

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «23» марта 2026 г. № 535

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
УДЕЛЬНОЙ АДсорбции ГАЗОВ, УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ,
УДЕЛЬНОГО ОБЪЁМА ПОР, РАЗМЕРА ПОР, ОТКРЫТОЙ
ПОРИСТОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ГАЗОПРОНИЦАЕМОСТИ
ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ**

1 Область применения

Настоящая государственная поверочная схема распространяется на средства измерений удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов в диапазонах измерений от 0,001 до 250 моль/кг, от 0,010 до 4000 м²/г, от $4 \cdot 10^{-4}$ до 2,00 см³/г, от 0,4 до 70000 нм, от 0 до 50 % и от $1 \cdot 10^{-7}$ до 5 мкм² соответственно и устанавливает порядок передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости от государственного первичного эталона этим средствам измерений с помощью рабочих эталонов в виде стандартных образцов и установок измерительных с указанием показателей точности и методов передачи единиц величин.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов представлена в приложении А.

2 Нормативные ссылки

В настоящей поверочной схеме использованы нормативные ссылки на следующие документы:

ГОСТ Р 8.563-2009 «Государственная система обеспечения единства измерений. Методики (методы) измерений»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 29 декабря 2018 г. № 2840 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений длины в диапазоне от $1 \cdot 10^{-9}$ до 100 м и длин волн в диапазоне от 0,2 до 50 мкм»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 6 декабря 2019 г. № 2900 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 04 июля 2022 г. № 1622 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 ноября 2024 г. № 2712 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений температуры»;

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 сентября 2022 г. № 2360 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений времени и частоты»;

РМГ 29-2013 «Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения».

3 Сокращения

В настоящем документе использованы следующие сокращения:

ГПЭ – государственный первичный эталон;
НМИ – национальные метрологические институты;
СО – стандартные образцы утвержденного типа;
СКО – среднее квадратическое отклонение.

4 Государственный первичный эталон единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов

4.1 Государственный первичный эталон единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов (далее – ГПЭ) предназначен для хранения, воспроизведения и передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов.

Воспроизведение единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор базируется на газоадсорбционном (объемном) методе и методе ртутной порометрии. Воспроизведение единицы открытой пористости базируется на методах гидростатического взвешивания и гелиевой пикнометрии. Воспроизведение единицы коэффициента газопроницаемости базируется на методах стационарной фильтрации и нестационарной фильтрации. Для воспроизведения единиц величин, характеризующих пористость и газопроницаемость, используются фундаментальные физические константы (число Авогадро, молярный объем идеального газа) и общепризнанные узкоспециализированные константы в соответствии с государственными стандартными справочными данными и международными документами по стандартизации (площадь занимаемая одной молекулой газа, плотность газа, динамическая вязкость газа, теплоёмкость при постоянном давлении газов, плотность ртути и дистиллированной воды).

4.2 Государственный первичный эталон состоит из комплекса следующих средств измерений и вспомогательных устройств:

эталонная установка, реализующая газоадсорбционный (объемный) метод для воспроизведения удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема и размера пор твёрдых веществ и материалов;

эталонная установка, реализующая метод ртутной порометрии для воспроизведения удельного объема и размера пор;

эталонная установка, реализующая метод стационарной фильтрации для воспроизведения коэффициента газопроницаемости и гелиевой пикнометрии для воспроизведения открытой пористости в пластовых условиях при давлении (2 – 3) МПа;

эталонная установка, реализующая метод нестационарной фильтрации для воспроизведения низких значений коэффициента газопроницаемости;

эталонная установка, реализующая метод гелиевой пикнометрии для воспроизведения открытой пористости при атмосферном давлении;

эталонная установка, реализующая метод гидростатического взвешивания для воспроизведения открытой пористости;

эталоны сравнения;

блок измерений массы пробы;

блок подготовки образцов;

блок контроля условий окружающей среды;

блок обработки измерительной информации.

4.3 Государственный первичный эталон обеспечивает воспроизведение единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости твёрдых веществ и материалов с метрологическими характеристиками, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики государственного первичного эталона

Наименование характеристики	Значение характеристики					
	Удельная адсорбция	Удельная поверхность	Удельный объём пор	Размер пор	Открытая пористость	Коэффициент газопроницаемости
Диапазон	от 0,001 до 250 моль/кг	от 0,10 до 2500 м ² /г	от 0,05 до 2,00 см ³ /г	от 0,4 до 70000 нм	от 3 % до 50 %	от 1·10 ⁻⁷ до 5 мкм ²
Относительное СКО результата измерений, S_0 , % ($n=5$)	от 0,02 до 1,0	от 0,05 до 0,8	от 0,09 до 0,9	от 0,09 до 2,0	от 0,002 до 1,5	от 0,04 до 1,2
Доверительные границы относительной неисклѳченной систематической погрешности, θ_0 , % ($P=0,95$)	от 0,2 до 1,0	от 0,4 до 1,1	от 0,1 до 1,1	от 0,25 до 5,0	от 0,04 до 2,1	от 0,17 до 2,7
Относительная стандартная неопределѳнность типа А, u_{A0} , % ($n=5$)	от 0,02 до 1,0	от 0,05 до 0,8	от 0,09 до 0,9	от 0,09 до 2,0	от 0,002 до 1,5	от 0,04 до 1,2
Относительная стандартная неопределѳнность типа В, u_{B0} , %	от 0,09 до 0,5	от 0,2 до 0,6	от 0,05 до 0,6	от 0,13 до 2,6	от 0,02 до 1,1	от 0,09 до 1,4

4.4 В качестве эталонов сравнения используют пористые и непористые вещества и материалы, имеющие метрологические характеристики, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Метрологические характеристики эталонов сравнения, входящих в состав государственного первичного эталона

Наименование характеристики	Значение характеристики					
	Удельная адсорбция	Удельная поверхность	Удельный объём пор	Размер пор	Открытая пористость	Коэффициент газопроницаемости
Диапазон	от 0,001 до 250 моль/кг	от 0,10 до 2500 м ² /г	от 0,05 до 2,00 см ³ /г	от 0,7 до 70000 нм	от 3 % до 50 %	от 1·10 ⁻⁷ до 5 мкм ²
Доверительные границы относительной погрешности, δ_0 , % ($P=0,95$)	от 0,4 до 2,0	от 0,4 до 2,0	от 0,5 до 2,0	от 0,6 до 4,0	от 0,05 до 2,2	от 1,4 до 3,0
Относительная суммарная	от 0,2	от 0,2	от 0,25	от 0,3	от 0,025	от 0,7 до 1,5

стандартная неопределённость, uCo, %	до 1,0	до 1,0	до 1,0	до 2,0	до 1,1	
---	--------	--------	--------	--------	--------	--

4.5 Государственный первичный эталон применяют в целях:

4.5.1 передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости рабочим эталонам 1-го и 2-го разряда (стандартным образцам пористых и непористых веществ и материалов) методом прямых измерений, рабочим эталонам 1-го разряда (установкам измерительным) и средствам измерений высокой точности методом непосредственного сличения;

4.5.2 установления эквивалентности эталонов НМИ стран, подписавших договоренность о взаимном признании национальных эталонов и сертификатов калибровки и измерений, выдаваемых НМИ, в рамках международных сличений.

5 Эталоны, заимствованные из других поверочных схем

5.1 В качестве эталонов, заимствованных из других поверочных схем, используют:

5.1.1 приборы для измерений наружных и внутренних размеров, нутромеры по Государственной поверочной схеме для средств измерений длины (приказ Росстандарта от 29.12.2018 г. № 2840) в диапазоне от 0 до 6000 мм, пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ от 0,5 до 90 мкм;

5.1.2 рабочие эталоны единицы давления 3 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений абсолютного давления в диапазоне от $1 \cdot 10^{-1}$ до $1 \cdot 10^7$ Па (приказ Росстандарта от 06.12.2019 г. № 2900) в диапазоне от 0 до $1 \cdot 10^7$ Па, пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 от 0,03 до 0,5 %;

5.1.3 весы неавтоматического действия по Государственной поверочной схеме для средств измерений массы (приказ Росстандарта от 04 июля 2022 г. № 1622) с диапазонами измерений от $1 \cdot 10^{-8}$ кг, пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 от $2 \cdot 10^{-4}$ %;

5.1.4 рабочие эталоны единицы температуры 1 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений температуры (приказ Росстандарта от 19.11.2024 г. № 2712) в диапазоне от 0 до 420 °С, пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ от 0,01 до 0,10 °С;

5.1.5 рабочие эталоны единицы времени 5 разряда по Государственной поверочной схеме для средств измерений времени и частоты (приказ Росстандарта от 26.09.2022 г. № 2360) в диапазоне $2 \cdot 10^{-4}$ до $4 \cdot 10^5$ с, пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ от $50 \cdot 10^{-6}$ до 4 с.

5.2 Эталоны, заимствованные из других поверочных схем, применяют для:

5.2.1 обеспечения передачи единицы открытой пористости в диапазоне от 0 до 50 % рабочим эталонам 2-го разряда в виде стандартных образцов, габаритные размеры которых превышают измерительную камеру

цилиндрической формы диаметром 50 мм и высотой 70 мм, методом косвенных измерений;

5.2.2 обеспечения передачи единицы открытой пористости в диапазоне от 0 до 50 % средствами измерений открытой пористости низкой точности, предназначенных для измерений образцов, габаритные размеры которых превышают измерительную камеру цилиндрической формы диаметром 50 мм и высотой 70 мм, методом косвенных измерений;

5.2.3 обеспечения передачи единицы коэффициента газопроницаемости в диапазоне от $1 \cdot 10^{-7}$ до 5 мкм² средствами измерений коэффициента газопроницаемости низкой точности, предназначенных для измерений образцов, отличных от образцов цилиндрической формы с диаметром 25,4, 30 или 100 мм, методом косвенных измерений.

6 Рабочие эталоны

6.1 Рабочие эталоны 1-го разряда

6.1.1 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда используют:

6.1.1.1 стандартные образцы пористых и непористых веществ и материалов (требования к метрологическим характеристикам приведены в таблице 3);

6.1.1.2 установки измерительные (анализаторы удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма и размера пор твёрдых веществ и материалов, анализаторы газоадсорбционные, порозиметры ртутные, поромеры, гелиевые пикнометры, анализаторы пористости и газопроницаемости), имеющие следующие метрологические характеристики: диапазон измерений удельной адсорбции газов от 0,001 до 250 моль/кг (от 0,02 до 5600 см³/г) и доверительные границы относительной погрешности от 1,0 до 4,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$, диапазон измерений удельной поверхности от 0,10 до 2500 м²/г и доверительные границы относительной погрешности от 1,0 до 4,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$, диапазон измерений удельного объёма пор от 0,05 до 2,00 см³/г и доверительные границы относительной погрешности от 1,0 до 4,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$, диапазон измерений размера пор от 0,4 до 70000 нм и доверительные границы относительной погрешности от 1,0 до 6,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$, диапазон измерений открытой пористости от 0 до 50 %, доверительные границы абсолютной погрешности от 0,05 до 0,3 % при доверительной вероятности $P=0,95$ (в поддиапазоне от 0 до 5 % вкл.) и доверительные границы относительной погрешности от 0,10 до 5,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$ (в поддиапазоне св. 5 до 50 %), диапазон измерений коэффициента газопроницаемости от $1 \cdot 10^{-7}$ до 5 мкм² и доверительные границы относительной погрешности от 1,5 до 4,0 % при доверительной вероятности $P=0,95$.

6.1.2 Рабочие эталоны 1-го разряда в виде стандартных образцов пористых и непористых веществ и материалов предназначены для передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма

пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости средствам измерений высокой и низкой точности методом прямых измерений.

6.1.3 Рабочие эталоны 1-го разряда в виде установок измерительных предназначены для передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости рабочим эталонам 2-го разряда в виде стандартных образцов пористых и непористых веществ и материалов методом прямых измерений.

6.2 Рабочие эталоны 2-го разряда

6.2.1 В качестве рабочих эталонов 2-го разряда используют стандартные образцы пористых и непористых веществ и материалов (требования к метрологическим характеристикам приведены в таблице 4).

6.2.2 Рабочие эталоны 2-го разряда в виде стандартных образцов пористых и непористых веществ и материалов предназначены для передачи единиц удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объема пор, размера пор, открытой пористости и коэффициента газопроницаемости средствам измерений низкой точности методом прямых измерений.

Таблица 3 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов 1-го разряда – стандартных образцов пористых и непористых веществ и материалов

Матрица СО	Наименование величины, единица измерений	Интервал аттестованных значений	δ _о , %	δ, %
- Непористые вещества и материалы (порошки металлов и их оксиды, в том числе и наноразмерные, металлические сплавы, стеклянные шарики, керамические материалы, пленки и др.); - Микропористые вещества и материалы (цеолиты, сажа, активированные угли и др.); - Мезо- и макропористые вещества и материалы (керамика, мембраны, гранулы на основе оксида алюминия, кремния, титана и др.)	Удельная адсорбция, моль/кг или (см ³ /г)	0,001 - 250 (0,02 - 5600)	от 1 до 4	-
	Удельная поверхность, м ² /г	0,10 - 2500	от 1 до 4	
	Удельный объём пор, см ³ /г	0,05 - 2,00	от 1 до 4	
	Размер пор, нм	0,7 - 70000	от 1 до 6	
	Открытая пористость, %	0 - 5	-	от 0,05 до 0,3
		5 - 50	от 0,10 до 5	
	Коэффициент газопроницаемости, мкм ²	1·10 ⁻⁷ - 5	от 1,5 до 4	-
δ _о и δ - доверительные границы относительной и абсолютной погрешности при P=0,95 соответственно				
Примечание – Примерами могут служить стандартные образцы утвержденных типов: - ГСО 10449-2014 СО сорбционных свойств нанопористого оксида алюминия (Al ₂ O ₃ СО УНИИМ); - ГСО 10734-2015 СО сорбционных свойств нанопористого цеолита (Zeolite СО УНИИМ); - ГСО 10735-2015 СО сорбционных свойств нанопористого углерода (С СО УНИИМ); - ГСО 10900-2017 СО удельной поверхности кварцевого песка (QSiO ₂ СО УНИИМ); - ГСО 11131-2018 СО сорбционных свойств нанопористого оксида кремния (15-SiO ₂ СО УНИИМ); - ГСО 11154-2018 СО сорбционных свойств нанопористого оксида кремния (2,2-SiO ₂ СО УНИИМ); - ГСО 11155-2018 СО сорбционных свойств нанопористого оксида кремния (6-SiO ₂ СО УНИИМ); - ГСО 12390-2023 СО сорбционных свойств диоксида титана (TiO ₂ СО УНИИМ); - ГСО 11358-2019 СО пористости нанопористого оксида алюминия (ХПРП-Al ₂ O ₃ СО УНИИМ); - ГСО 11359-2019 СО пористости мембраны на основе оксида алюминия (Al ₂ O ₃ -9000 СО УНИИМ); - ГСО 11376-2019 СО пористости мембраны на основе оксида алюминия (Al ₂ O ₃ -60000 СО УНИИМ); - ГСО 10583-2015 СО открытой пористости твёрдых веществ, материалов (имитаторы) (комплект ОПТВ СО УНИИМ); - ГСО 11116-2018/ГСО 11119-2018 СО открытой пористости горных пород (имитаторы) (набор ОПГП СО УНИИМ); - ГСО 11546-2020/ГСО 11550-2020 СО газопроницаемости горных пород (имитатор) (набор СО ГП); - ГСО 11709-2021/ГСО 11712-2021 СО открытой пористости и газопроницаемости горных пород (имитаторы) (набор СО ОПГП УНИИМ-КОРТЕХ); - ГСО 12524-2024 СО открытой пористости и газопроницаемости горных пород (имитатор) (СО ОПГП 1 УНИИМ-КОРТЕХ); - ГСО 12711-2024/ГСО 12715-2024 СО открытой пористости и газопроницаемости горных пород (имитаторы) (набор СО ПГ) В настоящее время ведутся исследования по разработке новых типов стандартных образцов.				

Таблица 4 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов 2-го разряда – стандартных образцов пористых и непористых веществ и материалов и стандартных образцов открытой пористости

Матрица СО	Наименование величины, единица измерений	Интервал аттестованных значений	δ _о , %	δ, %
- Непористые вещества и материалы (порошки металлов и их оксиды, в том числе и наноразмерные, металлические сплавы, стеклянные шарики, керамические материалы, пленки и др.); - Микропористые вещества и материалы (цеолиты, сажа, активированные угли и др.); - Мезо- и макропористые вещества и материалы (керамика, мембраны, гранулы на основе оксида алюминия, кремния, титана и др.)	Удельная адсорбция, моль/кг или (см ³ /г)	0,001 - 250 (0,02-5600)	от 4 до 15	-
	Удельная поверхность, м ² /г	0,10 - 2500	от 4 до 15	
	Удельный объём пор, см ³ /г	0,05 - 2,00	от 4 до 15	
	Размер пор, нм	0,7 - 70000	от 4 до 15	
	Открытая пористость, %	0 – 5	-	от 0,1 до 0,6
		5 – 50	от 0,20 до 10	-
	Коэффициент газопроницаемости, мкм ²	1·10 ⁻⁷ – 5	от 4 до 10	
δ _о и δ - доверительные границы относительной и абсолютной погрешности при P=0,95 соответственно				
Примечание – Примерами могут служить стандартные образцы утвержденных типов: - ГСО 12048-2022/ГСО 12052-2022 СО пористости горных пород (имитаторы) (НАБОР СО ЯМР ПОР) В настоящее время ведутся исследования по разработке новых типов стандартных образцов.				

7 Средства измерений

7.1 В качестве средств измерений используют:

7.1.1 средства измерений высокой точности (анализаторы газоадсорбционные, анализаторы удельной поверхности, анализаторы удельной поверхности и пористости, поромеры, порозиметры ртутные, гелиевые пикнометры, анализаторы пористости и проницаемости и др.);

7.1.2 средства измерений низкой точности (анализаторы газоадсорбционные, анализаторы удельной поверхности, анализаторы на основе метода термодесорбции, анализаторы удельной поверхности и пористости, поромеры, порозиметры, анализаторы на основе метода воздухопроницаемости, анализаторы пористости и проницаемости и др.).

7.2 Средства измерений высокой точности имеют диапазон измерений удельной адсорбции газов от 0,001 до 250 моль/кг (от 0,02 до 5600 см³/г), диапазон измерений удельной поверхности от 0,010 до 4000 м²/г, диапазон измерений удельного объёма пор от $4 \cdot 10^{-4}$ до 2,00 см³/г, диапазон измерений размера пор от 0,4 до 70000 нм, диапазон измерений открытой пористости от 0 до 50 % и диапазон измерений коэффициента газопроницаемости от $1 \cdot 10^{-7}$ до 5 мкм².

7.3 Средства измерений низкой точности имеют диапазон измерений удельной адсорбции газов от 0,001 до 250 моль/кг (от 0,02 до 5600 см³/г),

диапазон измерений удельной поверхности от 0,010 до 4000 м²/г, диапазон измерений удельного объёма пор от 0,05 до 2,00 см³/г, диапазон измерений размера пор от 0,4 до 70000 нм, диапазон измерений открытой пористости от 0 до 50 % и диапазон измерений коэффициента газопроницаемости от $1 \cdot 10^{-7}$ до 5 мкм².

7.4 Пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма и размера пор высокой точности составляют от 2 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ средств измерений открытой пористости высокой точности в поддиапазоне от 0 до 5 % вкл. составляют от 0,1 %, пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений открытой пористости высокой точности в поддиапазоне св. 5 до 50 % вкл. составляют от 0,2 %, пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений коэффициента газопроницаемости высокой точности составляют от 3 %.

7.5 Пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений удельной адсорбции газов, удельной поверхности, удельного объёма пор, размера пор и коэффициента газопроницаемости низкой точности составляют от 10 %, пределы допускаемой абсолютной погрешности Δ средств измерений открытой пористости низкой точности в поддиапазоне от 0 до 5 % вкл. составляют от 0,2 %, пределы допускаемой относительной погрешности Δ_0 средств измерений открытой пористости низкой точности в поддиапазоне св. 5 до 50 % вкл. составляют от 10 %.