

**Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»
УНИИМ – филиал ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»**

СОГЛАСОВАНО

Директор УНИИМ – филиала

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



Е.П. Соби́на

2025 г.

**«ГСИ. Масс-спектрометры с индуктивно-связанной
плазмой PROXILAB.
Методика поверки»**

МП 11-241-2025

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 ИСПОЛНИТЕЛЬ с.н.с. лаборатории 241 Крашенинина М.П.

3 СОГЛАСОВАНА директором УНИИМ - филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в феврале 2025 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1	Общие положения	4
2	Нормативные ссылки	5
3	Перечень операций поверки	6
4	Требования к условиям проведения поверки	6
5	Требования к специалистам, осуществляющим поверку	6
6	Метрологические и технические требования к средствам поверки	7
7	Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки.....	8
8	Внешний осмотр средства измерений	8
9	Подготовка к поверке и опробование средства измерений.....	9
10	Проверка программного обеспечения средства измерений.....	9
11	Определение метрологических характеристик средства измерений	10
12	Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям.....	11
13	Оформление результатов поверки.....	13
Приложение А		14

1 Общие положения

1.1 Настоящая методика поверки распространяется на масс-спектрометры с индуктивно-связанной плазмой PROXILAB (далее – масс-спектрометры) и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Поверка масс-спектрометров должна осуществляться в соответствии с требованиями настоящей методики поверки.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость масс-спектрометра к государственному первичному эталону единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии ГЭТ 176-2019 согласно государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.02.2021 года № 148 с внесением изменений в приложение А к государственной поверочной схеме, утвержденных приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17.05.2021 года № 761.

Настоящей методикой поверки предусмотрена поверка методом прямых измерений.

1.3 Настоящая методика поверки применяется для поверки масс-спектрометров, используемых в качестве рабочих средств измерений. В результате поверки должны быть подтверждены метрологические требования, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Метрологические характеристики

Наименование характеристики	Значение для модели		
	ProxiLab-IM 8000	ProxiLab-IM 9000	ProxiLab LabMS 5000
Чувствительность (для контрольных элементов, без подачи газореактанта), (имп/с)/(мг/дм ³), не менее:			
- литий (⁷ Li)		3,0·10 ⁷	
- кобальт (⁵⁹ Co)		6,0·10 ⁷	
- кадмий (¹¹⁴ Cd)		2,0·10 ⁷	
- висмут (²⁰⁹ Bi)		1,0·10 ⁸	
Предел обнаружения, нг/дм ³ , не более			
- литий (⁷ Li)		5,0	
- кобальт (⁵⁹ Co)		3,0	
- кадмий (¹¹⁴ Cd)		3,0	
- висмут (²⁰⁹ Bi)		12,0	

Наименование характеристики	Значение для модели		
	ProxiLab-IM 8000	ProxiLab-IM 9000	ProxiLab LabMS 5000
Уровень фонового сигнала на массе 220 а.е.м., имп/с, не более	5		
Относительное среднее квадратическое отклонение выходного сигнала, %, не более	3,0		
Примечания 1. Для моделей ProxiLab-IM 9000 и ProxiLab LabMS 5000 значения метрологических характеристик установлены в режиме измерений с одним квадруполем (MS). 2. Для модели ProxiLab-IM 8000 значения метрологических характеристик установлены в стандартном режиме измерений.			

2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

Приказ Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510 «Об утверждении Порядка проведения поверки средств измерений, требований к знаку поверки и содержанию свидетельства о поверке»

Приказ 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»

Приказ Минтруда России от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19.02.2021 года № 148 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах»

Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 17.05.2021 года № 761 «О внесении изменений в приложение А к Государственной поверочной схеме для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах, утвержденной приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 февраля 2021 г. № 148»

ГОСТ 12.2.007.0–75 Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности

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

ГОСТ 4461-77 Реактивы. Кислота азотная. Технические условия

ГОСТ 11125-84 Кислота азотная особой чистоты. Технические условия

ГОСТ 29227-91 Посуда лабораторная стеклянная. Пипетки градуированные. Часть 1.
Общие требования

ГОСТ Р 52501-2005 Вода для лабораторного анализа. Технические условия

3 Перечень операций поверки

3.1 При поверке должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 – Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций 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	да	да	9
Проверка программного обеспечения	да	да	10
Определение метрологических характеристик:			
- определение уровня фонового сигнала на массе 220 а.е.м.;	да	да	11.1
- определение чувствительности;	да	да	11.2
- определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала;	да	да	11.3
- определение предела обнаружения.	да	да	11.4
Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	да	да	12

3.2 В случае невыполнения требований хотя бы к одной из операций поверка прекращается, масс-спектрометр бракуется.

3.3 Проведение поверки в сокращенном объеме не допускается.

4 Требования к условиям проведения поверки

При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:

- температура окружающего воздуха, °С от +15 до +30;
- относительная влажность воздуха, %, не более 80
- атмосферное давление, кПа от 84 до 106,7

5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

К проведению работ по поверке масс-спектрометра допускаются лица, прошедшие специальное обучение в качестве поверителя, инструктаж и обученные работе с масс-спектрометром.

6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

6.1 При проведении поверки применяют средства поверки, приведенные в таблице 3.

Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
Раздел 9 Подготовка к поверке и опробование	Диапазоны измерений температуры и относительной влажности не менее требуемых по п. 4. Допускаемая абсолютная погрешность измерений температуры ± 2 °С, относительной влажности $\pm 5,0$ %.	гигрометр Rotronic HygroPalm, рег. № 26379-04
	Диапазон измерений давления от 84 до 107 кПа, пределы допускаемой погрешности измерений $\pm 0,2$ кПа.	Барометр-анероид метеорологический БАММ-1, рег. 5738-76
	Стандартный образец (далее – СО) состава раствора ионов лития, интервал допускаемых аттестованных значений массовой концентрации ионов лития от 0,95 до 1,05 мг/см ³ , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более $\pm 1,0$ при $P=0,95$.	ГСО 7780-2000
	СО состава раствора кобальта, интервал допускаемых аттестованных значений массовой концентрации ионов кобальта от 0,095 до 0,105 мг/см ³ , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более 1,0 % при $P=0,95$.	ГСО 7784-2000
	СО состава раствора ионов кадмия, интервал допускаемых значений массовой концентрации ионов кадмия от 0,95 до 1,05 г/дм ³ , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более $\pm 1,0$ при $P=0,95$.	ГСО 7874-2000 ГСО 7773-2000
	СО состава ионов висмута, интервал допускаемых значений массовой концентрации ионов висмута от 0,95 до 1,05 мг/см ³ , границы допускаемых значений относительной погрешности аттестованного значения не более 1 % при $P=0,95$.	ГСО 8463-2003
	- Вода для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005; - Кислота азотная особой чистоты по ГОСТ 11125-84 или кислота азотная х.ч. по ГОСТ 4461-77, очищенная методом некипящей дистилляции; - Колбы мерные вместимостью 1000,0 и 100,0 см³ не хуже 2-го класса точности по ГОСТ 1770-74;	

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические и технические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
	- Пипетки градуированные вместимостью 1 см ³ не хуже 2 класса точности по ГОСТ 29227-91; - Цилиндр мерный вместимостью 25 см ³ не хуже 2-го класса точности по ГОСТ 1770-74.	
Раздел 11 Определение метрологических характеристик средства измерений	Массовая концентрация ионов металлов лития, кобальта, кадмия, висмута 0,001 мг/дм ³	Контрольный раствор, приготовленный по методике, приведенной в приложении А

6.2 Средства измерений, применяемые при поверке, должны быть поверены, стандартные образцы должны иметь действующий паспорт.

6.3 Допускается применение аналогичных средств поверки, обеспечивающих определение метрологических характеристик поверяемого масс-спектрометра с требуемой точностью.

7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок», утвержденные Приказом Минтруда России № 903н от 15 декабря 2020 г., требования ГОСТ 12.2.007.0.

8 Внешний осмотр средства измерений

8.1 При внешнем осмотре установить:

- соответствие внешнего вида масс-спектрометра сведениям, приведенным в описании типа;

- отсутствие видимых повреждений масс-спектрометра;

- соответствие комплектности, указанной в руководстве по эксплуатации (далее – РЭ);

- четкость обозначений и маркировки.

8.2 В случае, если при внешнем осмотре масс-спектрометра выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, то поверка может быть продолжена только после устранения этих повреждений или дефектов.

9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений

9.1 Подготовка к проведению поверки

9.1.1 Провести контроль условий поверки с помощью гигрометра и барометра в соответствии с таблицей 3.

9.1.2 Перед проведением поверки масс-спектрометр подготовить к работе в соответствии с руководством по эксплуатации (далее – РЭ).

9.1.3 Готовят контрольный раствор с массовой концентрацией ионов металлов, равной 0,001 мг/дм³. Методика приготовления контрольного раствора приведена в приложении А.

9.2 Опробование

9.2.1 При опробовании проверить работоспособность органов управления и регулировки масс-спектрометра при помощи встроенных систем контроля в соответствии с РЭ.

10 Проверка программного обеспечения средства измерений

10.1 Провести проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) масс-спектрометра. Для однозначной идентификации ПО достаточно определения только номера версии (идентификационного номера). Номер версии ПО может быть выведен в окне ПО масс-спектрометра при обращении к подпункту меню «Settings» в левой панели управления, затем под символом «...» в правом верхнем углу окна ПО выбрать пункт «About». В появившемся окне номер версии ПО указан в строке «Software Version». Копия экрана приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Окно с номером версии ПО

Идентификационные данные ПО должны соответствовать указанным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	HiMass
Номер версии (идентификационный номер) ПО	UV1.X ¹⁾
Цифровой идентификатор ПО	–
¹⁾ X относится к метрологически незначимой части ПО и принимает значения от 0 до 99. Формат номера может содержать от 1 до 3 значений X, разделенных точкой.	

11 Определение метрологических характеристик средства измерений

11.1 Определение уровня фонового сигнала на массе 220 а.е.м.

11.1.1 Определение уровня фонового сигнала на массе 220 а.е.м. провести с помощью 1 % раствора азотной кислоты.

11.1.2 В модуле ПО открывают вкладку «Method», «Quantitative method», «Add elements». Выбирают любой элемент, а затем в ручном режиме указывают 220 а.е.м.

В разделах «Mass.Calc. File» и «Conditions File» подгружают файлы, полученные после последнего прохождения процедуры «Autotune» в соответствии с РЭ на масс-спектрометр.

Устанавливают следующие параметры:

- время накопления сигнала «Dwell time» – 20 с;
- время интегрирования «INTG-T (ms)» – 1000;
- «Sweeps/Readings» – 20;
- «Replicants» – 10.

11.1.3 Подают на вход масс-спектрометра 1 % раствор азотной кислоты. Проводят измерения интенсивности сигнала. Результаты измерений интенсивности сигнала фиксируют в протоколе произвольной формы. Измерения провести не менее 5 раз.

11.2 Определение чувствительности

11.2.1 Определение чувствительности масс-спектрометра провести с использованием контрольного раствора. В модуле ПО открывают вкладку «Method», «Quantitative method», «Add elements». Затем выбирают 4 изотопа: ^7Li , ^{59}Co , ^{114}Cd , ^{209}Bi .

11.2.2 Устанавливают параметры измерений аналогично п. 11.1.2.

11.2.3 Подают на масс-спектрометр контрольный раствор по 9.1.3. Результаты измерений интенсивности сигнала для изотопов ^7Li , ^{59}Co , ^{114}Cd , ^{209}Bi фиксируют в протоколе произвольной формы. Измерения провести не менее 5 раз.

11.3 Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала

Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала провести по результатам измерений интенсивности сигнала изотопов ^7Li , ^{59}Co , ^{114}Cd , ^{209}Bi в контрольном растворе по п. 11.2.

11.4 Определение предела обнаружения

11.4.1 Определение предела обнаружения провести с помощью 1 % раствора азотной кислоты.

11.4.2 В модуле ПО открывают вкладку «Method», «Quantitative method», «Add elements». Затем выбирают 4 изотопа: ^7Li , ^{59}Co , ^{114}Cd , ^{209}Bi . Параметры измерений устанавливают аналогично п. 11.1.2.

11.4.3 Подают на вход масс-спектрометра 1 % раствор азотной кислоты. Результаты измерений интенсивности сигнала для изотопов ^7Li , ^{59}Co , ^{114}Cd , ^{209}Bi фиксируют в протоколе произвольной формы. Измерения провести не менее 5 раз.

12 Подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям

12.1 Для результатов измерений, полученных по 11.1, рассчитывают среднее арифметическое значение уровня фонового сигнала для массы 220 а.е.м. ($\bar{I}_{220}$, имп/с) по формуле

$$\bar{I}_{220} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{220i}}{n} \quad (1)$$

где I_{220i} – результат i -го измерения интенсивности сигнала для 220 а.е.м. в 1 % азотной кислоте, имп/с;

n – количество измерений интенсивности сигнала.

Полученное значение уровня фонового сигнала на массе 220 а.е.м. не должно превышать предела, приведенного в таблице 1.

12.2 Для результатов измерений, полученных по 11.2, рассчитывают среднее арифметическое результатов измерений интенсивности сигнала j -ого изотопа в контрольном растворе ($\bar{I}_j$, имп/с) и чувствительность к каждому изотопу (N_j , (имп/с)/(мг/дм³)) по формулам

$$\bar{I}_j = \frac{\sum_{i=1}^n I_{ij}}{n} \quad (2)$$

$$N_j = \frac{\bar{I}_j}{C_j} \quad (3)$$

где I_{ij} – результат i -го измерения интенсивности сигнала j -го изотопа в контрольном растворе, имп/с;

C_j – массовая концентрация j -го элемента в контрольном растворе, мг/дм³;

n – количество измерений интенсивности сигнала в контрольном растворе.

Полученные значения чувствительности должны удовлетворять требованиям, приведенным в таблице 1.

12.3 Для результатов измерений, полученных по 11.3, рассчитывают относительное среднее квадратическое отклонение выходного сигнала (σ_j , %) по формуле

$$\sigma_j = \frac{100}{\bar{I}_j} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{ij} - \bar{I}_j)^2}{n-1}} \quad (4)$$

Полученные значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала не должны превышать предела, приведенного в таблице 1.

12.4 Для результатов измерений, полученных по 11.4, рассчитывают среднее арифметическое результатов измерений интенсивности сигнала j -ого изотопа в 1 % растворе азотной кислоты ($\bar{I}_{\phi j}$, имп/с) и среднее квадратическое отклонение выходного фоновых сигнала ($S_{\phi j}$, имп/с) по формулам

$$\bar{I}_{\phi j} = \frac{\sum_{i=1}^n I_{\phi ij}}{n} \quad (5)$$

$$S_{\phi j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (I_{\phi ij} - \bar{I}_{\phi j})^2}{n-1}} \quad (6)$$

где $I_{\phi ij}$ – результат i -го измерения интенсивности сигнала j -ого изотопа в 1 % растворе азотной кислоты, имп/с;

n – количество измерений интенсивности сигнала в 1 % растворе азотной кислоты.

12.5 По полученному по формуле 6 значению среднего квадратического отклонения выходного фоновых сигнала рассчитать предел обнаружения (C_{oj} , нг/дм³) для каждого проверяемого изотопа по формуле

$$C_{oj} = \frac{3 \cdot S_{\phi j}}{\bar{N}_j} \cdot 10^6 \quad (7)$$

где $\bar{N}_j$ – чувствительность к каждому изотопу, рассчитанная по формуле 3, (имп/с)/(нг/дм³).

Полученные значения предела обнаружения не должны превышать пределов, приведенных в таблице 1.

13 Оформление результатов поверки

13.1 Оформляют протокол проведения поверки в произвольной форме.

13.2 При положительных результатах поверки масс-спектрометр признают пригодным к применению.

13.3 Нанесение знака поверки и пломбирование масс-спектрометра не предусмотрено.

13.4 При отрицательных результатах поверки масс-спектрометр признают непригодным к дальнейшей эксплуатации.

13.5 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с Приказом Минпромторга России от 28.08.2020 г. № 2906.

13.6 По заявлению владельца масс-спектрометра или лица, представившего масс-спектрометр на поверку, при положительных результатах поверки оформляется свидетельство о поверке в соответствии с Приказом Минпромторга России от 31.07.2020 г. № 2510, при отрицательных – извещение о непригодности к применению масс-спектрометра.

С.н.с. лаб. 241 УНИИМ – филиала

ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева»



М.П. Крашенинина

Приложение А
(рекомендуемое)
Методика приготовления контрольного раствора

А.1 Средства измерений, посуда, реактивы

А.1.1 Колбы мерные вместимостью 100 см³ 2-го класса точности по ГОСТ 1770-74 с притертой пробкой;

А.1.2 Цилиндр мерный вместимостью 25 см³ 2-го класса точности по ГОСТ 1770-74;

А.1.3 Пипетки градуированные вместимостью 1 см³ не хуже 2-го класса точности по ГОСТ 29227-91;

А.1.4 Вода для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005;

А.1.5 Кислота азотная особой чистоты по ГОСТ 11125-84 или кислота азотная х.ч. по ГОСТ 4461-77, очищенная методом некипящей дистилляции;

А.1.6 Стандартные образцы по п. 6.1 настоящей методики поверки.

А.2 1 % азотную кислоту готовят из воды для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005 и кислоты азотной особой чистоты по ГОСТ 11125-84 или кислоты х.ч. по ГОСТ 4461-77, очищенной методом некипящей дистилляции. Для этого в мерную колбу вместимостью 1000,0 см³ по ГОСТ 1770-74 поместить примерно 500 см³ воды для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005, внести 11 см³ кислоты азотной, взятой при помощи цилиндра мерного по ГОСТ 1770-74, тщательно перемешать раствор. После охлаждения колбы довести уровень раствора до риски водой для лабораторного анализа 1-ой степени очистки по ГОСТ Р 52501-2005, снова тщательно перемешать раствор.

А.3 Исходный раствор готовят из стандартных образцов утвержденного типа: ГСО 7780-2000 (литий), ГСО 7784-2000 (кобальт), ГСО 7874-2000 (кадмий), ГСО 8463-2003 (висмут) – посредством отбора аликвот 1 см³ СО растворов ионов лития, кобальта, кадмия и висмута с массовой концентрацией 1 г/дм³ в колбу 100 см³.

А.4 Объем в колбе доводят 1 % азотной кислотой до метки и перемешивают содержимое колбы, переворачивая её не менее 10 раз. Полученный исходный раствор имеет номинальную концентрацию ионов лития, кобальта, кадмия и висмута 10 мг/дм³.

А.5 Промежуточный раствор готовят путем отбора аликвоты 1 см³ исходного раствора в колбы 100 см³. Объем в колбе доводят 1 % азотной кислотой до метки и перемешивают содержимое колбы, переворачивая её не менее 10 раз. Полученный промежуточный раствор имеет номинальную концентрацию ионов лития, кобальта, кадмия и висмута 0,1 мг/дм³ (100 мкг/дм³).

А.6 Контрольный раствор готовят путем отбора аликвоты 1 см³ промежуточного раствора в колбу 100 см³. Объем в колбе доводят 1 % азотной кислотой до метки и перемешивают содержимое колбы, переворачивая её не менее 10 раз. Полученный контрольный раствор имеет номинальную концентрацию ионов лития, кобальта, кадмия и висмута 0,001 мг/дм³ (1 мкг/дм³).

А.7 Действительное значение массовой концентрации ионов металлов в приготовленных растворах рассчитывается по формулам:

$$C_1 = \frac{V_{al0}}{V_k} \cdot C_0 \quad (A.1)$$

$$C_2 = \frac{V_{al1}}{V_k} \cdot C_1 \quad (A.2)$$

$$C_3 = \frac{V_{al2}}{V_k} \cdot C_2 \quad (A.3)$$

где C_1, C_2, C_3 – массовые концентрации элементов в исходном, промежуточном и контрольном растворах соответственно, мг/дм³;

C_0 – массовая концентрация элемента в стандартном образце, мг/дм³;

$V_{al0}, V_{al1}, V_{al2}$ – объемы аликвот стандартного образца, исходного и промежуточного растворов соответственно, см³;

V_k – объем колбы, см³.

А.8 Границы относительной погрешности исходного раствора не превышают 2,5 %, промежуточного и контрольного растворов – 5 %.