

УТВЕРЖДЕНА
приказом Федерального агентства
по техническому регулированию
и метрологии
от «23» марта 2026 г. № 534

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ ПОВЕРОЧНАЯ СХЕМА
ДЛЯ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ
СОДЕРЖАНИЯ НЕОРГАНИЧЕСКИХ КОМПОНЕНТОВ
В ЖИДКИХ И ТВЁРДЫХ ВЕЩЕСТВАХ И МАТЕРИАЛАХ**

1. Область применения

Настоящая государственная поверочная схема распространяется на средства измерений содержания неорганических компонентов¹⁾ в жидких и твёрдых веществах и материалах и устанавливает порядок передачи единиц²⁾ массовой (молярной, атомной) доли компонентов, %, массовой (молярной) концентрации компонентов, г/дм³ (моль/дм³) от Государственного первичного эталона единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах на основе кулонометрии ГЭТ 176 (далее – Государственный первичный эталон ГЭТ 176) этим средствам измерений при помощи вторичных и рабочих эталонов с указанием показателей точности и методов передачи единиц величин.

Графическая часть Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах представлена в приложении А.

2. Нормативные ссылки

В настоящей поверочной схеме использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р 8.563-2009 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики (методы) измерений

ГОСТ Р 8.600-2003 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики выполнения измерений массовой доли основного вещества реактивов и особо чистых веществ титриметрическими методами. Общие требования

РМГ 29-2013 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Термины и определения

П р и м е ч а н и е – При использовании Государственной поверочной схемы целесообразно проверять действие ссылочных документов в информационной системе общего пользования – на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если

¹⁾ Содержание компонента (содержание компонента В) – обобщённое наименование группы величин, характеризующих химический состав веществ и материалов.

²⁾ Передача единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов с помощью эталонов сравнения, вторичных и рабочих эталонов осуществляется при поверке, калибровке, градуировке, испытаниях средств измерений и испытаниях стандартных образцов, аттестации методик измерений, контроле точности измерений, выполняемых по аттестованным методикам (термины и соответствующие определения установлены в РМГ 29 и ГОСТ Р 8.563).

ссылочный документ заменен (изменен), то при использовании государственной поверочной схемы 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. Сокращения

АЭС – атомно-эмиссионная спектрометрия;

ГСССД – Государственная служба стандартных справочных данных о физических константах и свойствах веществ и материалов;

ГЭТ 176 – Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах на основе кулонометрии;

ГЭТ 196 – Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах на основе спектральных методов;

ГЭТ 208 – Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной) доли и массовой (молярной) концентрации органических компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах на основе жидкостной и газовой хромато-масс-спектрометрии с изотопным разбавлением и гравиметрии;

ГЭТ 217 – Государственный первичный эталон единиц массовой доли и массовой (молярной) концентрации неорганических компонентов в водных растворах на основе гравиметрического и спектрального методов;

ИХГ – ионная хроматография;

ИЮПАК – Международный союз теоретической и прикладной химии;

КТ – кулонометрическое титрование;

ККП – кулонометрия с контролируемым потенциалом;

МС – масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой;

СКО – среднее квадратическое отклонение;

СО – стандартный образец;

ЭУ – эталонная установка.

4. Государственный первичный эталон единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах на основе кулонометрии

4.1 Государственный первичный эталон ГЭТ 176 предназначен для воспроизведения единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах и передачи их вторичным и рабочим эталонам в целях обеспечения единства измерений единиц величин, характеризующих химический состав веществ и материалов.

4.2 В состав Государственного первичного эталона ГЭТ 176 входят пять эталонных установок и эталоны сравнения:

1) эталонная установка, реализующая метод кулонометрического титрования (ЭУ КТ), в составе:

двухэлектродная кулонометрическая ячейка с комплектом электродов;
источник постоянного тока (гальваностат-интегратор) с функцией интегрирования количества электричества, оснащенный термостатируемым прецизионным резистором;

частотомер, синхронизированный с гальваностатом-интегратором;
мультиметр;

комплекс средств измерений для определения конечной точки титрования: рН-метр-иономер с ионоселективными электродами и электродом сравнения (потенциометрический метод); модуль индикаторного тока, состоящий из источника постоянного электрического напряжения и вспомогательного резистора, вольтметр, индикаторные электроды (амперометрический метод с двумя поляризуемыми электродами);

лабораторные электронные весы I (специального) класса точности;
программное обеспечение;
вспомогательное оборудование.

2) эталонная установка, реализующая метод кулонометрии с контролируемым потенциалом (ЭУ ККП) в составе:

трехэлектродная кулонометрическая ячейка с комплектом электродов;
потенциостат-интегратор;
мультиметр;
частотомер;
компаратор массы с набором гирь;
программное обеспечение;
вспомогательное оборудование.

3) эталонная установка, реализующая метод масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ЭУ МС) в составе:

масс-спектрометр с индуктивно-связанной плазмой;
лабораторные электронные весы I (специального) класса точности;
оборудование для пробоподготовки.

4) эталонная установка, реализующая метод ионной хроматографии (ЭУ ИХГ), в составе:

ионохроматографическая система, состоящая из ионных хроматографов и автосамплера;

вспомогательное оборудование;

5) вспомогательная эталонная установка, реализующая метод атомно-эмиссионной спектрометрии (ЭУ АЭС) в составе:

атомно-эмиссионный спектрометр;
вспомогательное оборудование.

6) эталоны сравнения: высокочистые химические вещества, в том числе изотопно-обогащенные.

4.3 Государственный первичный эталон ГЭТ 176 обеспечивает воспроизведение единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации с метрологическими характеристиками, указанными в таблице 1, для компонентов, указанных в таблицах 2-4.

Т а б л и ц а 1 – Метрологические характеристики ГЭТ 176

Наименование характеристики	Значение характеристики				
	Массовая доля компонентов	Молярная доля компонентов	Атомная доля компонентов	Массовая концентрация компонентов	Молярная концентрация компонентов
Диапазон	от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %	от 0,03 до 100 %	от 0,01 до 99,99 %	от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм ³	от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм ³
Относительное СКО результата измерений, S_0 , % ($n=7$)	от 0,0008 до 20	от 0,0015 до 0,10	от 0,005 до 4	от 0,005 до 20	от 0,005 до 20
Относительная неисключённая систематическая погрешность, θ_0 , %, не более	от 0,0005 до 10	от 0,006 до 0,06	от 0,01 до 7,6	от 0,013 до 10	от 0,005 до 10
Относительная стандартная неопределённость типа А ($n=7$), u_{A0} , %	от 0,0008 до 20	от 0,0015 до 0,10	от 0,005 до 4	от 0,005 до 20	от 0,005 до 20
Относительная стандартная неопределённость типа В, u_{B0} , %, не более	от 0,0003 до 6,6	от 0,004 до 0,039	от 0,005 до 4	от 0,009 до 6,6	от 0,003 до 6,6

4.4 Государственный первичный эталон ГЭТ 176 применяют для передачи единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов вторичным и рабочим эталонам методом прямых измерений, косвенных измерений и непосредственным сличением. Передача единиц осуществляется при условии того, что соотношение погрешностей эталона, передающего единицу, и эталона или средства измерений, которому передается единица, не более, чем 1:2.

П р и м е ч а н и е – Здесь и далее по тексту настоящей поверочной схемы методы прямых и косвенных измерений используются для передачи единиц величин от стандартных образцов измерительным установкам или от измерительных установок стандартным образцам, при этом метод прямых измерений подразумевает использование СО и его аттестованного значения из паспорта как есть, без дополнительных процедур приготовления; метод косвенных измерений предполагает применение процедур разбавления СО с использованием мер вместимости и/или весов и расчета аттестованного значения приготовленного раствора. Метод непосредственного сличения применяют при передаче единиц величин от измерительной установки измерительной установке, метод сличения при помощи компаратора – при передаче единиц величин от стандартного образца стандартному образцу.

4.5 Эталоны сравнения используются для хранения и передачи единиц величин, воспроизводимых ГЭТ 176, для исследований метрологических характеристик ГЭТ 176, для сличений с национальными эталонами других стран. Требования к метрологическим характеристикам эталонов сравнения приведены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2 – Требования к метрологическим характеристикам эталонов сравнения

Матрица	Компонент	Диапазон значений	Относительная расширенная неопределённость, % (при $k=2$)	Предел допускаемых значений доверительных границ относительной погрешности, $\pm \delta_0$, % (при $P=0,95$)
Чистые вещества	Калий фталевокислый кислый (бифталат калия), натрий углекислый (карбонат натрия), калий двухромовокислый (дихромат калия), натрий щавелевокислый (оксалат натрия), трилон Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты), натрий хлористый (хлорид натрия), калий хлористый (хлорид калия), йодат калия, кислота сульфаминовая (аминосульфоновая); медь, цинк, железо, германий, кобальт, серебро, свинец, кадмий, никель, хром, ванадий, молибден, марганец, олово, бериллий, таллий, селен, сурьма и др. ³⁾	массовой доли от 99,5000 до 100,0000 %	0,0013–0,03	0,0013–0,03
Изотопно-обогащенные чистые вещества	Медь, цинк, серебро, кадмий, никель, хром, магний, таллий, оксид свинца, оксид стронция	атомной доли от 1,00 до 99,99 %	0,014–12	0,014–12
П р и м е ч а н и е – В качестве эталонов сравнения могут быть использованы другие чистые твердые химические вещества, обладающие стабильным изотопным и химическим составом.				

5. Вторичные эталоны

5.1 В качестве вторичных эталонов используют:

высокоточные измерительные установки;

стандартные образцы состава веществ и материалов, растворов химических веществ.

5.2 Вторичные эталоны – высокоточные измерительные установки – предназначены для измерений массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах и могут быть основаны на методах кулонометрии

³⁾ Перечень эталонов сравнения приведен на сайте https://uniim.ru/db_etalons_ref/.

(кулонометрического титрования, кулонометрии с контролируемым потенциалом), титриметрии, гравиметрии и др.

П р и м е ч а н и е – При измерении массовой доли основного компонента чистых химических веществ с применением вторичных эталонов – высокоточных измерительных установок, принцип действия которых основан на методе титриметрии, в соответствии с ГОСТ Р 8.600 используют методы прямого, обратного, косвенного и реверсивного титрования, основанные на окислительно-восстановительных, комплексонометрических, кислотно-основных реакциях и реакциях осаждения.

Доверительные границы относительной погрешности вторичных эталонов – высокоточных измерительных установок (при доверительной вероятности $P = 0,95$), $\pm \delta_0$, составляют:

от 0,015 до 4 % в диапазоне массовой доли компонентов от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %,

от 0,07 до 0,5 % в диапазоне молярной доли компонентов от 1 до 100 %,

от 0,04 до 20 % в диапазоне атомной доли изотопов элементов от 0,01 до 99,99 %;

от 0,15 до 4 % в диапазоне измерений массовой концентрации компонентов от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм³ и в диапазоне измерений молярной концентрации компонентов от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм³.

5.3 Требования к метрологическим характеристикам вторичных эталонов – стандартных образцов состава чистых веществ и их растворов приведены в таблице 3.

Вторичные эталоны – стандартные образцы состава веществ и материалов – должны быть прослеживаемыми к государственному первичному эталону на основе кулонометрии:

по линейным цепям метрологической прослеживаемости, если их метрологические характеристики устанавливают с применением государственного первичного эталона на основе кулонометрии;

по одной из ветвей разветвленной цепи метрологической прослеживаемости, если их метрологические характеристики устанавливают по процедуре приготовления из чистых веществ, массовая доля основного компонента в которых установлена с применением эталонов сравнения по 4.5. По другим ветвям стандартный образец может быть прослеживаемым к эталонам из других поверочных схем, например, к ГЭТ 196, ГЭТ 208, ГЭТ 217.

Вторичные эталоны – СО состава чистых веществ, в том числе изотопно-обогащенных, и их растворов применяют для хранения и передачи единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов методами прямых измерений, косвенных измерений и сличения при помощи компаратора.

Т а б л и ц а 3 – Требования к метрологическим характеристикам вторичных эталонов – стандартным образцам состава чистых веществ, в том числе изотопно-обогащенных, и их растворов

Матрица	Компонент	Диапазон значений	Доверительные границы относительной погрешности, $\pm\delta_o$, % (при $P=0,95$)
Чистые вещества, том числе изотопно-обогащенные, и их растворы	Калий фталевокислый кислый (бифталат калия), натрий углекислый (карбонат натрия), калий двуххромовокислый (дихромат калия), натрий щавелевокислый (оксалат натрия), трилон Б (динатриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты), натрий хлористый (хлорид натрия), калий хлористый (хлорид калия), йодат калия, кислота сульфаминовая, кислота этилендиаминтетрауксусная, кислота борная, кислота соляная, бромид калия; железо, медь, свинец, нитрат свинца	массовой доли от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %	0,015 – 4
		молярной доли от 1 до 100 %	0,07 – 0,5
		атомной доли от 0,01 до 99,99 %	0,04 – 20
		массовой концентрации от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм ³	0,15 – 4
		молярной концентрации от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм ³	0,15 – 4
П р и м е ч а н и е – В качестве вторичных эталонов - СО состава чистых веществ или их растворов могут быть использованы (после утверждения в установленном порядке) стандартные образцы состава других веществ, обладающих стабильным изотопным и химическим составом. или их растворов			

5.4 Вторичные эталоны применяют для передачи единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов рабочим эталонам 1-го и 2-го разрядов и средствам измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твёрдых веществах и материалах методами прямых измерений, косвенных измерений, непосредственным сличением или методом сличения при помощи компаратора.

6. Рабочие эталоны

6.1 Рабочие эталоны 1-го разряда

6.1.1 В качестве рабочих эталонов 1-го разряда используют:

измерительные установки;

стандартные образцы состава веществ и материалов, растворов химических веществ.

6.1.2 Рабочие эталоны 1-го разряда – измерительные установки – предназначены для измерений массовой (молярной, атомной) доли компонентов и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких

и твёрдых веществах и материалах могут быть основаны на методах кулонометрии, титриметрии, гравиметрии, вольтамперометрии и др.

Доверительные границы относительной погрешности рабочих эталонов 1-го разряда – измерительных установок (при доверительной вероятности $P = 0,95$), $\pm\delta_0$, составляют:

от 0,07 до 8 % в диапазоне массовой доли компонентов от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %,

от 0,14 до 1,5 % в диапазоне молярной доли компонентов от 1 до 100 %,

от 0,08 до 30 % в диапазоне атомной доли изотопов элементов от 0,01 до 99,99 %;

от 0,30 до 8 % в диапазоне массовой концентрации компонентов от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм³ и в диапазоне молярной концентрации компонентов от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм³.

6.1.3 Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов 1-го разряда – стандартных образцов состава жидких и твёрдых веществ и материалов приведены в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов 1-го разряда – стандартных образцов состава жидких и твёрдых веществ и материалов, растворов химических веществ

Матрица СО	Компонент	Диапазон значений	Доверительные границы относительной погрешности, $\pm\delta_o$, % (при $P = 0,95$)
Продукция металлургической, химической промышленности, горные породы, почвы, грунты, порошкообразные смеси и др. Растворы химических веществ	Металлы и неметаллы, их оксиды, гидроксиды и соли. Стабильные изотопы элементов. Ионы металлов и неметаллов. Компоненты, которые могут быть переведены в титруемую форму.	массовой доли от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %	0,07 – 8
		молярной доли от 1 до 100 %	0,14 – 1,5
		атомной доли от 0,01 до 99,99 %	0,08 – 30
		массовой концентрации от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм ³	0,30 – 8
		молярной концентрации от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм ³	
П р и м е ч а н и е – Допускается определение метрологических характеристик СО по процедуре приготовления, при этом исходными материалами должны выступать СО, соответствующие требованиям, предъявляемым к вторичным эталонам, или вещества, содержание компонентов в которых установлено с применением вторичного или первичного эталонов.			

6.1.4 Рабочие эталоны 1-го разряда применяют для передачи единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов рабочим эталонам 2-го разряда и средствам измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твёрдых веществах

и материалах методами прямых измерений, косвенных измерений, непосредственным сличением или методом сличения при помощи компаратора.

6.2 Рабочие эталоны 2-го разряда

6.2.1 В качестве рабочих эталонов 2-го разряда используют стандартные образцы состава жидких и твёрдых веществ и материалов, растворов химических веществ.

6.2.2 Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов – стандартных образцов состава жидких и твёрдых веществ и материалов приведены в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Требования к метрологическим характеристикам рабочих эталонов 2-го разряда – стандартных образцов состава жидких и твёрдых веществ и материалов, растворов химических веществ

Матрица СО	Компонент	Диапазон значений	Доверительные границы относительной погрешности, $\pm\delta_o$, % (при $P = 0,95$)
Продукция металлургической, химической промышленности, горные породы, почвы, грунты, порошкообразные смеси и др. Растворы химических веществ	Металлы и неметаллы, их оксиды, гидроксиды и соли. Стабильные изотопы элементов. Ионы металлов и неметаллов. Компоненты, которые могут быть переведены в титруемую форму.	массовой доли от $1 \cdot 10^{-6}$ до 100 %	0,3 – 15
		молярной доли от 1 до 100 %	0,3 – 4,5
		атомной доли от 0,01 до 99,99 %	0,16 - 45
		массовой концентрации от $2 \cdot 10^{-5}$ до 100 г/дм ³	0,5 – 15
		молярной концентрации от $3 \cdot 10^{-6}$ до 2 моль/дм ³	

П р и м е ч а н и е – В качестве аттестуемых характеристик СО выступают величины, характеризующие содержание неорганических компонентов и выраженные в единицах величин, воспроизводимых ГЭТ 176 (% , г/дм³, моль/дм³ или их кратных или дольных производных), в том числе имеющие устоявшиеся названия и непосредственно связанные с содержанием компонентов, прослеживаемым к ГЭТ 176 (например, показатели, определяемые титриметрическими методами: щелочность, кислотность, йодное число, бихроматная окисляемость, перманганатная окисляемость, химическое потребление кислорода и др.; характеристики, определяемые по процедуре приготовления, когда чистота исходного материала определена титриметрическим методом, например, мутность по формазиневой шкале и др.)

Прослеживаемость к государственному первичному эталону ГЭТ 176 стандартных образцов, метрологические характеристики которых

устанавливают по процедуре приготовления, обеспечивают использованием в качестве исходных материалов стандартных образцов состава чистых веществ или веществ, содержание компонентов в которых установлено с применением вторичных эталонов или рабочих эталонов 1-го разряда.

6.2.3 Рабочие эталоны 2-го разряда применяют для передачи единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов средствам измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах методами прямых или косвенных измерений.

7. Средства измерений

7.1 В качестве средств измерений используют:

аналитические приборы специального назначения: анализаторы жидкости (концентратомеры);

аналитические приборы универсального назначения: кулонометры, титраторы, атомно-абсорбционные спектрометры, атомно-эмиссионные спектрометры, ионные хроматографы, масс-спектрометры с индуктивно-связанной плазмой и другие с соответствующими методиками измерений (методиками количественного химического анализа).

7.2 Пределы допускаемой относительной погрешности средств измерений Δ_0 составляют не менее 0,6 % при измерении массовой доли в диапазоне от $1 \cdot 10^{-10}$ до 100 %, молярной доли в диапазоне от 1 до 100 %, не менее 0,4 % при измерении атомной доли в диапазоне от 0,01 до 99,99 %, не менее 1,0 % при измерении массовой концентрации в диапазоне от $1 \cdot 10^{-10}$ до 100 г/дм³ и молярной концентрации в диапазоне от $2 \cdot 10^{-12}$ до 2 моль/дм³ неорганических компонентов⁴⁾.

Примечания:

1. Перечень компонентов и объектов перечислен в таблице 5 (п. 6.2.2).

2. Передача единиц величин от разрядных эталонов в виде стандартных образцов средствам измерений в расширенных диапазонах измерений обеспечивается за счет применения процедур разбавления СО с использованием мер вместимости и/или весов и расчета аттестованного значения приготовленного раствора.

⁴⁾ Для аналитических приборов универсального назначения, как правило, нормируют характеристики чувствительности приборов (предел детектирования, предел обнаружения, характеристическая концентрация, отношение сигнал/шум, чувствительность), предел допускаемого значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала, нестабильность выходного сигнала и др.