

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



СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»

А.Н. Пронин

«24» марта 2023 г.

М.П.

Заместитель генерального директора

Е. П. Кривцов

доверенность № 54/2021

от 24.12.2021

Государственная система обеспечения единства измерений

Генератор газовых смесей GDC-703

Методика поверки

МП-242-045-2023

Руководитель научно-исследовательского

отдела госэталонов в области

физико-химических измерений

ФГУП «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева»

А.В. Колобова

Инженер А.А. Нечаев

Санкт-Петербург

2023 г.

1 Общие положения

Настоящая методика поверки применяется для генератора газовых смесей GDC-703 зав. № FBHRT5LJ (далее – генератор) и устанавливает методы и средства его первичной и периодической поверки.

Генератор является рабочим эталоном 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной приказом Росстандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315 и может применяться для испытаний средств измерений в целях утверждения типа, поверки и калибровки средств измерений.

При определении метрологических характеристик в рамках проводимой поверки обеспечивается прослеживаемость генератора к Государственному первичному эталону единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019 в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной Приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2315.

Метод, обеспечивающий реализацию методики поверки – метод прямых измерений.

2 Перечень операций поверки средства измерений

2.1 При проведении поверки выполняют операции, указанные в таблице 1.

Таблица 1 – Операции поверки

| Наименование операции поверки | Обязательность выполнения операций поверки при | | Номер раздела (пункта) методики поверки, в соответствии с которым выполняется операция поверки |
|---|--|-----------------------|--|
| | первичной поверке | периодической поверке | |
| 1 Внешний осмотр | Да | Да | 7 |
| 2 Контроль условий поверки (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Да | Да | 8.1 |
| 3 Опробование (при подготовке к поверке и опробовании средства измерений) | Да | Да | 8.3 |
| 4 Проверка программного обеспечения средства измерений | Да | Да | 9 |
| 5 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Да | Да | 10 |
| 5.1 Определение относительной погрешности задания расхода по каналам | Да | Да | 10.2 |
| 5.2 Определение относительной погрешности заданного значения объемной (молярной) доли | Да | Да | 10.3 |

2.2 Если при проведении той или иной операции поверки получен отрицательный результат, дальнейшая поверка прекращается.

3 Требования к условиям проведения поверки

3.1 При проведении поверки соблюдают следующие условия:

- температура окружающей среды, °С от +15 до +25;
- относительная влажность окружающей среды, % не более 90;
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106.

4 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

4.1 К работе с генератором и проведению поверки допускаются лица, ознакомленные с Приказом Росстандарта от 31.12.2020 № 2315, эксплуатационной документацией на генераторы, имеющие квалификацию не ниже инженера и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

5 Метрологические и технические требования к средствам поверки

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

Таблица 2 – Средства поверки

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|---|--|--|
| п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Средство измерений параметров окружающей среды: Температура окружающей среды в диапазоне измерений от 15 °С до 25 °С с абсолютной погрешностью не более 1 °С; Относительная влажность воздуха в диапазоне от 20 % до 90 % с погрешностью не более 3 %; Атмосферное давление в диапазоне от 80 до 106 кПа, с абсолютной погрешностью не более 0,5 кПа. | Прибор комбинированный Testo 622 (рег № 53505-13) |
| п. 8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений | Технически чистые газы и ПНГ: азот высокой чистоты (особой чистоты по ГОСТ 9293-74 или ТУ 2114-004-05798345-2009, ТУ 6-21-39-96), воздух (по ТУ 6-21-5-82); Регулятор давления с возможностью регулирования давления в диапазоне от 0,1 до 0,3 МПа; Средство измерений давления в диапазоне от 0,1 до 0,6 МПа, класс точности от 0,1 до 0,4; Трубка ПВХ диаметр от 4 до 6 мм, толщина стенки от 1 до 1,5 мм. Тройник для подсоединения трубок ПВХ диаметром от 4 до 6 мм, с толщиной стенок от 1 до 1,5 мм | Азот газообразный особой чистоты сорт 1-й по ГОСТ 9293-74 Редуктор баллонный газовый одноступенчатый БКО-50-4 соответствует ГОСТ 13861 Манометр эталонный МО, 0,6 МПа, кл. 0,4 (рег. № 5768-67) Трубка медицинская поливинилхлоридная (ПВХ) по ТУ6-01-2-120-73, 6×1,5 мм Тройник со штуцерами на трубки 4×1,5 и 6×1,5 мм |

| Операции поверки, требующие применение средств поверки | Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки | Перечень рекомендуемых средств поверки |
|--|---|--|
| п. 10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям | Средства измерений объемного расхода газа. Диапазон измерений объемного расхода газа от 0,005 до 20 дм ³ /мин Пределы допускаемой относительной погрешности измерений объемного расхода газа $\pm 0,5$ %; | Калибратор расхода газа DryCal, модели FlexCal, исполнений L и H, рег. № 70660-18 |
| | Государственный первичный эталон ГЭТ 154-2019 или вторичный эталон ¹⁾ в соответствии с поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной Приказом Росстандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315. Диапазоны измерений объемной доли компонентов: - CO от 0,001 до 20 вкл. %, доверительные границы относительной погрешности при P=0,95 от $\pm 1,0$ %; - NO от 0,0005 до 1,0 %, доверительные границы относительной погрешности при P=0,95 от $\pm 1,0$ %. | Государственный первичный эталон единиц молярной доли, массовой доли и массовой концентрации компонентов в газовых и газоконденсатных средах ГЭТ 154-2019 или Вторичный эталон в соответствии с ГПС утвержденной приказом Росстандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315 (далее – эталон) |
| | Стандартные образцы 1-го разряда состава газовых смесей в баллонах под давлением в соответствии с поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной Приказом Росстандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315 | - ГСО 10532-2014 (CO/N ₂) - ГСО 10546-2014 (NO/N ₂) |
| ¹⁾ Отношение погрешности эталона к пределам допускаемой погрешности поверяемого генератора, должно быть не более 1/2. | | |

5.2 Допускается применение средств поверки, не приведенных в перечне, но обеспечивающих определение (контроль) метрологических характеристик поверяемого генератора с требуемой точностью.

5.3 Все средства поверки должны быть поверены, стандартные образцы состава газовые смеси в баллонах под давлением должны иметь действующие паспорта, эталон аттестован.

6 Требования по обеспечению безопасности проведения поверки

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

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

6.3 Должны выполняться требования охраны труда для защиты персонала от поражения электрическим током согласно классу I ГОСТ 12.2.007.0-75.

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

6.5 Сброс газов и газовых смесей должен осуществляться за пределы помещения согласно «Правилам безопасности сетей газораспределения и газопотребления», утвержденным приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору России от 15.12.2020 № 531.

7 Внешний осмотр средства измерений

7.1 При внешнем осмотре генератора должно быть установлено отсутствие внешних повреждений и загрязнений, влияющих на работоспособность.

7.2 Комплектность и маркировка, в том числе знак утверждения типа, должны соответствовать указанным в описании типа.

7.3 Для генератора должны быть установлены:

- исправность органов управления;
- четкость всех надписей.

7.4 Генератор считается выдержавшим внешний осмотр, если он соответствует всем перечисленным выше требованиям.

8 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

8.1 Контроль условий поверки.

8.1.1 Производят контроль условий поверки на соответствие разделу 3 настоящей методики поверки.

8.1.2 Результат считают положительным, если условия поверки соответствуют условиям, приведенным в разделе 3 настоящей методике поверки.

8.2 Подготовка к поверке.

8.2.1 Выдержать генератор и баллоны с газовыми смесями (далее ГС) в помещении, где проводится поверка не менее двух часов.

8.2.2 Подготовить к работе поверяемый генератор и эталон, в соответствии с требованиями их эксплуатационной документации.

8.2.3 Проверить наличие и сроки годности паспортов на ГС в баллонах под давлением.

8.2.4 Включить приточно-вытяжную вентиляцию.

8.2.5 Подключение генератора к источнику газа разбавителя (ПНГ – нулевого воздуха или азота в баллоне под давлением) производится с помощью трубки ПВХ. На баллон с азотом устанавливается редуктор БКО-50-4.

Подключение генератора к источнику исходной ГС производится с помощью фторопластовой трубки, на баллоны с исходными ГС устанавливается редуктор CYL-1.

8.2.6 Подача ГС с выхода генератора на эталон производится с помощью фторопластовой трубки. Расход ГС на выходе генератора должен быть не менее расхода, указанного в эксплуатационной документации эталон.

8.3 Опробование

8.3.1 Проверка общего функционирования

При проверке общего функционирования включить генератор. На передней панели должны гореть индикатор «PWR» и мигать индикатор «OPE».

8.3.2 Проверка герметичности

Проверка герметичности газовой системы генератора проводится следующим образом:

- подсоединить редуктор к баллону с азотом (воздухом, инертным газом), а выход редуктора – к входному штуцеру «N2» генератора; через тройник подсоединить к выходу генератора образцовый манометр с пределом измерения 0,10 МПа (1,0 кгс/см²);

- закрыть заглушкой остальные входы генератора;

- установить с помощью редуктора давление в газовой системе генератора (0,10±0,005) МПа ((1,0±0,05) кгс/см²), герметично перекрыть линию подачи газа от редуктора к рабочему эталону. Зафиксировать показания образцового манометра. Через 10 мин, повторно зафиксировать показания манометра. Спад давления не должен превышать 0,01 МПа (0,1 кгс/см²).

9 Проверка программного обеспечения средства измерений

9.1 Программное обеспечение генератора встроенное - «GDC-703». Идентификация программного обеспечения генератора проводится путем отправки в генератор команды (ASCII код) на запрос системной информации (82) через программу HyperTerminal (или любой другой программы позволяющей эмулировать работу терминала при взаимодействии с удалёнными устройствами по последовательной шине (RS-232C)). В ответ на команду генератор должен прислать ответ в виде нормальной реакции (82OK) и информацию о текущем состоянии генератора (режим генератора, выбранный целевой газ, заданная концентрация целевого компонента на выходе). В случае неисправности генератор выдаст команду аномальной реакции (??NG).

10 Определение метрологических характеристик и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

10.1 При определении метрологических характеристик генератора управление его работой выполняется согласно РЭ при помощи программы HyperTerminal, включенной в операционную систему семейства Windows (98, ME, XP и др) или любой другой программы позволяющей эмулировать работу терминала при взаимодействии с удалёнными устройствами по последовательной шине (RS-232C).

10.2 Определение относительной погрешности задания расхода газа по каналам

Оценивается разность показаний заданного расхода газа генератора GDC-703 и калибратора расхода газа DryCal, модели FlexCal по каждому из каналов.

Проверка проводится на газе азоте следующим образом:

1) Подсоединить редуктор к баллону с газом;

2) Подать питание в генератор, прогреть прибор в течение 30 мин.

3) Подключить выход редуктора к входу «N2» для исследования канала MFC-1, остальные входы заглушить.

Примечание: для исследования каналов MFC-2, MFC-3, MFC-4 необходимо использовать вход генератора «COMP» («Компонент»).

4) К выходу генератора подключить калибратор расхода газа;

5) Редуктором установить давление на входе генератора (0,1±0,005) МПа;

б) Установить значения расхода через исследуемые каналы согласно таблицам приложения Г. Измерения с помощью рабочего эталона проводить в соответствии с ЭД на калибратор расхода газа. Результаты измерений записать в таблицу 3.

Таблица 3

Канал N _____ ; Диапазон расхода _____ – _____ см³/мин

| Заданное значение расхода газа генератора, Q _г , см ³ /мин | Действительное значение расхода, Q _с , см ³ /мин* | | | Относительная погрешность $\frac{Q_g - Q_c}{Q_g} \cdot 100, \%$ | | Выводы |
|--|---|----------------|---------|---|----------------------|--------|
| | при увеличении | при уменьшении | Среднее | Полученное значение | Допускаемое значение | |
| | | | | | | |

* Действительные значения расхода газа, полученные с помощью калибратора расхода газа должны быть приведены к температуре 25,0 °С и атмосферному давлению 101,325 кПа

Результат определения относительной погрешности задания расхода газа по каналам считают положительным, если максимальное значение относительной погрешности в каждом из последовательных измерений не превышает пределов допускаемых значений относительной погрешности по выбранному каналу расхода газа, приведённом в таблице 4

Таблица 4

| Канал | Диапазон задания расхода (приведенный к температуре 25 °С и давлению 101,4 кПа), см ³ /мин | Пределы допускаемой относительной погрешности задания расхода, % |
|-------|---|--|
| MFC-1 | от 400 до 4000 | ± 1,0 |
| MFC-2 | от 8,00 до 56,00 | |
| MFC-3 | от 55,0 до 500,0 | |
| MFC-4 | от 400 до 4000 | |

10.3 Определение относительной погрешности заданного значения объемной доли в смеси на выходе генератора

Определение погрешности проводится для химически активных по оксиду азота (NO), так как оксид азота обладает наиболее ярко выраженными химически активными свойствами. Для химически неактивных (углеводородов и инертных) газов (CO, CO₂, O₂, CH₄, C₃H₈) определение погрешности проводится по оксиду углерода (CO).

10.3.1 На вход линии газа-разбавителя поверяемого генератора подать ПНГ- воздух или азот. В качестве исходных ГС используют стандартные образцы состава - газовые смеси в баллонах под давлением в соответствии с Приложением А. Подключение производить в соответствии с п. 8.2.5, 8.2.6.

10.3.2 Последовательно задают в соответствии с руководством по эксплуатации генератора не менее 2-х ГС с объемной долей целевого компонента, соответствующей от 30 % до 90 % диапазона измерений эталона (Таблица 2). Полученные на генераторе ГС подать на эталон.

10.3.3 Провести измерение объемной доли компонентов в ГС (X_o , %) в соответствии с ЭД на эталон.

10.3.4 Рассчитать относительную погрешность заданного значения объемной доли в смеси на выходе генератора, δ , %, для каждой заданной точки по формуле

$$\delta = \frac{X_z - X_o}{X_o} \cdot 100 \quad (2)$$

где

X_z - заданное на генераторе значение объемной доли компонента в ГС, %.

X_o - действительное значение объемной доли компонента в ГС, измеренное на эталоне, %.

Результаты определения считают положительными, если полученные значения относительной погрешности заданного значения объемной доли в смеси на выходе генератора для каждой заданной точки не превышают пределов, приведенных в таблице 1 Приложения В.

11 Оформление результатов поверки

11.1 При проведении поверки оформляют протокол результатов поверки. Рекомендуемая форма протокола приведена в Приложении А.

11.2 Генератор, удовлетворяющий требованиям настоящей методики поверки, признают годным к применению в качестве рабочего эталона 1-го разряда в соответствии с Государственной поверочной схемой для средств измерений содержания компонентов в газовых и газоконденсатных средах, утвержденной приказом Росстандарта от 31 декабря 2020 г. № 2315, вносят результаты поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, по требованию владельца выдают свидетельство о поверке установленной формы.

11.3 При отрицательных результатах поверки вносят результаты поверки в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений, по требованию владельца выдают извещение о непригодности установленной формы, с указанием причин непригодности.

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

**Протокол поверки
генератора газовых смесей GDC-703**

Зав. номер генератора _____

Дата выпуска _____

Организация, представившая генератор на поверку _____

Условия поверки: температура окружающего воздуха _____ К

атмосферное давление _____ кПа

относительная влажность _____ %

Средства поверки _____

Поверка произведена в соответствии с документом «ГСИ. Генератор газовых смесей GDC-703. Методика поверки. МП-242-045-2023»

Результаты поверки

1. Результаты внешнего осмотра _____

2. Результаты опробования:

Проверка общего функционирования _____

Герметичность _____

3. Результаты подтверждения соответствия программного обеспечения _____

4. Результаты определения метрологических характеристик

4.1 Результаты определения относительной погрешности измерения расхода по каналам

| Заданное значение расхода газа генератора, $Q_g, \text{ см}^3/\text{мин}$ | Действительное значение расхода, $Q_c, \text{ см}^3/\text{мин}^*$ | | | Относительная погрешность $\frac{Q_g - Q_c}{Q_g} \cdot 100, \%$ | | Выводы |
|---|---|----------------|---------|---|----------------------|--------|
| | при увеличении | при уменьшении | Среднее | Полученное значение | Допускаемое значение | |
| | | | | | | |

4.2 Результаты определения относительной погрешности заданного значения объемной (молярной) доли компонента в смеси на выходе генератора GDC-703

| Целевые компоненты | Заданное значение объемной (молярной) доли компонента на выходе генератора $C_z, \%$ | Действительное значение объемной (молярной) доли целевого компонента на выходе генератора, $C_d, \%$ | Отн. погрешность заданного значения объемной (молярной) доли компонента в смеси на выходе генератора, % | | Выводы |
|--------------------|--|--|---|----------------------|--------|
| | | | Полученное значение | Допускаемое значение | |
| | | | | | |

4.3 Заключение _____

(соответствует или не соответствует требованиям, приведенным в данной методике)

Поверитель _____

(подпись)

Дата поверки “ ____ ” _____ 20 ____ г.

Перечень газовых смесей в баллонах под давлением - рабочих эталонов (ТУ 6-16-2956-01, ТУ 0272-013-20810646-2014) используемых в качестве исходных газовых смесей при поверке генератора газовых смесей GDC-703

| Номер ГСО | Компонентный состав | Размерность | Номинальное значение объемной (молярной) доли | Пределы допускаемой относительной погрешности, % | Разряд |
|------------|-------------------------------|-------------|---|--|--------|
| 10546-2014 | NO+N ₂ (воздух) | % | от 0,1 до 1 | 1,5 | 1 |
| 10532-2014 | CO+воздух | % | от $1 \cdot 10^{-3}$ до 0,1 | 5 | 2 |
| 10532-2014 | CO+воздух | % | от 0,1 до 1 | 3 | 2 |
| 10532-2014 | CO+воздух | % | от 1 до 10 | 2,5 | 2 |
| 10532-2014 | CO+воздух | % | от 10 до 20 | 2,0 | 2 |

Примечание 1 - Допускается возможность использовать другие ГС с тем же компонентным составом, но с метрологическими характеристиками не хуже указанных в перечне ГС.

ПРИЛОЖЕНИЕ В (Справочное)

Компонентный состав ГС, диапазон воспроизведения объемной (молярной) доли целевых компонентов, пределы допускаемой относительной погрешности аттестации исходных ГС и пределы допускаемой относительной погрешности объемной доли компонента на выходе генератора GDC-703 приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Компонент | Диапазон воспроизведения объемной доли компонента в газовой смеси, % | Пределы допускаемой относительной погрешности аттестации исходной ГС, % | Пределы допускаемой относительной погрешности объемной доли компонента на выходе генератора, % |
|-----------|--|---|--|
| NO | от 0,0005 до 1,0 | ±(от 0,4 до 1,0 включ.) | ± 2,0 |
| | | ±(св. 1,0 до 2,0 включ.) | ± 3,0 |
| | | ±(св. 2,0 до 3,0 включ.) | ± 4,0 |
| | | ±(св. 3,0 до 4,0) | ± 5,0 |
| CO | сот 0,001 до 20 ¹⁾ | ±(от 0,6 до 1,0 включ.) | $\pm \sqrt{2,0^2 + \left(\frac{\Delta(X_B)_P}{X_B} \cdot 100\right)^2}$ |
| | | ±(св. 1,0 до 2,0 включ.) | $\pm \sqrt{2,5^2 + \left(\frac{\Delta(X_B)_P}{X_B} \cdot 100\right)^2}$ |
| | | ±(св. 2,0 до 3,0 включ.) | $\pm \sqrt{3,5^2 + \left(\frac{\Delta(X_B)_P}{X_B} \cdot 100\right)^2}$ |
| | | ±(св. 3,0 до 4,0) | $\pm \sqrt{4,5^2 + \left(\frac{\Delta(X_B)_P}{X_B} \cdot 100\right)^2}$ |

¹⁾ В качестве исходных целевых газов могут использоваться бинарные газовые смеси - рабочие эталоны 0-го, 1-го и 2-го разряда (по ТУ 6-16-2956-01, ТУ 0272-013-20810646-2014 и др.) в азоте или с содержанием определяемого компонента не более 20 % (для СО).

Примечания:

1. Указанные метрологические характеристики генератора нормированы при использовании:

– в качестве исходных газовых смесей: ГСО-ПГС 0-го, 1-го или 2-го разряда (по ТУ 6-16-2956-01, ТУ 0272-013-20810646-2014 и др.) в баллонах под давлением с содержанием определяемого компонента не более 10 %;

– в качестве газа-разбавителя: воздух марки А по ТУ 6-21-5-82, азот (особой чистоты 1 сорт по ГОСТ 9293-74, высокой чистоты по ТУ 2114-004-05798345-2009, марки А по ТУ 6-21-39-79 и ТУ 6-21-39-96).

2. $\Delta(X_B)_P$ - абс. погрешность определения содержания целевого компонента (компонента В) в газе разбавителе, %;

X_B - требуемое значение объемной (молярной) доли компонента (компонента В) в смеси, %

Значения расходов, проверяемые при определении относительной погрешности задания расхода газа по каналу MFC1 указаны в таблице 1

Таблица 1

| Канал | Коэффициент разбавления (Dillution rate), %* | Точка разделения (Cut Point)** | Расход на выходе канала, см ³ /мин |
|-------|--|--------------------------------|---|
| MFC-1 | 0 | 0 | 4000 |
| MFC-1 | 10 | 50 | 3600 |
| MFC-1 | 20 | 100 | 3200 |
| MFC-1 | 40 | 200 | 2400 |
| MFC-1 | 60 | 300 | 1600 |
| MFC-1 | 80 | 400 | 800 |
| MFC-1 | 90 | 450 | 400 |

Значения расходов, проверяемые при определении относительной погрешности задания расхода газа по каналам MFC2, MFC3, MFC4 указаны в таблице 2

Таблица 2

| Канал | Коэффициент разбавления (Dillution rate), %* | Точка разделения (Cut Point)** | Расход на выходе канала, см ³ /мин |
|-------|--|--------------------------------|---|
| MFC-2 | 0.2 | 1 | 8 |
| MFC-2 | 0.4 | 2 | 16 |
| MFC-2 | 0.6 | 3 | 24 |
| MFC-2 | 0.8 | 4 | 32 |
| MFC-2 | 1 | 5 | 40 |
| MFC-2 | 1.4 | 7 | 56 |
| MFC-3 | 1.6 | 8 | 64 |
| MFC-3 | 2 | 10 | 80 |
| MFC-3 | 4 | 20 | 160 |
| MFC-3 | 6 | 30 | 240 |
| MFC-3 | 8 | 40 | 320 |
| MFC-3 | 10 | 50 | 400 |
| MFC-3 | 12 | 60 | 480 |
| MFC-4 | 13 | 65 | 520 |
| MFC-4 | 20 | 100 | 800 |
| MFC-4 | 40 | 200 | 1600 |
| MFC-4 | 60 | 300 | 2400 |
| MFC-4 | 80 | 400 | 3200 |
| MFC-4 | 100 | 500 | 4000 |

Примечания:

* Коэффициент разбавления (DR) считается по формуле: $DR = \frac{Q_{MFC}}{Q_{ВЫХ}} \cdot 100$, где Q_{MFC} - расход по каналу исходного газа (MFC2, MFC3, MFC4), $Q_{ВЫХ} = 4000$ см³/мин, общий расход на выходе генератора.

** Точка разделения (Cut Point) – режим работы генератора, необходимый для получения разного коэффициента разбавления. Максимальное значение точки разделения должно быть установлено 500.