

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.И. Соби́на

"14" 05 2025 г.

«ГСИ. Анализаторы рентгенофлуоресцентные  
МетЭксперт-Т. Методика поверки»

МП 1-251-2025

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 вед. инженер лаб. 251, Чунихина О.А.; ст. инженер лаб. 221, Соколова Е.В.
3. СОГЛАСОВАНА директором УНИИМ – филиала ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева» в 2025 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

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



Государственная система обеспечения единства измерений. Анализаторы рентгенофлуоресцентные МетЭксперт-Т. Методика поверки	МП 1-251-2025
---	---------------

## 1 Общие положения

1.1 Настоящая методика распространяется на анализаторы рентгенофлуоресцентные МетЭксперт-Т (далее – анализаторы), выпускаемые ООО «ЮПХ», г. Москва, и устанавливает методы и средства первичной и периодической поверок. Поверка должна проводиться в соответствии с требованиями настоящей методики.

1.2 При проведении поверки должна обеспечиваться прослеживаемость:

- к ГЭТ 176-2019 «Государственному первичному эталону единиц массовой (молярной, атомной) доли и массовой (молярной) концентрации компонентов в жидких и твердых веществах и материалах на основе кулонометрии» путём применения стандартных образцов утвержденных типов в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта Российской Федерации от 19.02.2021 г. № 148 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах»;

- к ГЭТ 168-2015 «Государственному первичному эталону единиц поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях» путем применения стандартных образцов утвержденных типов в соответствии с государственной поверочной схемой, утвержденной приказом Росстандарта Российской Федерации от 28.09.2018 г. № 2089 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях»;

- к ГЭТ 3-2020 «Государственному первичному эталону единицы массы (килограмма)» путем применения стандартных образцов утвержденных типов, метрологические характеристики которых определены методом межлабораторного эксперимента с использованием аттестованных методик измерений, предусматривающих применение поверенных весов, прослеживаемых к ГЭТ 3-2020 в соответствии с приказом Росстандарта Российской Федерации от 04.07.2022 г. № 1622 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы».

1.3 В настоящей методике реализована поверка методом прямых измерений.

1.4 Настоящая методика поверки применяется для поверки анализаторов, 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
Диапазон определяемых химических элементов	от Na до Cm
Предел допускаемого относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe <sup>1)</sup> , %	2
Чувствительность на линиях К-серии Fe <sup>1)</sup> , имп/(с·мкА·%), не менее	200
Предел обнаружения <sup>2)</sup> , %, не более	0,0005
Диапазон измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах <sup>3)</sup> , %	от 0,001 до 100
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах <sup>3)</sup> , %, в поддиапазонах измерений:	
- от 0,001 % до 0,1 % включ.	±25
- св. 0,1 % до 1 % включ.	±20
- св. 1 % до 10 % включ.	±5
- св. 10 % до 100 % включ.	±3



Наименование характеристики	Значение
Диапазон измерений толщины покрытий <sup>4)</sup> , мкм	от 2 до 15
Пределы допускаемой относительной погрешности измерений толщины покрытий <sup>4)</sup> , %	±15
<sup>1)</sup> Значение нормировано по площади пика; значение нормировано для железа в стандартном образце массовой доли железа в твердой матрице с массовой долей от 0,90 % до 1,10 %. <sup>2)</sup> Значение нормировано для железа в стандартном образце массовой доли борной кислоты в твердой матрице. <sup>3)</sup> Значения нормированы для элементов в стандартных образцах сплавов на железной основе. <sup>4)</sup> Значения нормированы для анализаторов, которые имеют режим измерений толщины однослойных покрытий; значения нормированы при измерении стандартных образцов толщины никелевого покрытия на дюралюминии.	

## 2 Нормативные ссылки

2.1 В настоящей методике поверки использованы ссылки на следующие документы:

- ГОСТ 12.2.007.0-75 «Система стандартов безопасности труда. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности»;
- Приказ Министерства труда и Социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 г. № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок»;
- Приказ Росстандарта от 19.02.2021 г. № 148 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений содержания неорганических компонентов в жидких и твердых веществах и материалах»;
- Приказ Росстандарта от 28.09.2018 г. № 2089 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений поверхностной плотности и массовой доли элементов в покрытиях»;
- Приказ Росстандарта от 04.07.2022 г. № 1622 «Об утверждении Государственной поверочной схемы для средств измерений массы».

## 3 Перечень операций поверки

3.1 Для поверки должны быть выполнены операции, указанные в таблице 2.

Таблица 2 - Операции поверки

Наименование операции	Обязательность проведения операций поверки при		Номер пункта (раздела) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Внешний осмотр средства измерений	да	да	8
Подготовка к поверке и опробование средства измерений	да	да	9
Проверка программного обеспечения средства измерений	да	да	10
Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям	-	-	11
Определение относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах	да	нет*	11.1
Проверка диапазона измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах	да	нет*	11.2

Наименование операции	Обязательность проведения операций поверки при		Номер пункта (раздела) методики поверки
	первичной поверке	периодической поверке	
Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe	да	да	11.3
Определение предела обнаружения	да	да	11.4
Определение относительной погрешности измерений толщины покрытий	да**	да**	11.5
Проверка диапазона измерений толщины покрытий	да**	да**	11.6
<p>*При периодической поверке анализаторов, которые применяются в соответствии с аттестованными методиками (методами) измерений, разработанными для конкретных объектов, операции по п.11.1, п.11.2 не выполняют. Инструментальную часть неисклѹченной систематической погрешности в таких методиках оценивают на основании допускаемых значений чувствительности и СКО выходного сигнала.</p> <p>**Операции по п.11.5, п.11.6 выполняют, если анализатор имеет режим измерений толщины покрытий</p>			

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

3.3 Допускается проведение периодической поверки для меньшего числа измеряемых величин в соответствии с заявлением владельца анализатора с обязательным указанием информации об объеме проведенной поверки в соответствии с порядком, действующим на момент проведения поверки.

## 4 Требования к условиям проведения поверки

- 4.1 При проведении поверки должны быть соблюдены следующие условия:
- температура окружающей среды, °С от +15 до +25
  - относительная влажность, %, не более 98

## 5 Требования к специалистам, осуществляющим поверку

5.1 К проведению работ по поверке анализатора допускаются лица, прошедшие специальное обучение и аттестованные в установленном порядке в качестве поверителя, ознакомившиеся с настоящей методикой поверки и изучившие руководство по эксплуатации на анализаторы (далее – РЭ).

5.2 Для получения экспериментальных данных с анализатора допускается участие сервис-инженера или оператора, обслуживающего средство измерений.

## 6 Метрологические и технические требования к средствам поверки

- 6.1 При проведении поверки применяют средства поверки согласно таблице 3.



Таблица 3 – Средства поверки

Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений	Средства измерений температуры окружающей среды в диапазоне измерений от плюс 15 °С до плюс 25 °С, с абсолютной погрешностью не более $\pm 1$ °С; Средства измерений относительной влажности воздуха в диапазоне измерений относительной влажности до 98 %, с абсолютной погрешностью не более $\pm 3$ %	Термогигрометры электронные «CENTER» моделей 316, 317, рег. № 22129-09
<p>п. 11.1 Определение относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах</p> <p>п. 11.2 Проверка диапазона измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах</p>	<p>Стандартные образцы сплавов на железной основе, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли элементов от 0,001 % до 0,1 % включ., относительная погрешность аттестованных значений при <math>P=0,95</math> не более <math>\pm 12,5</math> %*;</p> <p>Стандартные образцы сплавов на железной основе, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли элементов св. 0,1 % до 1 % включ., относительная погрешность аттестованных значений при <math>P=0,95</math> не более <math>\pm 10</math> %*;</p> <p>Стандартные образцы сплавов на железной основе, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли элементов св. 1 % до 10 % включ., относительная погрешность аттестованных значений при <math>P=0,95</math> не более <math>\pm 2,5</math> %*;</p> <p>Стандартные образцы сплавов на железной основе, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли элементов св. 10 % до 100 %, относительная погрешность аттестованных значений при <math>P=0,95</math> не более <math>\pm 1,5</math> %*</p>	ГСО 8876-2007; ГСО 8456-2003
п. 11.3 Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe	Стандартный образец массовой доли железа в твердой матрице, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли железа от 0,90 % до 1,10 %, относительная погрешность аттестованных значений при $P=0,95$ не более $\pm 3$ %	ГСО 11036-2018
п. 11.4 Определение предела обнаружения	Стандартный образец массовой доли борной кислоты в твердой матрице, интервал допускаемых аттестованных значений массовой доли борной кислоты от 99,80 % до 100,00 %, относительная погрешность аттестованных значений при $P=0,95$ не более $\pm 0,10$ %	ГСО 12173-2023



Операции поверки, требующие применения средств поверки	Метрологические требования к средствам поверки, необходимые для проведения поверки	Перечень рекомендуемых средств поверки
п. 11.5 Определение относительной погрешности измерений толщины покрытий п. 11.6 Проверка диапазона измерений толщины покрытий	Стандартные образцы поверхностной плотности и толщины никелевого покрытия на дюралюминии, интервал допускаемых аттестованных значений толщины покрытий от 2 до 15 мкм, относительная погрешность аттестованных значений при $P=0,95$ не более $\pm 7,5\%$ *	ГСО 11094-2018 - ГСО 11099-2018 из набора ГСО 11092-2018/ГСО 11105-2018
<p>*Соотношение погрешности аттестованного значения массовой доли элемента и толщины покрытия в стандартном образце к погрешности поверяемого анализатора должно быть не более 0,5.</p> <p>Примечание - Допускается использовать при поверке другие типы стандартных образцов, средства измерений утвержденного типа и поверенные, удовлетворяющие метрологическим требованиям, указанным в таблице.</p>		

6.2 Средства измерений, применяемые для поверки, должны быть поверены.

6.3 Стандартные образцы, применяемые для поверки, должны иметь действующий паспорт.

6.4 При выборе средств поверки в части стандартных образцов рекомендуется отдавать приоритет стандартным образцам с установленной метрологической прослеживаемостью к государственным первичным эталонам единиц величин того же рода.

## **7 Требования (условия) по обеспечению безопасности проведения поверки**

7.1 При проведении поверки должны быть соблюдены требования Приказа Министерства труда и Социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 № 903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок», требования ГОСТ 12.2.007.0.

## **8 Внешний осмотр средства измерений**

8.1 При внешнем осмотре устанавливают:

- соответствие внешнего вида анализатора сведениям, приведенным в описании типа;
- отсутствие видимых повреждений анализатора;
- соответствие комплектности, указанной в описании типа;
- наличие обозначения анализатора в соответствии с описанием типа, наличие заводского номера анализатора, расположенного на информационной табличке на задней панели анализатора, наличие предусмотренных пломб.

8.2 В случае, если при внешнем осмотре анализатора выявлены повреждения или дефекты, способные оказать влияние на безопасность проведения поверки или результаты поверки, поверка прекращается, анализатор бракуется.

## **9 Подготовка к поверке и опробование средства измерений**

9.1 Проводят контроль условий поверки с помощью термогигрометра в соответствии с таблицей 3.

9.2 Стандартные образцы, используемые при поверке, подготавливают в соответствии с инструкцией по применению. Перед измерением поверхность стандартных образцов



сплавов на железной основе должна быть гладкой и не иметь дефектов, а также должна быть очищена от загрязнений и оксидной пленки.

9.3 Подготавливают анализатор в соответствии РЭ. При необходимости перед проведением поверки должна быть проведена настройка анализатора и калибровка в соответствии с РЭ.

9.4 Проводят опробование (тестирование) с помощью калибровочного колпака, входящего в комплект поставки анализатора в соответствии с РЭ.

Проверяют наличие в библиотеке сплавов файла «Калибровочный колпак».

Проверяют наличие на калибровочном колпаке пластины из алюминиевого сплава, проводят обезжиривание при загрязнении поверхности пластины.

Устанавливают калибровочный колпак на измерительное окно анализатора и запускают калибровку на режиме «АЛМ» с временем измерения от 20 до 60 с.

По окончании калибровки результат измерения автоматически сравнивается с записанным в библиотеку сплавов.

Если в информационном поле результатов измерений отображается любая степень совпадения с «Калибровочным колпаком», то опробование (тестирование) прошло успешно.

Если в информационном поле результатов измерений отображается результат «совпадений не найдено», то анализатор бракуется.

## **10 Проверка программного обеспечения средства измерений**

10.1 Проводят проверку идентификационных данных программного обеспечения (далее – ПО) анализатора. На панели управления работой анализатора выбирают вкладку «Информация». Наименование и номер версии ПО анализатора должны соответствовать требованиям, приведенным в таблице 4.

Таблица 4 – Идентификационные данные ПО

Идентификационные данные (признаки)	Значение
Идентификационное наименование ПО	MetExpert-T
Номер версии (идентификационный номер) ПО	1.X.X*

\* «X» не относится к метрологически значимой части ПО и принимает значения от 0 до 99

## **11 Определение метрологических характеристик средства измерений и подтверждение соответствия средства измерений метрологическим требованиям**

11.1 Определение относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах

11.1.1 Для определения относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах применяют стандартные образцы сплавов на железной основе (далее – СО).

11.1.2 Проводят измерения массовой доли элементов в СО. Элементы выбирают таким образом, чтобы аттестованное значение массовой доли хотя бы одного элемента соответствовало проверяемому поддиапазону.

11.1.3 СО устанавливают ровной поверхностью вплотную к измерительному окну анализатора в соответствии с РЭ. СО должен полностью перекрывать измерительное окно анализатора.



11.1.4 На панели управления работой анализатора в соответствии с РЭ выбирают режим измерения «СТЛ» (для измерений массовой доли элементов в сплавах на железной основе). Значение времени экспозиции устанавливают от 20 до 60 с. В каждом СО измеряют массовую долю элементов не менее трех раз.

11.1.5 Рассчитывают относительную погрешность измерений массовой доли элементов в  $i$ -ом СО ( $\delta_{ijk}$ , %) по формуле

$$\delta_{ijk} = \frac{\omega_{ikj} - A_{ik}}{A_{ik}} \cdot 100, \quad (1)$$

где  $A_{ik}$  - аттестованное значение массовой доли  $k$ -го элемента в  $i$ -ом СО, %;

$\omega_{ikj}$  -  $j$ -ый результат измерения массовой доли  $k$ -го элемента в  $i$ -ом СО на анализаторе, %.

11.1.6 Полученные значения относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

11.2 Проверка диапазона измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах

11.2.1 Проверку диапазона измерений массовой доли элементов проводят одновременно с определением относительной погрешности измерений массовой доли элементов по п.11.1.

11.2.2 Результаты проверки диапазона измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах считают положительными, если значения относительной погрешности измерений массовой доли элементов в металлах и сплавах, полученные по п.11.1, удовлетворяют требованиям таблицы 1.

11.3 Определение относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe

11.3.1 Для определения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe применяют стандартный образец массовой доли железа в твердой матрице (далее – СО).

11.3.2 СО устанавливают ровной поверхностью вплотную к измерительному окну анализатора в соответствии с РЭ. СО должен полностью перекрывать измерительное окно анализатора.

11.3.3 На панели управления работой анализатора выбирают режим измерения «%Fe». Устанавливают аттестованное значение массовой доли железа в СО. Для этого используя кнопку в правом верхнем углу экрана, вызывают всплывающее меню, в котором выбирают раздел «Параметры» и в открывшемся экране в поле ввода «Содержание Fe в образце, масс.%» задают аттестованное значение массовой доли железа в СО. Далее нажимают «Сохранить» и возвращаются на предыдущий экран «Измерение». Внешний вид окна «Параметры измерения» в режиме измерения «%Fe» представлен на рисунке 1.



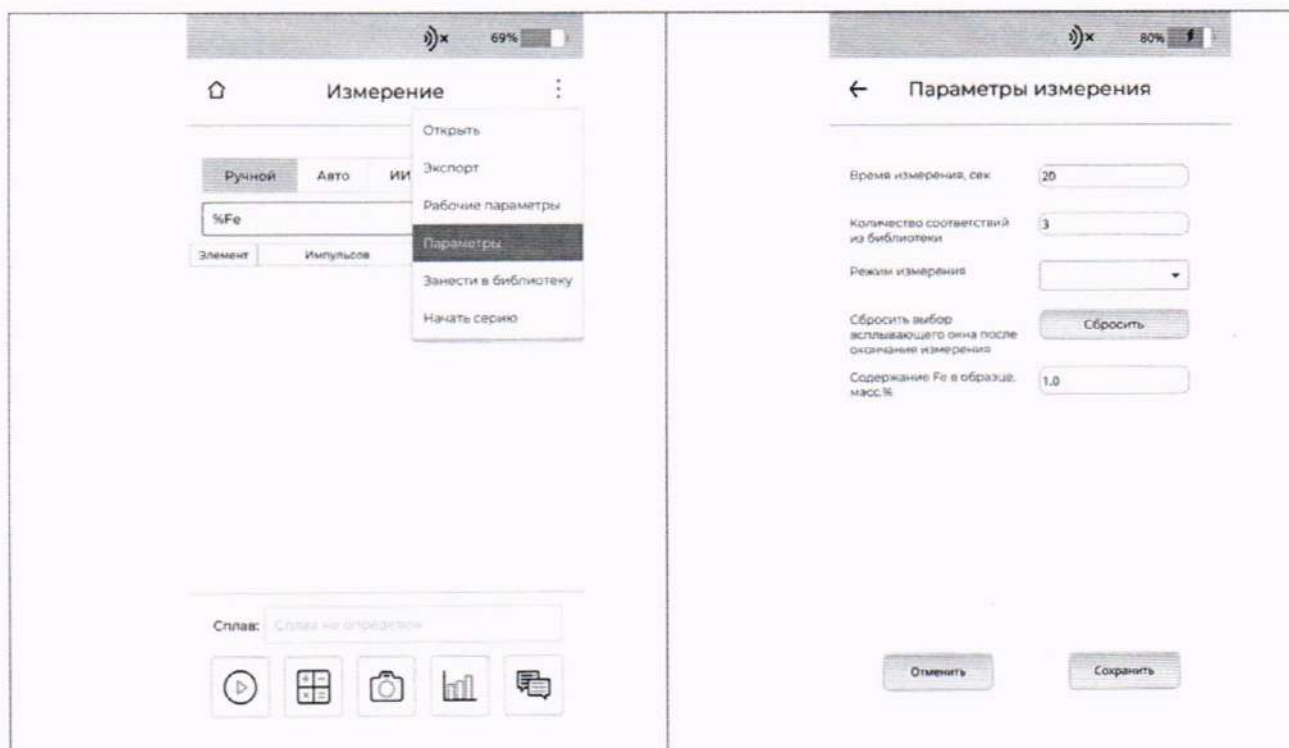


Рисунок 1 - Внешний вид окна «Параметры измерения» в режиме измерения «%Fe»

11.3.4 Проводят не менее пяти измерений выходного сигнала на линиях К-серии Fe (выходные параметры для анализаторов с SDD детектором: величина тока рентгеновской трубки 55 мкА, время экспозиции 20 с).

11.3.5 Выходят в главное меню, переходят в окно «Список измерений», переставляют выключатель «Мультивыбор» во включенное положение, отмечают галочками строки с нужными измерениями СО. Внешний вид окна «Список измерений» в режиме измерения «%Fe» представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 - Внешний вид окна «Список измерений» в режиме измерения «%Fe»

11.3.6 При первичной поверке относительное среднее квадратическое отклонение выходного сигнала на линиях К-серии Fe ( $Sr$ , %) и чувствительность на линиях К-серии Fe ( $K$ , имп/(с·мкА·%)) рассчитывают при помощи ПО (значения выводятся в соответствующих столбцах: « $Sr$ , %» и «имп/(с·мкА·%)») и по формулам:

$$Sr = \frac{100}{\bar{Y}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (Y_j - \bar{Y})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

$$K = \frac{\bar{Y}}{I \cdot A \cdot t}, \quad (3)$$

где  $Y_j$  -  $j$ -ый результат измерения выходного сигнала на линиях К-серии Fe, имп;

$\bar{Y} = \frac{\sum_{j=1}^n Y_j}{n}$  - среднее арифметическое значение результатов измерений выходного сигнала на линиях К-серии Fe, имп;

$j=1 \dots n$ ,  $n$  - количество измерений выходного сигнала на линиях К-серии Fe ( $n \geq 5$ );

$I$  - величина тока рентгеновской трубки, мкА;

$A$  - аттестованное значение массовой доли железа в СО, %;

$t$  - время экспозиции, с.

11.3.7 При первичной поверке полученные значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe при помощи ПО должны соответствовать значениям относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe, рассчитанным по формулам (2) и (3). При отрицательных результатах руководствуются п.12.4.

11.3.8 При периодической поверке относительное среднее квадратическое отклонение выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительность на линиях К-серии Fe рассчитывают при помощи ПО или по формулам (2) и (3).

11.3.9 Полученные значения относительного среднего квадратического отклонения выходного сигнала на линиях К-серии Fe и чувствительности на линиях К-серии Fe должны удовлетворять требованиям таблицы 1.

#### 11.4 Определение предела обнаружения

11.4.1 Для определения предела обнаружения применяют стандартный образец массовой доли борной кислоты в твёрдой матрице (далее – СО).

11.4.2 СО устанавливают ровной поверхностью вплотную к измерительному окну анализатора в соответствии с РЭ. СО должен полностью перекрывать измерительное окно анализатора.

11.4.3 На панели управления работой анализатора выбирают режим «#Fe». Проводят не менее десяти измерений массовой доли железа (выходные параметры для анализаторов с SDD детектором: величина тока рентгеновской трубки 55 мкА, время экспозиции 30 с).

11.4.4 Выходят в главное меню, переходят в окно «Список измерений», переставляют выключатель «Мультивыбор» во включенное положение, отмечают галочками строки с нужными измерениями СО. Внешний вид окна «Список измерений» в режиме измерения «#Fe» представлен на рисунке 3.



№	Режим	Комментарий	Сплав
✓ 32	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 33	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 34	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 35	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 36	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 37	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 38	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 39	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 40	#Fe	НЗВОЗ	
✓ 41	#Fe	НЗВОЗ	
Элемент	Концентрация		3·S, масс. %
Fe	1.254E-4		0.0001722

Рисунок 3 - Внешний вид окна «Список измерений» в режиме измерения «#Fe»

11.4.5 При первичной поверке предел обнаружения рассчитывают при помощи ПО (значения выводятся в столбце «3·S, масс. %») и по формуле

$$C_{min} = 3 \cdot \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - \bar{X})^2}{n-1}}, \quad (4)$$

где  $X_j$  -  $j$ -ый результат измерения массовой доли железа в СО, %;

$\bar{X} = \frac{\sum_{j=1}^n X_j}{n}$  - среднее арифметическое значение результатов измерений массовой доли железа в СО, %;

$j=1 \dots n$ ,  $n$  - количество измерений массовой доли железа в СО ( $n \geq 10$ ).

11.4.6 При первичной поверке полученное значение предела обнаружения должно соответствовать значению пределу обнаружения, рассчитанному по формуле (4). При отрицательных результатах руководствуются п.12.4.

11.4.7 При периодической поверке предел обнаружения рассчитывают при помощи ПО или по формуле (4).

11.4.8 Полученное значение предела обнаружения должно удовлетворять требованиям таблицы 1.

11.5 Определение относительной погрешности измерений толщины покрытий

11.5.1 При необходимости перед определением относительной погрешности измерений толщины покрытий должна быть проведена настройка и калибровка анализатора в соответствии с РЭ.

11.5.2 Для определения относительной погрешности измерений толщины покрытий применяют стандартные образцы поверхностной плотности и толщины (далее – СО). Используют не менее двух СО. СО выбирают таким образом, чтобы аттестованные значения толщины покрытий соответствовали началу и концу диапазона измерений толщины покрытий.

11.5.3 СО устанавливают рабочей поверхностью вплотную к измерительному окну анализатора в соответствии с РЭ, таким образом, чтобы измерительное окно находилось в центре СО на рабочей площади, ограниченной окружностью диаметром 5 мм.

11.5.4 На панели управления работой анализатора в соответствии с РЭ выбирают режим измерения «=ТЛЩ» (для измерений толщины покрытий). Значение времени экспозиции устанавливают не менее 40 с.

11.5.5 Проводят измерения толщины покрытия СО. Для каждого СО проводят измерения толщины покрытия не менее чем в трёх точках, равномерно распределённых по рабочей площади в центре каждого СО, ограниченной окружностью диаметром 5 мм. В каждой точке проводят три измерения.

11.5.6 Рассчитывают среднее арифметическое результатов измерений толщины покрытия в каждой  $k$ -ой точке  $i$ -го СО ( $\bar{L}_{ik}$ , мкм) по формуле

$$\bar{L}_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^l L_{ikj}}{l}, \quad (5)$$

где  $L_{ikj}$  -  $j$ -ый результат измерения толщины покрытия в  $k$ -ой точке на рабочей поверхности  $i$ -го СО, мкм;

$j=1 \dots, l$ ,  $l$  - количество измерений толщины покрытия в  $k$ -ой точке на рабочей поверхности  $i$ -го СО ( $l = 3$ ).

11.5.7 Рассчитывают среднее арифметическое результатов измерений толщины покрытия  $i$ -го СО ( $\bar{\bar{L}}_i$ , мкм) по формуле

$$\bar{\bar{L}}_i = \frac{\sum_{k=1}^m \bar{L}_{ik}}{m}, \quad (6)$$

где  $\bar{L}_{ik}$  - среднее арифметическое результатов измерений толщины покрытия в  $k$ -ой точке на рабочей поверхности  $i$ -го СО, рассчитанное по формуле (5), мкм;

$k=1 \dots, m$ ,  $m$  - количество точек на рабочей поверхности  $i$ -го СО ( $m \geq 3$ ).

11.5.8 Рассчитывают относительную погрешность измерений толщины покрытия  $i$ -го СО ( $\delta_{Li}$ , %) по формуле

$$\delta_{Li} = \frac{\bar{\bar{L}}_i - L_{ATi}}{L_{ATi}} \cdot 100, \quad (7)$$

где  $L_{ATi}$  - аттестованное значение толщины покрытия  $i$ -го СО, мкм;

$\bar{\bar{L}}_i$  - среднее арифметическое значение результатов измерений толщины покрытия  $i$ -го СО, рассчитанное по формуле (6), мкм.

11.5.9 Полученные значения относительной погрешности измерений толщины покрытий не должны превышать значений, указанных в таблице 1.

11.6 Проверка диапазона измерений толщины покрытий

11.6.1 Проверку диапазона измерений толщины покрытий проводят одновременно с определением относительной погрешности измерений толщины покрытий по п. 11.5.

11.6.2 Результаты проверки диапазона измерений толщины покрытий считают положительными, если значения относительной погрешности измерений толщины покрытий, полученные по п. 11.5, удовлетворяют требованиям таблицы 1.

## 12 Оформление результатов поверки

12.1 Результаты поверки оформляются протоколом в произвольной форме.

12.2 При положительных результатах поверки анализатор признают пригодным к применению.



12.3 Нанесение знака поверки на анализаторы не предусмотрено.


12.4 При отрицательных результатах поверки анализатор признают непригодным к применению.

12.5 По заявлению владельца средства измерений или лица, представившего его на поверку, аккредитованное на поверку лицо, проводившее поверку, в случае положительных результатов поверки выдает свидетельство о поверке или в случае отрицательных результатов поверки выдает извещение о непригодности к применению средства измерений.

12.6 Сведения о результатах поверки передают в Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений в соответствии с установленным порядком. В сведениях о результатах поверки приводят данные об объеме проведенной поверки.

**Разработчики:**

**Вед. инженер лаб. 251 УНИИМ – филиала  
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»**

 **О.А. Чунихина**

**Ст. инженер лаб. 221 УНИИМ – филиала  
ФГУП «ВНИИМ им.Д.И.Менделеева»**

 **Е.В. Соколова**