - аттестованное значение молярной доли определяемого компонента в газовой пробе, указанное в паспорте СО, % или млн⁻¹ (ppm);

$Z_{\text{г}}$ - коэффициент сжимаемости определяемого компонента в газовой смеси (указан в таблице А.1);

$Z_{\text{матр}}$ - коэффициент сжимаемости матрицы газовой смеси (указан в таблице А.1).

Если в паспорте СО указано аттестованное значение массовой доли газа в % или млн⁻¹ (ppm), значение $C_{\text{г}}$ в % рассчитывают по формуле

$$C_{\text{г}} = \frac{W_{\text{г}} \cdot Z_{\text{г}}}{M_{\text{г}} \cdot \left(\frac{W_{\text{г}} \cdot Z_{\text{г}}}{M_{\text{г}}} + \frac{(100 - W_{\text{г}}) \cdot Z_{\text{матр}}}{M_{\text{матр}}} \right)} \cdot 100, \quad (8)$$

где W_2 - аттестованное значение массовой доли определяемого компонента в газовой пробе, указанное в паспорте ГСО, % или млн^{-1} (ppm);

M_2 - молярная масса определяемого компонента, г/моль (указана в таблице А.1);

$M_{\text{матр}}$ - молярная масса матрицы, г/моль (указана в таблице А.1).

$Z_{\text{матр}}$ - коэффициент сжимаемости матрицы газовой смеси (указан в таблице А.1).

Массу контрольного компонента рассчитывают по формуле

$$G = \frac{A_{\text{ГСО}} \cdot m_{\text{ГСО}} \cdot V_{\text{ж}}}{100 \cdot V_{\text{смеси}}}, \quad (9)$$

где $V_{\text{ж}}$ - объем контрольной смеси, см^3 ;

$A_{\text{ГСО}}$ - аттестованное значение массовой доли контрольного компонента в ГСО 10526-2014 (пентан в гексане), %;

$m_{\text{ГСО}}$ - масса ГСО 10526-2014 (пентан в гексане) в колбе, г;

$V_{\text{смеси}}$ - вместимость мерной колбы для приготовления раствора, см^3 .

Значение предела детектирования не должно превышать значений, указанных в таблице 3.

12.4 Проверка соответствия относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика)

12.4.1 По полученным в соответствии с 11.4 хроматограммам определяют значение площади пика и вычисляют среднее арифметическое значение результатов измерений площади пика по формуле (1).

12.4.2 Рассчитывают относительное изменение выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы для каждого детектора, входящего в состав хроматографа, по формуле

$$\delta_i = \frac{\bar{X}_i - \bar{X}}{\bar{X}} \cdot 100, \quad (10)$$

где $\bar{X}_i$ - среднее арифметическое значение результатов измерений выходного сигнала (площади пика) через 4 часа непрерывной работы, $\text{пА} \cdot \text{с}$ или $\text{мкВ} \cdot \text{с}$.

$\bar{X}$ - среднее арифметическое значение результатов измерений выходного сигнала (площади пика) в начальный момент времени, $\text{пА} \cdot \text{с}$ или $\text{мкВ} \cdot \text{с}$.

12.4.3 Полученные значения относительного изменения выходного сигнала за 4 часа непрерывной работы (по площади пика) не должны превышать значений, указанных в таблице 3.

13 Оформление результатов поверки

13.1 Результаты поверки оформляют протоколом произвольной формы.

13.2 При положительных результатах поверки средство измерений признают пригодным к применению и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке» или действующими на момент поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

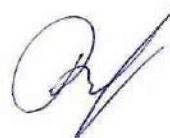
13.3 Нанесение знака поверки на поверяемое средство измерений не предусмотрено. Пломбирование поверяемого средства измерений не предусмотрено.

13.4 При отрицательных результатах поверки средство измерений признают непригодным к применению в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений и оформляют результаты поверки в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31 июля 2020 г. № 2510 или действующими на момент поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

13.5 По заявке заказчика при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке, при отрицательных результатах – извещение о непригодности.

13.6 Сведения о результатах поверки с учетом объема проведенной поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906 «Об утверждении порядка создания и ведения Федерального информационного фонда по обеспечению единства измерений, передачи сведений в него и внесения изменений в данные сведения, предоставления содержащихся в нем документов и сведений» или действующими на момент поверки нормативно-правовыми актами в области обеспечения единства измерений.

Зав. лабораторией УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



А.В. Соби́на

Зам. зав. лабораторией УНИИМ - филиала
ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



М.Ф. Кузнецова

Приложение А
(обязательное)

Коэффициенты сжимаемости и молярные массы газов

Значения коэффициентов сжимаемости в соответствии с ГОСТ Р 8.974-2019, ГОСТ 34437-2018 (приложение А), ГОСТ Р 8.991-2020 приведены в таблице А.1.

Значения молярных масс приведены в таблице А.1 в соответствии с «ATOMIC WEIGHTS OF THE ELEMENTS 2023 (IUPAC Technical Report) 2023, IUPAC», <https://iupac.qmul.ac.uk/AtWt/>, «UNITS FOR USE IN ATMOSPHERIC CHEMISTRY» (IUPAC Recommendations 1995), article in Pure and Applied Chemistry, January 1995 DOI: 10.1351/pac199567081377.

Таблица А.1

Газ	Коэффициент сжимаемости, Z	Молярная масса, г/моль
Метан	0,9981	16,0425
Этан	0,9919	30,06624
Пропан	0,9827	44,09152
Водород	1,0007	2,01568
Этилен	0,9939	28,05056
Этанол	0,2470	46,06527
Азот	0,9998	28,01286
Гелий	1,0005	4,002602
Н-бутан	0,9682	58,1168
Воздух	1,00	28,97